

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.02 – КМР. 494 «С» 2023.03.31. 109 ПЗ

НУБІП України

ПІДЛУБНОГО ЮРІЯ ЮРІЙОВИЧА

НУБІП України

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри землеробства та гербології
професор, доктор с.-г. наук Танчик С. П.

2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Піддубному Юрію Юрійовичу

Спеціальність

201 «Агрономія»

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Особливості сівозмін зони

Лісостепу» затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» березня 2023

494 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10 жовтня 2023 року.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: ґрунтово-кліматичні умови проведення дослідження; адміністративне розташування; загальна агрономічна документація.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз погодних умов за вегетаційний період;
2. Дослідити вплив сівозмінного чинника за різних систем землеробства на формування водного режиму ґрунту;
3. Визначити вплив досліджуваних чинників на баланс біогенних елементів у сівозміні.
4. Визначити вплив досліджуваних чинників на формування врожаю та

продуктивності культур сівозміни;

5. Встановити економічну ефективність вирощування культур в сівозміні.

Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Літвінов Д. В.

Завдання отримав _____

Піддубний Ю. Ю.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Дана робота написана на 58 сторінках тексту, містить 14 таблиць. Список використаних літературних джерел включає 50 найменувань.

Об'єкт дослідження: процеси зміни параметрів агрофізичних, та водно-фізичних властивостей ґрунту, а також процеси управління цими параметрами та врожайність культур сівозміни.

Мета дослідження: дослідити вплив сівозміни на зміну показників родючості ґрунту та продуктивності сільськогосподарських культур залежно від ресурсного забезпечення.

Методи дослідження включають польові, лабораторно-польові, та лабораторні дослідження.

Біологічні особливості культур стосовно вологоспоживання мають визначальне значення при формуванні чергування їх в сівозміні. Для ефективного контролю водного режиму в системі «ґрунт-рослина» необхідно, щоб чергування культур в сівозміні передбачало використання ґрунтової вологи під час вегетації рослин, яке супроводжується подальшим відновленням її резервів у відповідних шарах ґрунту.

Дослідження показали, що найвищі загальні витрати вологи впродовж вегетаційного періоду були зафіксовані під час вирощування кукурудзи на зерно (від 362,0 до 367,2 мм), сої (від 310 до 321,3 мм), соняшнику (від 300 до 302,8 мм) і пшениці ярої (від 212,0 до 222,9 мм). Витрати вологи на формування одиниці врожаю сухої речовини відрізнялися в залежності від моделей системи землеробства: для сої від 550 до 1333 м³/т, соняшнику від 328 до 520 м³/т, пшениці ярої від 237 до 479 м³/т, пшениці озимої від 120 до 229 м³/т, кукурудзи на зерно від 78 до 314 м³/т.

Аналіз балансових розрахунків поживних речовин в системі «рослина-добриво» показав, що в досліджуваних моделях систем землеробства найбільший дефіцит фосфору в системі рослина-добриво відмічено за моделі органічної системи землеробства (-3 кг/га за рік). У решті моделей надходження фосфору з добривами переважало винос з урощалями, що в кінцевому підсумку

забезпечило його позитивний баланс (від + 40 до + 91 кг/ га за рік). Баланс калію залежно від ресурсного навантаження системи землеробства становив 51 кг/га в рік за моделі органічної системи землеробства, промислова і екологічна система забезпечували позитивний його баланс на рівні 124-181 кг/га і рік.

Найвищу продуктивність сільськогосподарських культур отримано за екологічної моделі системи землеробства, де вона перевищувала контрольну модель (промислова система землеробства) на 5-9 %. З іншого боку, було помітно суттєве зменшення врожайності культур за моделі органічної системи землеробства, зокрема: соя (-57,1 %), пшениця яра (- 48,9 %), кукурудза на зерно (- 31,0%), соняшник (- 32,0%), у порівнянні з контрольною моделлю (промислова система землеробства).

Залежно від ресурсного навантаження сівозмінна забезпечила врожайність зернових на рівні 4,62-7,22 тонн на гектар, зокрема 1,01-1,81 тонн продовольчого зерна і 3,61-5,42 тонн фуражного. Кормових одиниць - 7,52-11,95 тонн, зернових одиниць - 5,50-8,70 тонн, а також 0,59-0,93 тонн перегравного протеїну.

Розрахунки основних економічних показників вирощування культур показали, що серед досліджуваних систем землеробства найбільш рентабельнішою була екологічна система землеробства, з рентабельністю на рівні 105%, що на 19,0 % вище за контрольну модель (промислова система землеробства).

Рентабельність моделі органічної системи землеробства в середньому для всієї сівозмінні становила 30-41 %, що істотно (- 48,0 %) нижче в порівнянні з контрольною моделлю.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СІВОЗМІН	11
(огляд літератури)	11
1.1. Біологічні та екологічні основи побудови сівозмін	11
1.2. Значення сівозмін у формуванні родючості ґрунту	16
1.3. Продуктивність агроценозів за оптимального розміщення сільськогосподарських культур у сівозміні	21
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень	29
2.2. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень	30
2.3. Програма і методика проведення досліджень	32
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
3.1. Водний режим ґрунту	34
3.2. Баланс поживних речовин у системі сівозмін	37
3.3. Колообіг біомаси і елементів живлення у посівах окремих культур і сівозмін	42
3.4. Урожайність культур та продуктивність сівозміни	46
3.6. Економічна ефективність систем землеробства	49
ВИСНОВКИ	51
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

У зв'язку зі зростаючою конкуренцією на світових та внутрішніх ринках сільськогосподарської продукції, однією з основних умов досягнення прибутковості виробництва є підвищення рівня сільськогосподарського виробництва. Формування стійких агроценозів з ефективним сільськогосподарським виробництвом стає неможливим без науково обґрунтованих сівозмін, які враховують поточні тенденції в умовах зміни клімату. Правильне впровадження передових агротехнологій, з огляду на ґрунтово-кліматичні умови та інтенсифікацію заходів, передбачає впровадження сівозмін, що разом із розширенням обсягів аграрного виробництва сприяють підвищенню родючості ґрунтів.

Соціально-економічна реорганізація сільськогосподарського сектора на приватних засадах та встановлення ринкових відносин вимагають активного впровадження та широкого використання сівозмін з метою отримання максимального прибутку та одночасного підтримання стабільності родючості ґрунту, відновлення їх ресурсного потенціалу та поліпшення фітосанітарного стану ґрунту.

Розвиток нових організаційних структур в сільському господарстві передбачає, перш за все, необхідність впровадження сівозмін як моделі функціонування цілої системи землеробства. Особливо це актуально, коли виробничі одиниці мають обмежену площу поля і не займаються тваринництвом, а сконцентровані на вирощуванні в основному зернових, зернобобових та олійних культур. При цьому важливо враховувати принцип екологічної відповідності ґрунтових умов біологічним особливостям та вимогам вирощуваних культур при побудові сталих агроєкосистем.

Багато дослідників приділяли увагу вивченню та дослідженню процесу формування та удосконалення сівозмін, і за їх дослідженнями було доведено, що впровадження і застосування науково обґрунтованих систем сівозмін,

адаптованих до природно-кліматичних умов аграрного виробництва, є високоефективним.

Серед вчених, які внесли вагомий внесок у розроблення наукових основ сівозмін в Україні, можна вказати на В. О. Пастушенка, І. С. Годуляна, В. Ф. Зубенка, І. Г. Захарченка, Є. М. Лебідя. Важливу роботу над цією проблемою продовжують проводити вчені, такі як П. І. Бойко, В. О. Єщенко, С. П. Танчик, М. П. Малярчук, І. Д. Примак та інші.

Ці дослідники підкреслюють, що сівозмінна вважається ключовою ланкою системи землеробства і має значний вплив на гідрологічний, поживний, фітосанітарний режими ґрунту, а також на швидкість детоксикації шкідливих речовин різного походження.

У сучасному сільському господарстві діють різноманітні форми сільськогосподарських підприємств з різною площею та структурою землекористування та спеціалізацією. Тому існує актуальна потреба у розробленні, удосконаленні і науковому обґрунтуванні оптимальних форм їх функціонування на основі сучасних, динамічних різноротаційних систем сівозмін. Впровадження різноротаційних сівозмін з різними періодами тривалості ротацій вимагає теоретичного обґрунтування та встановлення оптимальних параметрів для економічно доцільного насичення їх ринково вигідними культурами, з урахуванням адаптації до кліматичних умов.

Крім того, важливо досліджувати водні, агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, фітосанітарний стан посівів у різноротаційних сівозмінах, оскільки це є важливою складовою управління продуктивним потенціалом сільськогосподарських культур для забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції за умов підвищення інтенсивності процесів у ґрунті та збереження навколишнього природного середовища від деградації.

Для великих сільськогосподарських підприємств важливим є залишати багатокультурні сівозміни, тоді як для невеликих господарств, що займають невеликі площі, корисним може бути скорочення різноманітності вирощуваних культур і впровадження спеціалізованих сівозмін із короткими ротаціями.

Особливо важко дотримувати необхідних інтервалів чергування для таких сівозмін, особливо коли високий врожай соняшника, цукрових буряків та інших культур з довгим циклом повернення на ту ж площу призводить до проблем з алелопатією в ґрунті. Це може спричиняти погіршення фітосанітарного стану посівів і зменшення їх врожайності.

У той же час, сучасне сільське господарство розвиває напрямок органічного землеробства з метою вирощування екологічно чистої продукції. Тому заміна хімічних засобів агрохімічного впливу на органічні добрива (гній, сидерати, побічна продукція рослинництва) і відмова від хімічних засобів захисту (пестицидів) для таких сівозмін потребує глибокого дослідження і наукового обґрунтування.

Не втрачає актуальності також детальне вивчення різних аспектів колообігу основних біофільних елементів в сівозмінах, орієнтованих на збереження родючості ґрунту та підвищення врожайності. Це залишається однією з основних стратегій для визначення науково обґрунтованих норм внесення поживних речовин в ґрунт і необхідних добрив для підвищення продуктивності землеробства.

Впровадження результатів таких досліджень в сільське господарство сприятиме підвищенню ефективності виробництва, збереженню родючості ґрунту та забезпеченню екологічної безпеки навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СІВОЗМІН (огляд літератури)

НУБІП України

1.1. Біологічні та екологічні основи побудови сівозмін

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу, ключовим фактором для виробництва конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції є високий рівень культури землеробства. Забезпечення оптимальної організації землекористування на сільськогосподарських підприємствах стає надзвичайно важливим в сучасних умовах. Це необхідно для впровадження передових агротехнологій, які передбачають підвищення родючості ґрунтів, поліпшення структури посівних площ, та реалізацію науково обґрунтованих сівозмін. Ці сівозміни, у свою чергу, допоможуть оптимізувати взаємодію рослин з ґрунтом і між собою.

Необхідність чергування культур вже давно була помічена в сільському господарстві, але раніше вона не мала належного наукового обґрунтування. Згодом почали розглядати необхідність чергування сільськогосподарських культур на підставі різних теоретичних поглядів. Вже римським часів були відомі прості сівозміни і вони використовувалися, наприклад, римським діячем Калумеллой в I столітті н.е. Калумелла вважав, що вирощування однієї і тієї ж рослини на тій же землі спричиняє забруднення ґрунту та накопичення шкідливих речовин, а також знижує резерв поживних речовин [39].

Агрономічна наука почала свій розвиток лише в часи нової історії, хоча сільське господарство як практична діяльність людини існує вже тисячі років. Впродовж тривалого часу, причини зниження врожаїв при беззмінних посівах залишалися нез'ясованими, проте наукове пояснення цього явища стало можливим лише з появою природничих та агрономічних наук. Одним з піонерів, який висунув теорію чергування посівів рослин, був ботанік А. Декандоль, який назвав цю теорію токсичною [3]. А. Декандоль в своїх «Досидах по фізіології рослин» і теорії сівозмін представив концепцію хімічної взаємодії між рослинами, яка базувалася на відсутності монокультури у природних умовах, де

НУБІП України

рослини чергуються на одній території. Аргументом необхідності такого чергування було те, що кожна рослина накопичує у ґрунті речовини через кореневі виділення, які для неї самої є шкідливими, але для інших рослин вони є важливими для їхнього існування [23]. Уїтней і Камерон захищали теорію необхідності чергування культур у трохи зміненій формі, крім того, вони підтримували теорію «токсичної» необхідності [11], стверджували, що деякі з хімічних компонентів корневих виділень рослин мають складну органічну структуру і можуть негативно впливати на розвиток культурних рослин. Поняття взаємодії рослин було розвинуто наприкінці XVIII – на початку XIX століття завдяки гумусній теорії живлення рослин, яку розробив Теєр. Незважаючи на те, що фотосинтез був відомий, він розглядався як цікавий, але не дуже важливий ботанічний феномен. Загальноприйнятою думкою було те, що основний матеріал для побудови рослинного тіла отримується з органічних речовин, поглинутих з ґрунту, особливо гумусу.

Згідно з даною теорією, всі сільськогосподарські культури можна розділити на дві категорії: одні види виснажують ресурси з ґрунту (це стосується всіх видів зернових культур), а інші сприяють поповненню ґрунту органічною речовиною (це стосується кормових трав та інших широколистяних рослин). [48, 47].

Однак ключові концепції плодозмінної концепції землеробства визначилися лише в другій половині XVIII століття завдяки внеску видатних агрономів того часу, таких як А. Юнг, А. Теєр, А. Т. Болотов, І. М. Комов та інших [39, 47].

Впровадження системи плодозміни в сільському господарстві має важливе значення для його розвитку. Перехід до плодозмінних сівозмін, зокрема, включення трьох різних груп культур (зернових, просапних і трав) замість однієї (зернової), і суворе дотримання чергування їх вирощування з урахуванням їхніх біологічних особливостей і агротехніки, відкриває широкі можливості для впровадження безлічі різних варіантів плодозмінних сівозмін.

Пізніше, з розвитком теорії плодозміни, необхідність чергування культур була визначена теорією мінерального живлення рослин, відмінною від гумусової теорії. Ця теорія передбачала, що всі сільськогосподарські культури вичерпують мінеральні ресурси ґрунту і поділяються на групи в залежності від споживання ними мінеральних елементів для живлення: зернові, технічні і кормові рослини [4, 31.1].

Ю. Лібіх вважав, що радикальним способом боротьби з виснаженням ґрунту є відновлення мінеральних поживних речовин, взятих з ґрунту, за допомогою добрив. Ця концепція отримала назву "принципу повернення" і стала одним із визнаних принципів в сільському господарстві [47]. Проте він недооцінював значення азоту, думаючи, що рослини можуть задовольнити свою потребу в ньому за рахунок атмосфери.

Однак, дослідження, які проводилися одночасно з випуском книги Ю. Лібіха у Франції (Буссенгом) та в Англії (Лоозом), встановили важливу роль азоту в живленні рослин. Додатково, Жан-Батіст Буссенго підтвердив, що екскременти тварин та інші органічні речовини стають джерелом поживи для рослин завдяки утворенню аміаку під час їх розкладання – це і є пов'язаний азот. Дослідження також виявили значні надлишки азоту в сівозмінах, де використовують конюшину або люцерну, під час повного обороту різних культурних рослин. Це підтверджує, що бобові культури збагачують ґрунт не лише вуглецем, але й азотом.

Причини цього впливу бобових культур на ґрунт та умови їх азотного живлення були детально розглянуті у 80-х роках XIX століття Г. Гельрігелем (Німеччина) [26]. На підставі проведених досліджень було встановлено, що бобові рослини інфікуються певними бактеріями, які утворюють бульбочки на їх коренях і надають їм здатність засвоювати азот з повітря. Якщо в ґрунті відсутні відповідні бактерії, то бобові рослини не можуть використовувати азот і не відрізняються в цьому від рослин інших родин. Ці відкриття підтверджують гіпотезу вченого М. А. Вороніна, який вже у 1866 році визнав, що мікроорганізми відіграють роль у формуванні бульбочок на коренях бобових рослин, але не

пов'язував їх наявність з азотним засвоєнням. Таким чином, давно відомий корисний вплив бобових рослин, зокрема багаторічних, на родючість ґрунту і урожайність наступних культур тепер має наукову обґрунтованість, яка залишається актуальною і сьогодні.

Друга половина XIX століття відзначилася значним розвитком фізики ґрунтів, завдяки дослідженням вчених, таких як Мартін Евальд, Е. Вольні, П. А. Костичев. Вони довели, що родючість ґрунту залежить не лише від його хімічного складу, але й від фізичного стану. У працях П. А. Костичева [47, 12] і особливо В. Р. Вільямса [21] структурна теорія еволюції, що розглядається, розвивалася, вказуючи, що зниження рівня родючості ґрунту не виникає в основному через хімічні зміни його складу, а спричинене погіршенням фізичних характеристик та втраченою структурою, яка є ключовим фактором родючості. Згідно з цією теорією, однією з основних умов покращення родючості ґрунту є регулярна зміна однорічних культур на сумішки багаторічних бобових і злакових рослин. Саме ці ідеї слугували основою для розробки системи сівозмін, що базувалася на цих принципах.

На важливу роль у цьому процесі впливали також дослідження, які враховували чергування сільськогосподарських культур залежно від їх кореневої системи та вологоутримувальних властивостей ґрунту, які проводив В. Г. Ротмістров [12]. В. Г. Ротмістров запропонував теорію коренезміни, яка ґрунтувалася на ідеї чергування різних культур, враховуючи їхні кореневі характеристики. За цією теорією сільськогосподарські рослини були поділені на три категорії в залежності від глибини, на яку їхні кореневі системи проникали в ґрунт:

Група з неглибокою кореневою системою включала такі рослини, як гречка, просо, картопля, льон, коноплі, горох, сочевиця та інші. В цих культур коріння не проникало глибше 1,5 метра в ґрунт. Рослини з середньою кореневою системою, до яких відносились жито, пшениця, ячмінь, вика та інші, мали корені, що проникали глиб до 3 метрів. Група з глибокою кореневою системою включала культури, такі як люцерна, люпин, буряки та інші, у яких коріння

проникало вглиб понад 3 метри.

Згідно з тим, що було сказано раніше, слід зауважити, що причини зниження врожаю сільськогосподарських культур при їх постійному

виросуванні деякі вчені пояснюють такими як зміна властивостей ґрунту, його токсичність, інфекційне зараження хворобами, наявність певних видів бур'янів

та ін. Проте жодна з цих теорій не розглядає роль сівозміни у всій її комплексності; вони звужують завдання вчених до одного аспекту, хоча він може

бути важливим. Однак науковий метод вимагає розглядати взаємодію всіх причин, які впливають на результат при використанні сівозміни.

У цьому контексті академік Д. М. Прянишников. (тут можна продовжити розповідь про погляди та дослідження академіка Прянишнікова щодо сівозміни

в сільському господарстві) [39] глибше, ніж інші вчені, розглядає основи правильного чергування сільськогосподарських культур. Д.М. Прянишниковим

[12] Було встановлено чотири основні причини коректного чергування сільськогосподарських культур:

Хімічні аспекти – вплив правильної сівозміни на умови живлення рослин.

Фізичні важливості – вплив правильного чергування культур на структуру, фізичні властивості та вологість ґрунту.

Біологічні переваги – вплив правильного чергування культур на зменшення росту бур'янів, шкідників та захворювань рослин.

Економічні фактори – організаційно-господарське значення сівозмін.

Отже, в сучасних умовах побудова сівозміни вимагає комплексного оцінювання попередників сільськогосподарських культур, враховуючи вплив

інтенсифікації факторів (сівозміни, добрив, обробки ґрунту), погодних умов на врожай та якість культур, фітосанітарний стан посівів і стан ґрунту, агрофізичні,

агрохімічні та біологічні показники родючості ґрунту, а також продуктивність та економіко-енергетичну ефективність окремих культур і сівозмін в цілому [6, 13,

14, 15, 18, 19, 40].

1.2. Значення сівозмін у формуванні родючості ґрунту

Загальноприйнято вважати, що природні екосистеми мають вбудований механізм саморегулювання для збереження різноманітності видів та кількісного складу живих організмів, що дозволяє їм підтримувати стан динамічної рівноваги. Проте сучасне суспільство вимагає більш високої продуктивності, особливо через зростання населення. Землеробство відіграє важливу роль у забезпеченні додаткової продукції, але це може призвести до незворотних змін в природному середовищі та порушити природні механізми відтворення рослин і тварин.

Сільськогосподарська діяльність спрямована на отримання якнайбільшої кількості продукції і часто веде до формування агроекосистем. Широке використання органічних і мінеральних добрив стає рішучим фактором, який змінює агроекосистему і підвищує продуктивність сільськогосподарських культур.

Однією з ключових характеристик ґрунту є його родючість, яка формується в результаті процесу ґрунтоутворення і включає в себе різні показники. Оптимальні умови для росту рослин залежать від фізичних, біологічних і хімічних властивостей ґрунту. Збереження та відновлення родючості ґрунту стають важливим завданням для сучасного землеробства, оскільки це впливає на збільшення виробництва сільськогосподарської продукції.

Проте, зараз існує реальна загроза втрати родючості ґрунту: зменшилися запаси органічної речовини і азоту, спостерігається зниження мікробіологічної активності та руйнування структури ґрунту, що призводить до погіршення урожаю [22, 7, 10].

Оптимізація родючості ґрунту залежить від кількох ключових факторів, таких як правильне чергування культур у сівозміні, раціональна система внесення добрив та контроль водного режиму. Окрім цього, на родючість ґрунту впливають сільськогосподарські рослини, добрива та обробіток ґрунту.

Головною метою землеробів, агрохіміків та ґрунтознавців є вивчення взаємовідносин між цими елементами.

Гумус, який містить значні запаси поживних елементів, таких як азот, фосфор, калій, сірка тощо, визнають головним чинником потенційної родючості ґрунту. Крім цього, гумус відіграє ключову роль у покращенні фізико-механічних та водно-фізичних властивостей ґрунту, а також в забезпеченні оптимальних умов для росту рослин, таких як водно-повітряний та температурний режими ґрунту. Часто спостерігається позитивний зв'язок між кількістю гумусу в ґрунті та врожайністю сільськогосподарських культур.

Останні дослідження показують, що рівень органічної речовини в ґрунтах України залишається критично низьким (щоріку втрати гумусу становлять 0,6–1,0 тонн на гектар) [5, 20, 49].

Механічний обробіток та інтенсивне використання ґрунту призвели до створення якісно відмінного гумусного комплексу, який характеризується меншою стійкістю до пептизації при підкисленні ґрунтового розчину та має обмежену здатність до утворення колоїдів з високою поверхневою енергією. Це призвело до погіршення агрофізичних та агрохімічних характеристик ґрунту.

Різні дослідники мають різні погляди на взаємозв'язок між врожайністю сільськогосподарських культур та вмістом гумусу в ґрунті. Деякі вважають, що при високому рівні сільськогосподарського обробітку можна досягти високих урожаїв як на багатих, так і на гумусом бідних ґрунтах, при цьому гумус вважається важливим чинником тільки для полегшення водних властивостей дуже легких ґрунтів. Інші, навпаки, вважають, що вміст органічних речовин, і особливо гумусу, є визначальним фактором родючості ґрунту, і на гумусом бідних ґрунтах довгий час неможливо отримувати високі врожаї культур, навіть при використанні великих доз мінеральних добрив. Рослини, їх кореневі системи та побічна продукція, відіграють ключову роль у збереженні та відновленні запасів гумусу в ґрунті. [1, 2].

Різні сільськогосподарські культури залишають різну кількість рослинних залишків у ґрунті. Наприклад, багаторічні трави (як бобові, злакові та їх

комбінації) при високому врожаї накопичують від 5,0 до 8,0 тонн сухої маси рослинних залишків на гектарі і навіть більше. Озимі злаки залишають близько 3,45–4,00 тонн, ярі зернові – від 1,50 до 4,00 тонн на гектар. У просапних культурах, таких як картопля та цукрові буряки, ця кількість становить від 1,00 до 1,50 тонн, а кукурудза залишає близько 2,50–3,00 тонн на гектар [33].

Відношення між рослинними залишками та врожаєм надземної маси коливається у широкому діапазоні для різних культур. Наприклад, на чорноземах у багаторічних трав воно становить від 1,1 до 1,6, у однорічних культур суцільної сівби – від 0,4 до 0,8, у кукурудзи – від 0,20 до 0,29, у цукрових буряків – від 0,08 до 0,10, а у гороху – від 0,2 до 0,3 [35].

Отже, у просапних культурах, на відміну від культур суцільної сівби, надходження органічних речовин з рослинними залишками у ґрунт відносно невелике порівняно з їх виносом з урожаєм.

Вплив сільськогосподарських культур на ґрунт і його родючість визначається не лише кількістю, але і хімічним складом рослинних решток. Наприклад, органічні рештки, багаті білками, сприяють утворенню гумусових речовин, де переважають гумінові кислоти, в той час як рештки, багаті лігніно-целюлозними комплексами з волокнистою структурою, мінералізуються повільніше і утворюють менше гумусових кислот. Бобові рослинні залишки є особливо багатими на білки, і в процесі їх розкладання утворюються гумінові кислоти з вищою оптичною щільністю, ніж з залишків інших культур [2, 5, 8].

Швидкість розкладання рослинних залишків пропорційна вмісту в них органічних сполук, які мікроорганізми можуть легко розкласти. Тому темпи мінералізації післязбиральних залишків відрізняються для різних культур. Найактивніше цей процес протікає після заорювання багаторічних бобових та молоді зеленої маси інших культур, у яких співвідношення вуглецю до азоту (C:N) менше 20. Наприклад, після одного року перебування в чорноземному ґрунті при заорюванні на глибину 30–32 см розкладається від 81 до 94 % залишків конюшини та цукрових буряків, в той час як пшениця озима та кукурудза розкладаються лише на 40 %. Кукурудза, яку вирощували на зерно,

розкладається на 31,4 % за один рік, але якщо її використовувати на силос, то розкладання становить 42,3 %. Пшениця озима розкладається на 45 %, соняшник – на 37,2 %, а суміш вико-вівсяна, яка вирощувалася на зелений корм, розкладається на 61,5 % [14].

Отже, вищезазначені результати досліджень свідчать про важливість показника нагромадження рослинних залишків конкретної культури та хімічного складу цих залишків при обґрунтуванні основної схеми чергування культур у сільському господарстві.

Позитивний вплив рослин на вміст гумусу і азоту в ґрунті значною мірою залежить від виду культури, яку вирощують. За даними Захарченка І.Г. та інших авторів [12], у десятипільній зерно-буряковій сівозміні, де не було багаторічних трав, на кінці ротачії вміст гумусу в орному шарі ґрунту становив 4,03%. Проте при наявності еспарцету однорічного використання в сівозміні, цей показник підвищувався до 4,11 %, а використання люцерни з вівсяницею півторарічного терміну вирощування піднімало вміст гумусу до 4,18 %, а при використанні люцерни з вівсяницею дворічного терміну до 4,37%.

Отже, при вирощуванні зернових колосових культур спостерігається повільніше зниження вмісту гумусу в порівнянні з вирощуванням просапних культур, оскільки ґрунт інтенсивніше обробляється у міжряддях, що призводить до посилення мінералізації гумусу. Просапні культури характеризуються меншою кількістю рослинних залишків у порівнянні з бобовими і колосовими культурами та співвідношенням вмісту вуглецю до азоту (C:N), що сприяє переважанню розкладання органічних речовин над їх нагромадженням [28].

Суттєві втрати гумусу відбуваються у чистих парах, де рослини відсутні протягом певного періоду, а обробіток ґрунту проводиться безперервно. В процесі мінералізації органічних речовин спостерігається мобілізація рухомого азоту, який за певних умов (вимивання, денітрифікація) може виходити з кореневмісного шару ґрунту [1].

Бобові рослини відіграють важливу роль у покращенні азотного режиму ґрунту та балансу азоту в землеробстві країни. Завдяки симбіотичній

азотфіксації, ці рослини нагромаджують значну кількість азоту з повітря у своїй біомасі, задовольняючи високу потребу організму в цьому елементі поряд з азотом, який вже міститься в ґрунті. Дослідження показують, що різні бобові рослини засвоюють різну кількість азоту з повітря. Наприклад, багаторічні трави, такі як конюшина, еспарцет і люцерна, засвоюють до 76–88 % азоту з повітря від загальної його кількості в біомасі, тоді як горох засвоює лише 30–45 %. На кожну тону урожаю багаторічні трави можуть засвоїти до 35 кг азоту з повітря, в той час як горох і вика – менше, від 10 до 15 кг. Цей біологічний азот бобові рослини нагромаджують у своїй біомасі, і частина його залишається у післязбиральних і кореневих рештках. Якщо ця кількість азоту перевищує ту, яку бобова рослина взяла з ґрунту, то це є чистим прибутком для ґрунту. В іншому випадку може виникнути дефіцит азоту в ґрунті.

Бобові культури, особливо багаторічні, сприяють збагаченню ґрунту азотом через нагромадження та розкладання їх корневих і післязбиральних решток. Прижиттєві кореневі виділення бобових не грають важливої ролі в цьому процесі.

Фосфор в ґрунті визначається переважно мінеральною частиною ґрунту, і його доступність для рослин залежить від властивостей як самого ґрунту, так і рослин. Деякі культури, як люцерна і гречка, здатні легко засвоювати важкорозчинні фосфати, тоді як інші, такі як жито, кукурудза, ячмінь, пшениця і овес, засвоюють тільки легкодоступні форми фосфатів. Господарський винос фосфору різний для різних культур, з буряками цукровими, кукурудзою, пшеницею озимою на першому місці, а горохом та багаторічними травами – на другому.

Калій у ґрунті переважно міститься у нерозчинних мінералах, і його доступність для рослин залежить від складу мінеральної частини ґрунту та рівня урожайності. Проте, рослини впливають на винос калію з ґрунту, залежно від їхніх біологічних властивостей. Проте, тривале використання ґрунту без додаткового добрива може призвести до зменшення запасів рухомого калію в ґрунті.

Властивості ґрунту також змінюються під впливом рослин, і різні культури можуть мати різний вплив на агрофізичні властивості ґрунту. Наприклад, чергування культур у сівозміні може покращити фізичні властивості ґрунту, тоді як беззмінне вирощування однієї культури може не мати такого позитивного впливу. Під багаторічними травами також створюються сприятливіші умови для утворення водостійкої структури ґрунту, що підвищує водопроникність ґрунту. Зміни агрофізичних властивостей ґрунту під впливом рослин значною мірою залежить від виду окремих сільськогосподарських культур. Дослідження показали, що різні однорічні культури в певних випадках поліпшують фізичні властивості ґрунту [43, 44]. Це залежить від строку визначення агрофізичних властивостей ґрунту, його вологості, кількості гумусу, виду рослин, від того вирощується культура у сівозміні, або беззмінно, від способу обробітку ґрунту, тощо. Чергування культур у сівозміні покращує агрофізичні показники ґрунту, беззмінне вирощування – не сприяє цьому.

У ґрунті, де вирощуються багаторічні трави, створюються більш сприятливі умови для формування водостійкої структури порівняно з тим, де вирощуються однорічні культури [26]. Травосіяння, передусім, підвищує водопроникність ґрунту. Багаторічні бобові культури, такі як люцерна, еспарцет і конюшина, мають більший позитивний вплив на структурність ґрунту, порівняно з однорічними культурами, такими як горох і соя [30].

1.3. Продуктивність агроценозів за оптимального розміщення сільськогосподарських культур у сівозміні

Система сівозміні є необхідною для раціонального використання сільськогосподарських земель, оскільки без неї неможливо досягти високої продуктивності культур та підтримувати родючість ґрунтів. Однією з головних причин чергування культур є різниця в їхній спроможності зберігати елементи живлення в ґрунті та біологічний азот.

Сучасні умови сільськогосподарської діяльності вимагають включення у сівозміну культур, які дають найкращі результати в урожайності. Багато господарств зараз перейшли на вузькоспеціалізовані сівозміни зернового типу, що допомагає ефективно використовувати машини та технології. Однак цей підхід має свої недоліки, такі як ґрунтовтома, поширення бур'янів і хвороб, що призводять до зниження врожаю та якості продукції.

Таким чином, ігнорування принципу чергування культур у сівозміні призводить до негативних наслідків для врожаїв. Наукові дослідження показують, що оптимальні результати досягаються завдяки правильному розташуванню культур у сівозміні та правильному графіку повернення на попередні місця вирощування.

Пшениця озима має важливе значення серед зернових культур в Лісостепу та в цілій країні завдяки своїй високій продовольчій цінності і сприяє забезпеченню продовольчої безпеки держави. Крім того, вирощування пшениці озимої в сівозміні має велике значення в агротехніці, оскільки ця культура є сильним конкурентом для бур'янів [27], так і створення сприятливого водного режиму ґрунту для наступних після неї сільськогосподарських культур.

Один з ключових шляхів для підвищення і стабілізації виробництва озимої пшениці в умовах загострення економічних та екологічних проблем у сільському господарстві полягає у максимальному використанні біологічного фактору, а саме – раціональному впровадженні пшениці після оптимальних попередників. Цей захід не потребує додаткових фінансових витрат, але забезпечує додатковий збір пшениці.

Дослідження та довгостроковий досвід в сфері сільськогосподарської науки дозволили встановити науково обґрунтовані норми щодо розміщення озимої пшениці в різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

В умовах Лісостепу існує різноманітний вибір можливих попередників, проте вибір залежить від вологості ґрунту. Для областей з високим рівнем вологості (правобережна частина) найкращими попередниками для озимої пшениці є багаторічні бобові і бобово-злакові суміші трав після другого укосу,

бобово-злакові суміші, які використовуються як корм, горох, кукурудза для зеленого корму та силосу, і ріпак озимий.

Отже, використання оптимальних попередників для озимої пшениці є ефективним способом збільшення урожайності цієї культури в умовах Лісостепу України. Збільшення у структурі посівних площ частки сої, а також різке зменшення площ під горохом, зумовив широке використання сої як попередника під озимі культури, як бобової культури [44]. Зокрема встановлено, що урожайність пшениці озимої за вирощування після сої зростає на 10–20 % [38].

Проте слід зазначити, що соя є ризикованим попередником для пшениці озимої, оскільки за погіршення та відхилення кліматичних умов у період її вегетації, від оптимальних параметрів спостерігається різке зниження продуктивності сої.

Сучасні методи вирощування високопродуктивних культур вимагають детального вивчення агротехнічної цінності попередників для пшениці озимої, таких як соя, ріпак, вико-вівсяні сумішки та кукурудза на силос. Особливо важливо вирішувати питання, пов'язані зі збільшенням виробництва високоякісного продовольчого зерна.

Ячмінь важливий у зерновому балансі країни і займає четверте місце серед зернових культур у світовому сільському господарстві. У Лісостепу ячмінь ярий вирощують на до 15 % посівних площ, завдяки широкому спектру його використання, зокрема як основну зернофуражну культуру.

Для досягнення стабільно високих врожаїв ячменю важливим фактором є правильний вибір попередника та їх розміщення. Оптимальні попередники включають буряки цукрові, кукурудзу на зерно і силос, картоплю та зернобобові культури, при відповідному рівні удобрення. Значення кукурудзи на зерно як попередника особливо зростає, оскільки площі під нею збільшуються. Дослідження показують, що після кукурудзи на зерно у ґрунті зберігається більше продуктивної вологи та поживних речовин, порівняно з попередниками, такими як буряки цукрові [50].

Кукурудза є однією з провідних культур у глобальному сільському господарстві сучасного світу. Ця рослина відзначається своєю різноманітністю

використання та високою врожайністю. Приблизно 20 % зерна кукурудзи споживається як продукт харчування по всьому світу, ще 15–20 % використовується у промисловості, а більше половини урожаю використовується як корм для тварин. Кукурудзу вирощують в різних кліматичних зонах – від тропічних регіонів до північних країн, включаючи Скандинавію. Вона займає значну площу в сільському господарстві світу, обробляючи 129,3 мільйона гектарів для отримання зерна.

Ця культура майже не залишає відходів, оскільки використовуються практично всі її частини, включаючи зерно, листя, стебла, стрижні початків і навіть коріння. За століттями цінні властивості кукурудзи були визнані народами різних країн, і її вважають справжньою скарбницею, золотим стандартом серед зернових та кормових культур і рослиною з безмежними можливостями. На жаль, лише 30–50% потенціалу цієї культури використовується, і в найближчі роки планується збільшити її врожайність за рахунок розширення посівних площ та використання гібридів з різними періодами дозрівання. Також важливим шляхом підвищення врожайності зерна кукурудзи є впровадження сучасних технологій, які забезпечують використання передових досягнень в селекції та насінництві, хімізації та механізації виробничих процесів на основі точного біологічного контролю за рослинами і їхнім розвитком [37].

Щоб досягти високої та стабільної врожайності культури, необхідно правильно забезпечувати водний та поживний режим ґрунту. Це можливо завдяки вибору відповідних попередників, внесенню добрив та належному посіву з оптимальною густиною рослин. Важливо враховувати, що вибір попередників має ключове значення для задоволення біологічних потреб культури у волозі та поживних речовинах, а також для контролю чисельності шкідливих організмів [41, 42].

Озимі культури, зернобобові, картопля та гречка вважаються найкращими попередниками. Також, кукурудзу можна вирощувати як монокультуру. Проте в областях з обмеженим зволоженням не рекомендується сіяти кукурудзу після культур, які висушують ґрунт на значну глибину, такі як соняшник і цукрові

буряки. У районах з достатнім зволоженням можна розмішувати кукурудзу на зерно після озимої пшениці, картоплі, цукрових буряків, і навіть повторно після кукурудзи на зерно. У випадку повторної сівби важливо дотримуватися агротехнічних прийомів і заходів для боротьби зі шкідниками та хворобами, особливо з кукурудзяним метеликом і сажкою [36].

Перенаправлення у сільському господарстві на вирощування найбільш прибуткових культур призвело до суттєвих змін у науково обґрунтованій структурі посівних площ та спричинило зниження загального рівня сільськогосподарської культури. Погіршення фітосанітарного стану ґрунтів та незбалансованість кліматичних умов, які спостерігаються останнім часом, призвели до непередбачуваних коливань у валовому зборі сільськогосподарської продукції.

Великою мірою це пояснюється зменшенням частки вирощування бобових культур, зокрема гороху, в загальній структурі посівів та сівозмін. До 1994 року площі під горохом в Україні перевищували 1 мільйон гектарів, але потім вони почали стрімко скорочуватися, досягнувши близько 200 тисяч гектарів. Це призвело до того, що пшеничні поля втратили одного з найкращих попередників, що призвело до низького врожаю озимої пшениці.

Горох також відіграє важливу роль завдяки своїй симбіотичній діяльності. Він залишає близько 30 кг азоту на 1 гектар ґрунту та позитивно впливає на фізичні та хімічні властивості ґрунту завдяки своїй кореневій системі, яка володіє високою розчинувальною здатністю щодо фосфорних інших важкорозчинних сполук. Тому горох є однією з кращих виборів як попередник для небобових культур [46].

Щодо сої, вирішення проблеми дефіциту рослинного білка для кормів та зросла попит на рослинну олію внаслідок змін у структурі споживання жирів спричинило збільшення виробництва сої. Продуктивність цієї культури залежить від багатьох факторів, таких як сорт, попередник, підготовка ґрунту та насіння, строк сівби, глибина засіву, догляд за посівами, методи боротьби зі шкідниками та хворобами.

Щодо попередників для сої та сої як попередника для інших культур, існує різні точки зору вітчизняних і закордонних вчених. Деякі вважають, що ця культура не дуже вимоглива до попередника і може вирощуватися на одному місці протягом кількох років. Крім того, багато фермерів в США вирощують сою в двопольній сівозміні з кукурудзою протягом десятиліть. У США соя в середньому займає 28% від загальної площі посівів, і ця цифра коливається від 4,0% до 49,8% в різних штатах [32].

Однак висока насиченість вирощування сої вимагає внесення достатньої кількості мінеральних добрив та використання інтегрованої системи захисту рослин від шкідників, бур'янів та хвороб [35].

Місцеположення і вміст сої в ротацийному вирощуванні визначаються параметрами ґрунту і клімату даної області, специфікою сільськогосподарських підприємств, особливостями зміни культур та важливістю росту таких рослин, які вирощуються у даному регіоні [38].

Оскільки соя не є сильною конкуренткою для бур'янів, особливо на початковому етапі її вегетації, то їй потрібні попередники, які утримують поле від бур'янів і забезпечують достатню кількість вологи і поживних речовин [24].

Розумно також розглянути розміщення сої в наступних послідовностях сівозміни: пшениця чорна або зайнята, пшениця озима, пшениця озима, соя; кукурудза на зерно, соя, кукурудза з соєю для силосу і інші. Найвищий врожай сої (2,92 тонни на гектар) в Румунії був отриманий в сівозміні, що включала пшеницю, кукурудзу та сою [41].

Однією з основних олійних культур в Україні є соняшник. Він займає близько 70% від усіх посівних площ під олійні культури, і в цей час більше 80% валового збору насіння та майже 90% виробництва олії в країні припадає на соняшник. Соняшникова олія володіє високою харчовою цінністю і багата на вітаміни А, D, E, K. Крім того, під час переробки соняшникового насіння виробляють кормові продукти, такі як макуха і шрот. Продукти обробки цієї культури широко використовуються в лакофарбовій та миловарній промисловості.

Збільшення посівних площ під соняшником дозволило Україні збільшити його частку в загальному виробництві на світовому ринку до 22 % і стати одним із провідних експортерів соняшникової олії в світі. Це призвело до високих і стабільних цін на насіння соняшника і стимулювало вітчизняних сільськогосподарських виробників до значного збільшення посівних площ під цією культурою. Проте такий ріст може порушити науково обґрунтовані норми щодо сівозміни. Сільгоспвиробники, ігноруючи біологічний закон чергування культур у сівозміні, часто висівають соняшник на 30–40 % площ господарства або навіть залишають його без змін.

При розробці схем сівозмін для соняшника важливо враховувати мінімально прийнятний період повернення. Однак у літературі різні автори розглядають цей інтервал по-різному, і він зазвичай варіюється від 5 до 10 років. Отримання високих та стабільних врожаїв сільськогосподарських культур можливе лише при повному забезпеченні всіх необхідних факторів для культурних рослин. Це досягається завдяки врахуванню природних ресурсів конкретного регіону, потреб рослин у навколишньому середовищі, раціональному використанню досягнень землеробства, ґрунтового покриття та клімату. Врахування цих факторів є обов'язковим для сільськогосподарського виробництва і сприяє правильному використанню землі, збільшенню врожайності, зростанню валового збору продукції землеробства та зниженню витрат на її виробництво.

Однією з ключових проблем оптимального використання землі є розробка наукових основ зональної спеціалізації сільськогосподарського виробництва, щоб максимально використовувати орну землю для вигідних культур і оптимізувати ґрунтово-кліматичний потенціал різних зон та природних рослинних ресурсів. Визначення меж насичення основними культурами та їх співвідношенням повинно здійснюватися з урахуванням попиту ринку. Ця спеціалізація може спростити плодозміну та допомогти вирощувати різні культури в межах одного вегетаційного періоду.

Для виробництва конкурентоспроможної продукції необхідно спрямовувати наукові принципи сівозмін на оптимізацію управління

продуктивним потенціалом агросистем, а також ведення землеробства, яке адаптоване до природного середовища різних зон.

У зв'язку з розвитком ринкових відносин в аграрному секторі України, з'явилися нові сільськогосподарські підприємства ринкового типу з обмеженою площею землекористування і спеціалізацією. Для таких господарств, що

займаються дрібним сільським господарством, виникла потреба у вдосконаленні форм організації землекористування та впровадженні вузькоспеціалізованих короткоротаційних сівозмін. У таких сівозмінах можуть виникати труднощі з

виращуванням культур, що вимагають довготривалого чергування (наприклад,

соняшник, льон, зернобобові, цукрові буряки, капуста) або культур, близьких за

біологічними властивостями (пшениця озима, ячмінь озимий та ярий, жито, овес, ріпак). Використання добрив та агрохімікатів може допомогти вирішити ці

проблеми в певній мірі, але не завжди повністю компенсує їх. Важливим є також

розвиток біологічного землеробства, яке включає в себе використання бобових

культур, гною, сидератів та побічних продуктів для підвищення родючості ґрунту та фітосанітарного стану посівів.

У загальному землеробстві існують дві ключові сфери проблем: перше

це пошукові дослідження в інститутах, які включають в себе проведення

мікропольових і вегетаційних досліджень для визначення засобів, методів і

технологій, а також експерименти у виробничих умовах для перевірки і

впровадження нових заходів у господарствах. Останні проводяться за

скороченими схемами для порівняння двох варіантів – контрольного і

перспективного, з урахуванням економічних аспектів.

Дослідні установи продовжують дослідження, спрямовані на подальшу

спеціалізацію сівозмін різних ротацій (від простих короткоротаційних 2-3, 4-6

пільних до тривалих 7-10-пільних), а також на різні рівні інтенсифікації, з

урахуванням конкретних умов. Це включає в себе насичення сівозмін основними

культурами, такими як зернові, цукрові буряки, льон, картопля, соняшник, рис

та інші, і підвищення рівня їхнього вирощування, а також оптимізацію площ для

парування і вирощування рослин.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень.

Агрономічна дослідна станція Національного університету біоресурсів і природокористування України знаходиться у селі Пшеничне Васильківського району Київської області. Дослідження проводились у стаціонарному досліді кафедри землеробства та гербології. Ґрунт чорнозем типовий середньосуглинковий.

У верхньому шарі ґрунту міститься від 4,05 % до 4,38 % гумусу, рН сольової витяжки коливається в межах від 6,9 до 7,3, а ємність поглинання становить 32 мг еквівалентів на 100 грамів ґрунту. Загальний запас гумусу у метровому шарі ґрунту становить від 387 до 405 тонн на гектар. Цей тип ґрунту є характерним для лісостепової зони і займає 54,6 % її площі (табл. 2.1.)

Таблиця 2.1.

Фізико-хімічні показники чорнозему типового (ВПСУБІП України «Агрономічна дослідна станція»)

Глибина шару, см	Гумус, %	рН водне	рН сольове	Гідролітична кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту	Сума основ мг-екв на 100 г ґрунту	Ємність вбирання мг-екв на 100 г ґрунту	Ємність насичення основами, %	Карбонати, %	Об'ємна маса, г/см ³	Питома маса, г/см ³
0-20	4,58	5,60	6,87	1,45	22,96	24,80	92,50	-	1,16	2,59
20-50	4,38	5,85	7,30	0,52	23,32	24,60	94,80	0,52	1,25	2,66
50-100	1,30	7,12	7,30	0,50	21,60	22,80	95,00	4,15	1,27	2,66

Таблиця 2.2.

Агрохімічні показники чорнозему типового, (ВН НУБІП України «Агрономічна дослідна станція»)

Глибина шару, см	Вміст загального азоту за Тюрнімом, %	Мг/100 г ґрунту		
		Легкогідролізованого азоту за Тюрнімом	Рухомого фосфору за Мачігінімом	Обмінного калію за Масловою
0-20	0,21	2,6	10,0	7,8
20-50	0,17	1,8	8,0	6,25
50-100	0,04	1,1	5,1	4,3

2.2. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень

Важливою проблемою для агропромислового виробництва України є адаптація до змін клімату, яка має науковий та виробничий аспекти. Для цього необхідно проводити оперативну оцінку впливу змін клімату на стан агроландшафтів та сільське господарство, передбачати майбутні довгострокові ризики кризових кліматичних явищ і розробити відповідні ефективні адаптаційні заходи. Формування врожаю сільськогосподарських культур залежить від численних взаємопов'язаних факторів та реакції на умови середовища. Метеорологічні умови років проведення досліджень можуть суттєво впливати на отримані результати.

Для точної оцінки впливу погодних умов на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, можна застосувати методику оцінювання адекватності явищ у землеробстві. Типовість погодних умов років проведення досліджень визначається за такими показниками: кількість опадів, сума активних температур (вище 10 °C) та гідротермічний коефіцієнт. Для визначення типовості в умовах таблиці надаються коефіцієнти адекватності відхилень всіх елементів погодних умов від їх багаторічної норми (K_i), що виступає критерієм адекватності фактичних значень показників погоди порівняно з багаторічними нормами. Оптимальними є відхилення, при яких коефіцієнт істотності відхилень знаходиться в межах $0 \div \pm 0,3$. Тенденційно більші відхилення вказують на K_i в межах $+0,4-1$, тоді як тенденційно менші вказують на K_i в межах $-0,4-1$. Істотно більші відхилення спостерігаються при K_i в межах $+1-2$, істотно менші – при K_i в межах $-1-2$. Екстремально великі відхилення відмічаються при $K_i > +2$, і екстремально малі – при $K_i < -2$.

Зимові місяці облікового періоду характеризувалися значною збільшеною кількістю опадів, як це вказують коефіцієнти істотності, які становили 1,2 для січня і 1,6 для лютого. Навпаки, у березні спостерігалася тенденція до зменшення опадів. Більшість місяців вегетаційного сезону мали нормальну кількість опадів, за винятком серпня та вересня, коли опади взагалі були відсутні. Проте, квітень

був вкрай холодним за сумою активних температур, тоді як травень був істотно холодним. Наступний місяць, червень, був значно теплішим, ніж зазвичай, з високою сумою активних температур. Температурний період за липень був типовим за багаторічними даними. Серпень і вересень були спекотними. Жовтень був прохолодним (табл. 2.3).

Таблиця 2.3
Погодні умови. Метеостанція АДС НУБІП України

Показник	Місяць									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
опад, мм										
К-сть за звітний період	61	62	18	90	0	36,5	110,3	0,5	0	1,5
Багаторічна норма	34,6	37,4	37,5	34,1	61,8	61,2	55,3	51,2	50,6	42,7
Відхилення від норми	26,4	24,6	-19,5	55,9	-61,8	-24,7	55	-50,7	-50,6	-41,2
Коефіцієнт істотності відхилень	1,6	1,2	-0,7	2,4	-1,3	-0,5	1,9	-1,1	-1,5	-1,0
сума активних температур, >10 °C										
К-сть за звітний період				131	365	428	670	694	554	
Багаторічна норма				218,1	479,9	586,6	656,1	633,6	434,7	
Відхилення від норми				-87,1	-114,9	-158,6	13,9	60,4	119,3	
Коефіцієнт істотності відхилень				-1,3	-1,8	-2,8	0,3	1,4	2,4	
ГТК										
К-сть за звітний період				6,87	0	0,85	1,65	0,01	0,88	
Багаторічна норма				1,66	1,32	1,06	0,84	0,83	1,39	
Відхилення від норми				5,21	-1,32	-0,21	0,81	-0,82	-0,52	
Коефіцієнт істотності відхилень				5,3	-1,3	-0,2	1,9	-1,1	-0,3	

Кількість тепла, яка визначається сумою активних температур ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), була надзвичайно низькою у квітні та травні та червні від $-1,3$ до $-2,8$. Навпаки, серпень і вересень були дуже спекотними, про що свідчать відповідні коефіцієнти істотності $-1,2$ і $2,4$ відповідно.

Отже, на початку вегетаційного періоду для ярих культур у 2023 році було достатньо опадів, але бракувало тепла, що призвело до того, що весняні місяці вважалися перезволоженими за показником ГТК. У цілому весь вегетаційний період сільськогосподарських культур значними відхиленнями за показником ГТК порівняно з багаторічною нормою.

2.3. Програма і методика проведення досліджень.

Дослідження проведено у 5-пільній польовій сівоzmінах з таким чергуванням культур:

1. Соя
2. Пшениця озима
3. Соняшник
4. Пшениця яра
5. Кукурудза на зерно

Змістом варіантів цього досліду є поєднання трьох градацій систем землеробства і чотирьох градацій систем основного обробітку ґрунту в сівоzmіні (табл. 2.4).

Таблиця 2.4.

Схема стаціонарного досліду з систем основного обробітку ґрунту

Варіанти	Градації системи землеробства	Градації системи основного обробітку ґрунту
1	Промислова (контроль)	1. Полицева різноглибинна (контроль) 2. Безполицевий різноглибинна 3. Диференційована різноглибинна 4. Безполицева мілка
2	Екологічна	1. Полицева різноглибинна (контроль) 2. Безполицевий різноглибинна 3. Диференційована різноглибинна 4. Безполицева мілка
3	Біологічна	1. Полицева різноглибинна (контроль) 2. Безполицевий різноглибинна 3. Диференційована різноглибинна 4. Безполицева мілка

Для досягнення цілей та виконання завдань були проведені наступні дослідження та аналізи:

Визначення загальних запасів та доступної вологості в ґрунті на глибині 1 м проводилося за допомогою термостатно-вагового методу.

– Методом суцільного обмолоту всієї площі облікової ділянки з проведенням до 100% чистоти і стандартної вологості з кожного варіанту усіх повторень окремо здійснювали облік врожаю, збирали врожай у фазі повної стиглості.

Порівняльну оцінку продуктивності розраховували за обсягом продукції з 1 га сівозмінної площі, який перераховували у зернові одиниці за коефіцієнтами В.Д. Гревцова, кормові одиниці та перетравний протеїн за коефіцієнтами М.Ф. Томме.

Аналіз погодних умов і рівень їх мінливості за 2023 роки порівняно із середніми багаторічними показниками проводили на основі критеріїв коефіцієнта суттєвості (істотності) відхилень (K_c) елементів агрометеорологічного режиму кожного з досліджуваних років від середніх багаторічних

Варіаційно-статистична обробка даних проводилася математично-дисперсійним методом з використанням кореляційного аналізу.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Водний режим ґрунту.

Процеси мінерального живлення і фотосинтезу, а також накопичення сухої речовини у сільськогосподарських культурах найефективніше відбуваються при наявності достатньої кількості вологи в ґрунті протягом вегетаційного періоду. Зниження рівня води в рослинах нижче певного показника призводить до порушення їхнього життєдіяльності, сповільнення росту і виникнення патологічних станів клітин рослин. Проведені дослідження показали, що протягом вегетаційного періоду режим вологи в ґрунті у сівозмінах зазнає значних змін, і спостерігається відмінна періодичність у цьому процесі. Зокрема, під час весняно-літнього періоду головні витрати вологи в ґрунті спостерігаються на формування врожаю і, в окремих випадках, на фізичні втрати через випаровування з поверхні ґрунту.

У таблиці 3.1 представлені загальні обсяги витрат води на випаровування з поверхні ґрунту та споживання рослинами на полях, де вирощуються сільськогосподарські культури, в різних системах землеробства. На підставі результатів цього річних досліджень виявлено, що найменший рівень волого втрат в ґрунті під час збору урожаю спостерігався для соняшника. Залежно від типу системи землеробства, ці витрати склали: 34,3 мм для екологічної системи, 39,6 мм для промислової та 42,1 мм для органічної системи. Для сої ці значення становили відповідно 31,6, 33,6 та 35,6 мм, а для ярої пшениці – 48,3, 48,6 та 53,1 мм.

Щодо загальних витрат вологи впродовж вегетації культур, можна відзначити, що найвищі показники були зафіксовані для кукурудзи на зерно – від 362,0 до 367,2 мм, для сої – від 310 до 321,3 мм, для соняшника – від 300 до 302,8 мм і для ярої пшениці – від 212,0 до 222,9 мм. Залежно від ресурсного забезпечення систем землеробства, найвищі витрати вологи були зафіксовані для екологічної та промислової систем землеробства.

Таблиця 3.1.

Динаміка продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см

Сівозміна	Запас вологи в ґрунті, мм									Витрати вологи з ґрунту, мм	Виняток опадів за період, мм*	Загальні витрати вологи, мм		
	на початку вегетації			у кінці вегетації								система землеробства		
	промислова	екологічна	органічна	промислова	екологічна	органічна	промислова	екологічна	органічна			промислова	екологічна	органічна
Соя	158,7	151,0	166,9	33,6	31,6	35,6	125,2	119,4	131,2	190,1	315	310	321,3	
Пшениця озима	108,4	100,1	114,9	49,3	47,1	52,7	59,2	53,0	62,2	120,0	179	173	182,2	
Соняшник	164,4	160,0	169,8	39,6	34,3	42,1	124,9	125,7	127,7	175,1	300	301	302,8	
Пшениця яра	153,2	150,9	166,5	48,6	48,3	53,1	104,7	102,6	113,4	109,6	214	212	222,9	
Кукурудза на зерно	160,8	170,4	176,8	64,6	70,3	75,1	96,3	100,1	101,7	265,6	362	366	367,2	
Середнє по сівозміні	149,1	146,4	159,0	47,1	46,3	51,8	102,0	100,2	107,2	172,1	274,1	272,2	279,3	

Вплив сівозмінного чинника на споживання вологи культурами сівозмін.

На підставі отриманих у стаціонарному досліді даних урожайності досліджуваних культур, проведено розрахунки ефективності витрачання вологи на формування одиниці сухої речовини основної та побічної продукції сільськогосподарських культур (табл. 3.2). На підставі результатів дворічних досліджень виявлено, що найменший рівень волого витрат в ґрунті під час збору урожаю спостерігався для соняшника. Залежно від типу системи землеробства, ці витрати складали: 34,3 мм для екологічної системи, 39,6 мм для промислової та 42,1 мм для органічної системи. Для сої ці значення становили відповідно 31,6, 33,6 та 35,6 мм, а для ярої пшениці – 48,3, 48,6 та 53,1 мм.

Щодо загальних витрат вологи протягом вегетації культур, можна відзначити, що найвищі показники були зареєстровані для кукурудзи на зерно – від 362,0 до 367,2 мм, для сої – від 310 до 321,3 мм, для соняшника – від 300 до 302,8 мм і для ярої пшениці – від 212,0 до 222,9 мм.

Таблиця 3.2

Вплив сівозмінного чинника та системи удобрення на споживання води культурами сівозмін.

Сівозмінна	Загальні витрати води, мм			Сумарний урожай абсолютно сухої речовини (основна і побічна продукція), т/га			Витрати води на одиницю абсолютно сухої речовини урожаю, м ³ /т		
	Система землеробства								
	промислова	екологічна	органічна	промислова	екологічна	органічна	промислова	екологічна	органічна
Соя	315	310	321,3	6	6	2	559	550	1333
Пшениця озима	179	173	182,2	10	11	8	185	163	229
Соняшник	300	301	302,8	9	9	6	348	328	520
Пшениця яра	214	212	222,9	9	9	5	242	237	479
Кукурудза на зерно	362	366	367,2	19	21	13	188	178	281
Середнє по сівозміні	274	272	279	10	11	7	304	291	569

Залежно від ресурсного забезпечення систем землеробства, найвищі витрати води були зафіксовані для екологічної та промислової систем землеробства.

Ефективне використання води, під впливом антропогенних факторів, пов'язане не тільки з позитивним впливом на обмін речовин у рослині за наявності поживних речовин у ґрунті, але також з раннім і потужним ростом листя, що сприяє зменшенню фізичного випаровування з поверхні ґрунту і, таким чином, збільшує кількість води, яка витрачається на транспірацію. Треба також відзначити, що, незважаючи на високий рівень засвоєння води ґрунтом в полях після соняшнику, загальний рівень доступної води був найнижчим порівняно з іншими полями. Тому, біологічні особливості культур щодо використання води повинні бути ключовими при формуванні сівозмін.

Для оптимального регулювання водного режиму в системі «ґрунт-рослина» необхідне впровадження таких сівозмін, при яких використання

рослинами ґрунтової вологи під час вегетації супроводжується подальшим відновленням її резервів у відповідних шарах ґрунту.

3.2. Баланс поживних речовин у системі сівозмін

В умовах сучасного ведення сільськогосподарського сектору науковий контроль і регулювання балансу живильних елементів рослин стали більш важливими. Основні завдання балансових розрахунків включають визначення оптимальних, науково обґрунтованих доз добрив і визначення рівня повернення живильних елементів в ґрунт, а також аналіз співвідношення різних джерел постачання живильних елементів у сільському господарстві і впливу економічної ефективності вирощуваних культур і сівозмін.

В цілому, балансові дослідження допомагають зрозуміти вплив сучасної агрокультури на процес формування ґрунту. Науковою основою для створення раціональної системи добрив в різних сівозмінах є розгляд балансу живильних елементів. Під час дослідження балансу поживних речовин у сівозмінах з тривалим використанням добрив, основна увага повинна бути приділена двом основним аспектам балансу: вилученню поживних речовин культурами і їх надходженню до ґрунту з добривами. Проте, для повного розуміння ситуації і визначення оптимальної системи добрив в сівозміні для досягнення високих врожаїв і підвищення родючості ґрунту, необхідно враховувати інші джерела постачання і виносу живильних елементів у ґрунт. Тільки таким чином можна визначити ефективну систему обертання живильних елементів в системі ґрунт–рослина.

Для оцінки балансу поживних елементів у системі ґрунт–рослина, перш за все, потрібно визначити, скільки основних поживних речовин вивозяться з поля рослинами, а скільки втрачається з ґрунту, вийшовши за межі біологічного циклу поживних речовин.

Загальна кількість поживних речовин, яку рослини використовують для свого росту і розвитку, називається біологічним вивозом. Частина цих поживних

речовин, яка міститься в урожаї основної і додаткової продукції і вивозиться з поля, відома як «господарський винос». Господарський вивіз визначається двома факторами: обсягом врожаю основної і додаткової продукції культур і вмістом поживних речовин у цій продукції. Вміст поживних речовин у рослинах залежить, передусім, від біологічних особливостей кожної культури. Наприклад, у бобових культур азот переважає у біомасі, у картоплі, особливо в основній продукції, – калій, а в зерні озимої пшениці вміст фосфору в 3–4 рази вищий, ніж у цукрових буряків. Біологічні особливості культур у відношенні до їхніх потреб в елементах живлення залишаються сталими незалежно від ґрунтових і кліматичних умов, але ці умови можуть значно впливати на врожаї культур і, відповідно, на вміст поживних речовин в них.

Тому, хоча специфічні особливості накопичення речовин окремими культурами є сталими показниками, для визначення балансу поживних речовин у конкретних ґрунтових і кліматичних умовах, слід враховувати параметри циклу поживних речовин, що відповідають цим умовам.

Хімічний склад сільськогосподарських культур та господарський винос поживних речовин урожаєм культур. Результати аналізу хімічного

складу врожайної маси сільськогосподарських культур у досліді показали, що цей склад виявився залежним від рівня ресурсного забезпечення систем землеробства. За середньорічними значеннями, найвищий вміст азоту в основній продукції досліджуваних культур був виявлений при вирощуванні у системі сівозмін на фоні використання добрив у гранично малій кількості. Наприклад, у зерні сої цей вміст становив 6,56 %, у насінні соняшнику – 3,16 %. З іншого боку, вміст азоту був дещо нижчим у зерні пшениці озимої і ярої – 2,40 % і 2,35 % і кукурудзі – 1,93 %.

Що стосується побічної продукції культур (солома та стебла), то найвищий вміст азоту спостерігався у соломі сої – 0,91 %. У інших культур цей показник був наступним: у кукурудзі – 0,75 %, соняшнику – 0,73 %, пшениці ярої – 0,61 %, пшениці озимої – 0,58 %.

Уміст фосфору в товарній продукції був значно вищим, ніж у нетоварній (побічній). Дослідження показали, що перевищення вмісту фосфору в основній продукції досліджених культур характерне для соняшнику – 1,31 %, зерна сої – 1,15%, пшениці ярої і озимої – 0,81 % і 0,78 % відповідно. У побічній продукції цей показник був наступним: у стеблах соняшнику – 0,23 %, кукурудзі і сої – 0,21 %, пшениці ярої – 0,16 %, пшениці озимої – 0,15 %.

Уміст калію у побічній продукції більшості сільськогосподарських культур (зернові, соняшник та інші) був вищим, ніж у товарній продукції. У основній продукції сільськогосподарських культур найвищий вміст калію спостерігався у зерні сої – 1,4 %, у ярих зернових культур (пшениця яра) – 0,61 %, в кукурудзі – 0,41 %, насінні соняшнику – 0,89 %. У побічній продукції (солома стебла) найвищий вміст калію – 0,97% – був визначений у соломі пшениці озимої, у інших культур цей показник був наступним: пшениця яра – 1,76%, горох – 1,12%, кукурудза – 1,23%, соя – 1,43%, соняшник – 2,05%.

Отже, повернення калію в ґрунт з нетоварною масою урожаю культур сівозміи (наприклад, через солому як добриво або гній) значно вище, а безповоротне відчуження з урожаєм товарної продукції нижче, ніж відчуження азоту і фосфору.

Винос поживних речовин урожаєм культур. Загальна кількість поживних речовин, що залучається до колообігу різними культурами, неоднакова і визначається рівнем урожаю сухої речовини основної і побічної продукції та її хімічним складом (табл. 3.3).

Залежно від ресурсного забезпечення систем землеробства, можна спостерігати різні рівні виносу азоту урожаєм основної і побічної продукції. Найвищі показники виносу азоту були зафіксовані при вирощуванні пшениці озимої (174–213 кг/га), кукурудзи на зерно (від 195 до 307 кг/га), сої (106–248 кг/га) і пшениці ярої (114–218 кг/га). Соняшник також містить значну кількість азоту в урожаї (116–182 кг/га).

Аналогічно до азоту, різні культури накопичують різну кількість фосфору та калію в урожаї, проте ці елементи загалом використовуються рослинами в

менших кількостях, ніж азот. Співвідношення фосфору та калію до азоту в урожаї культур варіюється від 17 до 23 % для фосфору та від 30 до 51 % для калію. Дослідження показують, що найменшу кількість фосфору виносить соя (20–46 кг/га), тоді як пшениця озима містить значно більше фосфору (49–66 кг/га).

Таблиця 3.3
Господарський винос поживних речовин урожаєм сільськогосподарських культур, 2023 р.

Система землеробства	Вихід абсолютно сухої речовини врожаю основної продукції, т/га	Сумарний винос урожаєм основної продукції і рослинними рештками, кг/га			Витрати поживних речовин на 1 тону абсолютно сухої речовини урожаю основної продукції з урахуванням побічної, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8
Пшениця озима							
Промислова	4,84	213	61	92	44	13	19
Екологічна	5,31	234	66	101	46	13	20
Органічна	3,91	174	49	76	47	13	21
Пшениця яра							
Промислова	4,92	218	62	111	44	13	22
Екологічна	4,96	220	63	112	45	13	23
Органічна	2,54	114	35	59	46	13	24
Соя							
Промислова	2,82	248	46	85	79	15	27
Екологічна	2,82	248	46	85	80	15	27
Органічна	1,20	106	20	36	80	15	28
Соняшник							
Промислова	3,31	171	62	150	48	17	42
Екологічна	3,53	182	66	159	47	17	41
Органічна	2,24	116	42	101	47	17	41
Кукурудза на зерно							
Промислова	6,87	287	88	206	42	13	30
Екологічна	7,35	307	94	220	39	12	28
Органічна	4,67	195	60	140	39	12	28

У ярих зернових культурах цей показник для кукурудзи на зерно становить від 60 до 94 кг/га. Соняшник середнього виносу урожаю фосфору варіюється в межах 42–66 кг/га. Важливо відзначити, що фосфор не втрачається непродуктивно з ґрунту і використовується рослинами протягом декількох років, тому втрати цього елемента пов'язані головним чином із його виносом урожаєм культур.

Щодо калію, дослідження свідчать, що значний винос цього елемента урожаєм спостерігається у кукурудзи на зерно (120–220 кг/га), соняшника (101–159 кг/га). Аналіз показників витрат основних біогенних елементів на формування 1 т абсолютно сухої речовини врожаю з урахуванням побічної продукції показав, що на формування загального врожаю найбільше азоту витрачає соя – 79–80 кг/т, фосфору: соняшник – 17 кг/т; калію: соняшник – 42 кг/т. Найменшими витратами вказаних елементів характеризуються зернові колосові культури.

Баланс біогенних елементів. Баланс біогенних елементів у досліджуваних сівозмінах розраховували на основі отриманих у досліді кількісних показників окремих компонентів колообігу азоту, фосфору та калію. Розрахунки ґрунтуються на методі порівняння витратних і компенсаційних статей. При цьому в балансі фосфору і калію, P_2O_5 і K_2O у статтю «надходження» враховувалася кількість елементів, що надходила з добривами і насінням, а кількість елементів, відчужених з урожаєм, відводилося на статтю «витрати». Такі розрахунки є цілком правомірними, оскільки фосфати практично не вимивалися з ґрунту, а відносно невеликими втратами K_2O можна нехтувати, оскільки ці втрати були компенсовані кількістю NPK у насінні, яке було висіяно.

Щодо азоту, то крім врахування його кількості, яка виноситься з поля посівами, до статті «витрати» включаються втрати азоту з добривами в газоподібному стані, а до статті надходження – кількість азоту в мінеральних і органічних добривах і насінні культур.

Результати розрахунку балансу азоту в сівозмінах у системі рослина-добриво представлені у таблиці 3.4. Дослідження показали, що залежно від ресурсного забезпечення системи землеробства перш за все, зростає накопичення сухої речовини в урожаєх культур і її загальний вихід у сівозміні.

Цілком закономірно у такій же послідовності зростав сумарний винос азоту з урожаєми культур. Залежно від набору культур у сівозміні і застосованої дози добрив винос азоту урожаєми культур на 1 га сівозмінної площі становив

від 63 кг/га за органічної системи землеробства до 136 кг/га за екологічної системи землеробства.

Таблиця 3.4

Баланс азоту, кг/га сівозмінної площі

Статті балансу	Система землеробства		
	Промислова	Екологічна	Органічна
Витрати			
Винос з урожаєм основної продукції	131	136	63
Денітрифікація (15% від N добрива)	14	7	0
Всього	145	143	63
Надходження з			
рослинними рештками	97	102	62
мінеральними добривами	92	46	0
насінням	6	6	6
Всього	195	154	68
Баланс (+,-) за рік, кг/га	50	11	5
Інтенсивність балансу, %	134	108	108

За моделі промислової системи землеробства отримано позитивний баланс азоту у розмірі 50 кг азоту на 1 га сівозмінної площі в рік. Інтенсивність балансу залежно від моделі систем землеробства становила 134 % за моделі промислової системи землеробства, 108 % за моделі екологічної і органічної системи землеробства.

У таблиці 3.5. наведено баланс фосфору і калію. Загальний винос фосфору на 1 га сівозмінної площі залежно від моделі системи землеробства варіював від 25 до 42 кг, калію – від 19 до 33 кг. Найбільший дефіцит фосфору в системі рослина-добриво відмічено за моделі органічної системи землеробства (-3 кг/га за рік). У решті моделей надходження фосфору з добривами переважало винос з урожаєм, що в кінцевому підсумку забезпечило його позитивний баланс (від +40 до +91 кг/га за рік).

Таблиця 3.5

Статті балансу	Система землеробства		
	Промислова	Екологічна	Органічна
Фосфор			
Надходження з рослинними рештками	24	25	15
мінеральними добривами	100	50	0
насінням	7	7	7
Всього	131	82	22
Витрати			
Винос з урожаєм	40	42	25
Баланс (+,-) за рік, кг/га	91	40	-3
Калій			
Надходження з рослинними рештками	98	103	64
мінеральними добривами	108	54	0
насінням	6		6
Всього	212	157	70
Витрати			
Винос з урожаєм	31	33	19
Баланс (+,-) за рік, кг/га	181	124	51

Стосовно балансу калію, то залежно від структури сівозмін і ресурсного навантаження системи він становив 51 кг/га в рік за моделі органічної системи землеробства. Промислова і екологічна система забезпечували позитивний його баланс на рівні 124-181 кг/га і рік.

3.3. Колообіг біомаси і елементів живлення у посівах окремих культур і сівозмін.

Кількість органічних речовин і поживних елементів, що циркулюють у природних процесах, в польових культурах і їх віддача до ґрунту, є важливим фактором для розвитку процесу ґрунтоутворення і формування родючості ґрунту. Для створення науково обґрунтованих стратегій збільшення біопродуктивності ґрунту, важливо визначити параметри біологічного обігу

органічних речовин і поживних елементів у різних видів польових культур. Це можна здійснити шляхом аналізу кількості органічних речовин і поживних елементів, які видаляються з поля після збору урожаю, а також тих, що повертаються в ґрунт після розкладання решток рослин і коренів.

Важливо враховувати, що в системах сівозмін, де різні види культур чергуються на полях, біомаса культур, включаючи залишки рослин, і загальна кількість поживних речовин, які повертаються в ґрунт, залежать не лише від врожаю, але також від структури сівозмін і обраного набору культур. Це підтверджується порівняльним аналізом виходу біомаси різних видів культур у системах сівозмін, які мають різні структури і набори культур, порівняно з моделями землеробства (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Біологічний колообіг біомаси сільськогосподарських культур у сівозміні

Система землеробства	Біомаса культур (суха речовина)						
	Всього, т/га	у тому числі					
		відчувається з поля		надходить до ґрунту			
		т/га	%	з побічною продукцією		з коренями	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Соя–пшениця озима– соняшник–пшениця яра–кукурудза на зерно							
Промислова	68,5	22,76	33,2	29,26	42,7	16,48	24,1
Екологічна	72,4	23,97	33,1	30,97	42,8	17,41	24,1
Органічна	44,8	14,55	32,5	19,35	43,2	10,9	24,3

Загалом кількість біомаси в різних сівозмінах залежно від моделі системи землеробства варіює: від 44,8 до 47,1 т/га за органічної моделі до 72,4–73,5 т/га за моделі екологічного землеробства. З цієї маси відчувається з поля від 32 до 35 % за органічної системи, 33–37% за екологічної і промислової систем землеробства, а решта повертається в ґрунт з рослинними рештками. Проте, кожна сівозміна має свої особливості щодо кількісних показників колообігу у межах моделі систем землеробства.

Кількість основних елементів живлення, яку польові культури включають у біологічний колообіг, в певному розумінні відображає їх біологічні потреби у

цих елементах. З використанням інформації про масу сухої речовини рослин та її хімічного складу, були розраховані параметри біологічного колообігу елементів живлення рослинами у досліджуваній сівозміні (табл. 3.7).

З таблиці 3.5 видно, що у сівозмінах з використанням різних систем землеробства (промислової, екологічної і органічної) сумарна кількість елементів живлення (NPK) в біомасі, яка входить у біологічний колообіг, коливається в таких межах: для органічної системи землеробства 1319 кг/га, для промислової системи землеробства 2101 кг/га і для екологічної системи землеробства 2211 кг/га.

Таблиця 3.7.

Біологічний колообіг основних елементів живлення у системі сівозмін за ротацію на чорноземі типовому

Система землеробства	Сума елементів живлення, кг	у тому числі			відчувається з урожаєм		повертається в ґрунт з рослинними рештками				
		N	P	K	всього, кг/га	%	всього		у тому числі, кг		
							кг	%	N	P	K
Уміст основних елементів живлення в біомасі											
Соя–пшениця озима– соняшник–пшениця яра–кукурудза на зерно											
Промислова	2101	1125	320	656	1011	48	1090	52	483	119	488
Екологічна	2211	1190	334	687	1060	48	1151	52	510	125	516
Органічна	1319	704	203	412	613	47	704	53	311	74	318

Узагальнюючи, з цієї загальної кількості біогенних елементів, від 613 до 1060 кг (47–48 %) виноситься з поля разом із збором надземної маси, і від 52 до 53 % залишається в ґрунті у вигляді рослинних залишків. Важливо відзначити, що загальна кількість NPK у рослинних рештках значно змінюється, як за абсолютним показником, так і у порівнянні із сумарним вмістом цих елементів у біомасі.

Отже, необхідно враховувати потреби рослин у елементах живлення не лише за їх вивозом з полів, як це зазвичай рекомендується, але й за їхнім вмістом у всій рослині. Це важливо, оскільки для утворення корневих решток, які залишаються в ґрунті у кількості від 15,4 % до 18,2 % від усієї біомаси, також

потрібні елементи живлення, які потім використовуються наступними культурами у системі сівозмін. Оцінка сівозмін повинна проводитися не лише з урахуванням виходу продукції, але й з урахуванням кількості та якості рослинних решток, які надходять в ґрунт впродовж ротаційного періоду, як джерело для компенсації втрат гумусу. Тому, для збільшення виробництва органічної маси рослинних залишків у системі сівозмін, крім внесення добрив, необхідно широко застосовувати посіви багаторічних трав.

3.4. Урожайність культур та продуктивність сівозміни

Врожайність польових культур є результатом численних факторів, включаючи стійкість агрофітоценозів, ефективність використання органічних речовин та поживних речовин, обробітку ґрунту та догляд за посівами. Загалом, це включає всі аспекти сільського господарства. Система сільського господарства має бути спрямована на вирощування сільськогосподарської продукції в заданому обсязі та якості, при цьому забезпечуючи екологічну стабільність агроландшафтів. Для досягнення цієї мети використовуються системи землеробства, які включають в себе екологічні підходи та адаптивні технології вирощування сільськогосподарських культур.

Проведені дослідження показали, що врожайність польових культур в сівозмінах залежить від системи землеробства та обробітку ґрунту. Різні культури реагують по-різному на вплив різних систем землеробства. Аналізуючи врожайність пшениці озимої в залежності від досліджуваних факторів, можна відзначити, що найвищу врожайність отримано при вирощуванні пшениці після гороху (6,16 т/га) в рамках екологічної системи землеробства, що було на 9,61% вищою, ніж контрольна (промислова) система (табл. 3.8).

У моделі органічного землеробства спостерігається значне зниження врожайності культури на 46,6 % порівняно з контрольною системою

землеробства (промисловою), де врожайність пшениці складала 5,62 тонн на гектар.

Таблиця 3.8

Урожайність культур залежно від досліджуваних чинників

Система землеробства, фактор А		Соя		Пшениця озима		Соняшник		Пшениця яра		Кукурудза на зерно	
		Урожайність, т/га	Ефекти факторів, ±, %, до контролю	Урожайність, т/га	Ефекти факторів, ±, %, до контролю	Урожайність, т/га	Ефекти факторів, ±, %, до контролю	Урожайність, т/га	Ефекти факторів, ±, %, до контролю	Урожайність, т/га	Ефекти факторів, ±, %, до контролю
Промислова (контроль)		3,13	0,00	5,62	0,00	3,76	0,00	5,70	0,00	7,97	0,00
Екологічна		3,13	0,05	6,16	9,61	4,00	6,47	5,75	0,91	8,53	6,99
Органічна		1,33	-57,59	4,53	-19,31	2,54	-32,39	2,94	-48,38	5,41	-32,07
Система обробки ґрунту, фактор В	Полицева (контроль)	2,80	0,00	5,32	0,00	3,57	0,00	5,01	0,00	7,39	0,00
	Безполицева різноглибинна	2,55	-9,09	5,58	4,91	3,85	7,86	4,79	-4,38	7,91	7,10
	Диференційована	2,93	4,54	5,86	10,13	3,67	2,69	5,11	1,95	7,48	1,20
	Безполицева мілка	1,84	-34,35	4,91	-7,74	2,64	-26,18	4,30	-14,18	6,43	-13,05
НІР _{07А} НІР _{05В}		0,15	1,35	0,25	1,23	0,13	0,62	0,12	0,23	0,32	1,23

Ресурсна наповненість моделі органічного землеробства значно знижувала врожайність культур від 27,5 до 48,4 % порівняно з промисловою (контрольною) системою землеробства.

Найвищу врожайність кукурудзи серед досліджуваних моделей систем землеробства найвищу врожайність забезпечила екологічна система, де рівень врожайності був на 7,0–7,7 % вищий порівняно з промисловою системою. Однак в органічній системі спостерігалось значне зниження (на 30,0–32,0 %) порівняно з промисловою (контрольною) системою землеробства.

Встановлене істотне зниження продуктивності технічних олійних культур, таких як соняшник, в моделі органічного землеробства. У порівнянні з

контрольною (промисловою) системою землеробства, врожайність соняшнику зменшилася на 32,3 %. Слід відзначити, що врожайність сої, зменшилася на 57,6 % за органічної системи в порівнянні з контрольною моделлю (промисловою системою землеробства).

Оцінка ефективності сівозмін – це складний процес, який враховує різні показники. Для порівняння продуктивності сівозмін враховують виробництво зерна та насіння культур, виходу зернових, кормових одиниць та перетравного протеїну. Існують різні методи оцінки ефективності сівозмін. Наприклад, можна використовувати зернові коефіцієнти, які визначаються як відношення середньої урожайності зерна пшениці озимої протягом декількох років до середньої урожайності інших культур за той же період. Можлива оцінка і в грошовому виразі. У світовій практиці відомий спосіб оцінки продуктивності сівозмін, який базується на перерахунку результатів у зернові еквіваленти.

Дослідна 5–пільна сівозміна складалася з 60 % зернових та 40 % технічних культур, з різним рівнем ресурсного навантаження. Сівозміна забезпечила врожайність зернових на рівні 6,45 тонн на гектар, збір з 1 гектара сівозмінної площі становив 5,16 тонн зерна, включаючи 1,68 тонн продовольчого та 3,36 тонн фуражного зерна (табл. 3.9).

Таблиця 3.9
Продуктивність культур сівозмін

Система землеробства,	Показник продуктивності	Соя–пшениця озима–соняшник–пшениця яра–кукурудза на зерно збір з 1 га сівозмінної площі, т	
Промислова (контроль)	Зернові одиниці		7,44
	Кормові одиниці		8,21
	Перетравний протеїн		0,77
Екологічна	Зернові одиниці		7,86
	Кормові одиниці		8,67
	Перетравний протеїн		0,81
Органічна	Зернові одиниці		4,69
	Кормові одиниці		5,27
	Перетравний протеїн		0,47

Збір кормових одиниць з 1 гектара сільськогосподарської ділянки склав 8,67 тони, зернових одиниць – 7,86 тонн, і перетравного протеїну – 0,81 тони.

Аналізуючи загальну продуктивність сівозміни, важливо відзначити помітне зниження продуктивності на 36 % до рівня 5,27 тонн кормових одиниць за системи органічного землеробства.

3.6. Економічна ефективність систем землеробства

Однією з ключових характеристик ефективного виробництва, яка визначає його успішність, є економічна ефективність. Цей аспект найбільш повно відображається наступними показниками: врожайність, вартість валової продукції, витрати, чистий прибуток і рентабельність. Розрахунки були здійснені з урахуванням стандартних витрат на виробництво, відповідно до технологічних карт вирощування.

Важливо зазначити, що в загальному технологічному процесі аграрного виробництва, головною частиною витрат на паливо і коштів є основний обробіток ґрунту, який становить біля 70 % від загальних витрат на ці цільові ресурси протягом всього вегетаційного періоду культури. Це підтверджує той факт, що оброблення ґрунту є однією з тих складових частин технології вирощування культур, де існує можливість оптимізувати витрати енергоресурсів.

У таблиці 3.10 подані результати розрахунків основних економічних показників вирощування різних культур у системах землеробства в залежності від їхнього ресурсного навантаження.

За результатами досліджень, проведених у поточному році, було встановлено, що серед різних систем землеробства найбільш вигідною з точки зору прибутковості виявилася екологічна система землеробства, яка забезпечила рентабельність на рівні 73,7–88,8 %. Це значно перевищує результати контрольної моделі, яка базується на промисловій системі землеробства, на 9,8–26 %. Вища рентабельність екологічної системи пояснюється тим, що витрати на

вирощування культур в цій системі були в середньому на 12,8% нижчі, за більш високих урожаїв порівняно з моделлю промислової системи землеробства.

Таблиця 3.10

Економічна ефективність сівозміни залежно від ресурсного наповнення

Системи землеробства	Системи основного обробітку ґрунту	Соя		Пшениця озима		Соняшник		Пшениця яра		Кукурудза на зерно	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Промислова	Полицева (к)	12,5	44,8	7,8	26,7	18,7	77,2	13,2	48,5	15,9	64,9
	Безполицева різноглибинна	9,4	39,1	8,4	29,1	23	104,1	13	50,9	21,3	90,7
	Диференційована	18,4	79,6	12,6	45,2	20,5	83,9	14,5	58,1	17,8	77,3
	Безполицева мілка	3,1	14,9	5,1	16,1	6,5	40,6	10,9	44,6	13,9	71,2
Екологічна	Полицева (к)	15,5	62,5	13,3	50,4	25	108,4	15,1	62,8	20	84,7
	Безполицева різноглибинна	14	63,3	15,4	58,9	29,3	138,8	14	60,5	27	122,5
	Диференційована	17,9	81,4	14,8	56,4	25,9	112,2	17	75,1	22,1	101,9
	Безполицева мілка	-0,6	-1	9	33,1	8,1	52,4	12	55,8	18,7	95,5
Органічна	Полицева (к)	-9	-42,7	1,8	5,5	-1,9	1,4	0,2	-6,7	3,1	20,5
	Безполицева різноглибинна	-10,6	-51,4	5,6	21,7	7,7	45,6	0,9	-1	6	38,1
	Диференційована	-7,8	-36,2	6,3	24,5	-0,2	7,9	2,5	9	6	38,2
	Безполицева мілка	-14,6	-74	0,7	0,5	-7,7	-18,2	-0,4	-8	-1,9	3,7

Примітка: I – умовно чистий прибуток, II – рентабельність.

З іншого боку, рентабельність органічної системи землеробства в середньому за цей період становила від -19,2 до 10,6 %, що суттєво нижче на (-60,14 %) в порівнянні з контрольною моделлю. Дане явище пояснюється тим, що за органічної системи відбувається істотне зниження урожайності, навіть на фоні 38 % зменшення затрат на вирощування культур.

ВИСНОВКИ

В умовах Лісостепу правобережного на чорноземі типовому проведено аналіз моделей систем землеробства на зміну параметрів родючості ґрунту та продуктивності сільськогосподарських культур.

1. Режим вологості ґрунту у досліджуваній сівозміні залежить від їхнього складу та співвідношення культур, а також від рівня атмосферного зволоження. Найвищі сумарні витрати води впродовж вегетаційного періоду були зафіксовані під час вирощування кукурудзи на зерно (від 362,0 до 367,2 мм), сої (від 310 до 321,3 мм), соняшнику (від 300 до 302,8 мм) і пшениці ярої (від 212,0 до 222,9 мм). Витрати води на формування одиниці врожаю сухої речовини відрізнялися в залежності від моделей системи землеробства: для сої від 550 до 1333 м³/т, соняшнику від 328 до 520 м³/т, пшениці ярої від 237 до 479 м³/т, пшениці озимої від 120 до 229 м³/т, кукурудзи на зерно від 78 до 314 м³/т.

2. Балансові розрахунки поживних речовин у досліджуваній сівозміні в системі «рослина-добриво» свідчать про те, що досліджувані моделі систем землеробства забезпечили відшкодування витрат елементів живлення з ґрунту.

Найбільший дефіцит фосфору в системі рослина-добриво відмічено за моделі органічної системи землеробства (-3 кг/га за рік). У решті моделей надходження фосфору з добривами переважало винос з урожаєм, що в кінцевому підсумку забезпечило його позитивний баланс (від +40 до +91 кг/га за рік). Баланс калію залежно від ресурсного навантаження системи землеробства становив 51 кг/га в рік за моделі органічної системи землеробства, промислова і екологічна система забезпечували позитивний його баланс на рівні 124-181 кг/га і рік.

3. Найвищу врожайність досліджуваних культур отримано за використання екологічної системи землеробства для досліджуваних, яка перевищувала врожайність, на контрольній моделі (промислова система землеробства), від 3% до 10%. Слід зазначити, що вирощування сої (-57,6%), пшениці ярої (-48,0%), кукурудзи на зерно (-32,0%), соняшнику (-32,4%), за

органічної системи землеробства призвело до значного зниження врожайності у порівнянні з контрольною моделлю (промисловою системою землеробства).

4. На чорноземах типових продуктивність досліджуваної сівозміни становила: врожайність зернових 6,45 тонн на гектар, збір з 1 гектара 5,16 тонн зерна, зокрема 1,54 тонн продовольчого і 3,48 тонн фуражного, а також 8,67 тонн кормових і 7,86 тонн зернових одиниць та 0,81 тонн перетравного протеїну. Оцінюючи загальну продуктивність сівозміни, варто відзначити, що за органічної системи землеробства спостерігалось суттєве зниження на 36 % збору зернових одиниць.

5. Аналіз основних економічних показників вирощування культур засвідчив, що систем землеробства найбільш рентабельною виявилась екологічна система землеробства – 73,8 %, що на 18,4 % вище за контроль (модель промислової системи землеробства). Це пояснюється тим, що за цієї моделі витрати на вирощування культур сівозміни зменшено в середньому на 11,2 % на фоні урожайності вищої за модель промислової системи землеробства. Рентабельність за моделі органічної системи землеробства у середньому по сівозміні становила 30-41 %, що істотно (-52,0 %) нижче до контролю. Дане явище пояснюється тим, що за органічної системи відбувається істотне зниження урожайності, на вігь на фоні 31 % зменшення затрат на вирощування культур

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

НУБІП України

Для підвищення виробництва зернових та технічних культур за збереження та покращення родючості ґрунту в господарствах, що розташовані у Правобережному Лісостепу України, пропонується впроваджувати п'ятипільну

НУБІП України

сівозміну: соя-пшениця озима-соняшник-пшениця яра-кукурудза на зерно за екологічної системи землеробства внесення на на 1 га сівозмінної площі 24 т органічних добрив $N_{46}P_{50}K_{54}$ яка забезпечує урожайність зернових на рівні 6,45 тонн на гектар, збір з 1 гектара сівозмінної площі кормових одиниць - 8,67 тонни,

зернових одиниць - 7,86 тонн, і перетравного протеїну - 0,81 тонни

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boyko P., Litvinov D., Demidenko O., Blashchuk M., Rasevich V. (2019) Prediction humus level of black soils of forest–steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* Vol. 9 (1): 155–162 DOI: 10.31407/ijeess9118 (ISSN: 2224–4980)
2. D. V. Litvinov, A. O. Butenko, V. I. Onychko, T. O. Onychko, L. V. Malynka, I.M. Masyk, L.M. Bondarieva, O. L. Ihnatieva (2019) Parameters of biological circulation of phytomass and nutritional elements in crop rotations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 92–98. (Web of Science (Emerging Sources Citation Index)). https://doi.org/10.15421/2019_714.
3. De Candolle. *Pflanzenphysiologie*, 1883/
4. Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie 1840 p.
5. Dmytro Litvinov, Olena Litvinova, Natalia Borys, Andrii Butenko, Ihor Masyk, Viktor Onychko, Lidiia Khomenko, Nataliia Terokhina, Serhii Kharchenko (2020) The typicality of hydrothermal conditions of the forest steppe and their influence on the productivity of crops. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management* Vol. 76. No.3. pp. 84–95. <https://doi.org/10.5755/j01.arem.76.3.25365>
6. Girasob// *Agricultura* 1991. 60 № 711. S.864–865.
7. Litvinova, O., Tonkha, O., Havryliuk, O., Litvinov, D., Symochko, L., Dehodiuk, S., Zhyla, R. (2023). Fertilizers and Pesticides Impact on Surface–Active Substances Accumulation in the Dark Gray Podzolic Soils. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 119–127. <https://doi.org/10.12911/22998993/163480>
8. Olena Litvinova, Dmytro Litvinov, Stanislav Degodyuk, Svitlana Romanova, Volodymyr Rasevich (2020). Effect of fertilizers systems on accumulation of heavy metals in gray forest soil. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)* Vol.10 (4): 603–608. <https://doi.org/10.31407/ijeess10.404>
9. Olena Litvinova, Dmytro Litvinov, Svitlana Romanova, Svitlana Kovalyova (2019) Soil biological activity under the human–induced impact in the farmed ecosystem.

International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES) Vol. 9 (3): 529–536.

<https://doi.org/10.31407/ijeec9316>.

10. Tsyuk O., Tkachenko M., Butenko A., Mishchenko V., Kondratiuk I., Litvinov D., Tsiuk Y., Sleptsov Y. (2022) Changes in the nitrogen compound transformation processes of typical chernozem depending on the tillage systems and fertilizers.

AgrarTeadis, 1, 192–198. DOI: <https://doi.org/10.15159/ias.22.23>

11. Whitney M/ and Cameron. U.S D.F. Bureau of Soils, Bul. 22, 1903

12. Агробіологічні основи короткочасних сівозмін Лісостепу [Монографія]/

В.Ф. Камінський, Д.В. Літвінов, Л.І. Шиліна – Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2019. –

228 с. ISBN

13. Бойко П. І., Літвінов Д. В., Демиденко О. В., Блещук М. І. Стан гумусованості чорноземів у системах землеробства Лісостепу. Збірник наук. праць ІНЦ

«Інститут землеробства НААН». – К.: ВП «Едельвейс», 2018. – Вип. 2. – С. 3–27.

14. Бойко П. І., Літвінов Д. В., Цимбал Я. С., Кудря С. О. Принципи розроблення

систем різноротаційних сівозмін в Україні. Збірник наук. праць ІНЦ «Інститут землеробства НААН». К.: ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 1. С. 3–14

15. Бойко П.І. Наукові і технологічні основи вирощування кукурудзи в сівозмінах

Лісостепу України. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора с.-г. наук К. «Нора-прінт». 1997. 56с.

16. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Алелопатична активність і екологічний стан ґрунту та посівів у сівозмінах. Алелопатія та сучасна біологія. К. Фітосоціоцентр.

2006. С.34–39.

17. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Науково-інноваційні аспекти сівозмін в Україні.

Вісник аграрної науки. 2006. №5. С.24–28.

18. Бойко П.І., Коваленко Н.П., Дишлевий В.А., Шаповал І.С. Вплив попередників, способів основного обробітку ґрунту та добрив на забур'яненість посівів озимої

пшениці. Комплексні дослідження рослин-експрелентів і системи захисту орних

земель в Україні від бур'янів. К. «Колодоби» 2006. С.153–157

19. Бойко П.І., Н.П. Коваленко. Алелопатична активність і екологічний стан ґрунту та посівів у сівозмінах. Алелопатія та сучасна біологія. К.: Фітосоціоцентр, 2006. С.34–39.

20. Булигін С.Ю., Дегтярьов В.В., Крохін С.В. Гумусний стан чорноземів України. Вісник аграрної науки. 2007. №2. С.13–16.

21. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. /В.Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1939. 447 с.

22. Господаренко Г.М., Трус О.М. Вплив тривалого застосування добрив на показники родючості чорнозему опідзоленого та продуктивність польової сівозміни. Вісник Подтавської аграрної академії, 2011. №1. С.17–21.

23. Грідзинський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ: Наукова думка, 1973. 205 с.

24. Демиденко О. В., Бойко П. І., Літвінов Д. В., Кривда Ю. І. Регулювання використання органічних ресурсів АПК Черкащини для відтворення родючості та виробництва біопалива. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.:ВП «Едельвейс». 2017. Вип. 1. С.54–61.

25. Демиденко О. В., Шаповал І.С., Бойко П. І., Літвінов Д. В. Структура сівозмін і родючість чорноземів зони Лісостепу. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.:ВП «Едельвейс», 2016. Вип. 2(9). С.12–16.

26. Демиденко О. В., Шаповал І.С., Бойко П.І., Літвінов Д.В. Кругообіг органічного вуглецю в агроценозах різноротаційних сівозмін Лівобережного Лісостепу. Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». К.: ВП «Едельвейс», 2017. Вип. 2. С.3–20.

27. Жеребко В.М., Жеребко Ю.В., Рябчун П.О., Коноплянський О.П. Захист посівів озимої пшениці від бур'янів. Забур'яненість посівів та засоби і метод її зниження. Матеріали конференції. К.: Українське наукове товариство гербологів, 2002. С.56–60.

28. Захарченко І.Т., Медвідь Г.К., Пироженко Р.С., Шиліна Д.І. Родючість ґрунту у сівозмінах. Землеробство. 1974. № 35. С. 11–20.

29. Комов И. М. О земледелии. М., 1789. 112 с.

30. Лещенко А. К. Культура сої на Україні. К.: Видавництво УАСГН, 1962. 328 с.

31. Либих Ю. Основы земледелия. С. Пб.: Изд-во Вольного зконом. об-ва, 1853. 123 с.

32. Літвінов Д. В., Бойко П. І., Цимбал Я. С. та ін. Продуктивність різноротаційних сівозмін на чорноземі типовому в лівобережному Лісостепу. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.: ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 1 (94). С.3–8.

33. Літвінов Д. В., Борис Н. Є.. Зміна органічної речовини та біогенних елементів під культурами у сівозмінах. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.: ВП «Едельвейс», 2018. Вип. 2 (95). С.14–19.

34. Літвінов Д. В. Динаміка вмісту обмінного калію в чорноземі типовому в короткоротаційних сівозмінах. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». К.: ВП «Едельвейс». 2017. Вип. 2. С.14–18.

35. Літвінов Д. В., Квасніцька Л. С. Короткоротаційні сівозміни за біологізації землеробства. 36. Посібник Українського хлібороба/ Біологізація землеробства. 2017, Том 1, ТОВ «СІГМАТРЕЙД». – С. 93–95.

36. Методика біоенергетичної оцінки технології вирощування продукції тваринництва і кормів / М. Ф. Кулик, А. О. Бабич, В. М. Семенчук, В. М. Смаліус та ін. / Вінниця, 1997. 54 с.

37. Мокрієнко В. А. Мінеральне живлення кукурудзи. Хімія. Агронія. Сервіс. 2008. № 13–14 (257–258) С. 6–7.

38. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні. Агроніст. 2009. №3 (серпень). – С.79–82.

39. Примак І. Д., Вергунов В. А., Рошко В. Г. та ін. Системи землеробства: історія їх розвитку і наукові основи. Біла Церква, 2004. 528 с.

40. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України К.: Аграрна наука, 2002. 146 с.

41. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В. Урожайність і якість насіння сої залежно від обробітку та попередників у правобережному Лісостепу України.

Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2019. Ч. 1. С. 217–225. DOI: [10.31395/2415-8240-2019-95-1-217-225](https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-217-225)

42. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В.. Водний режим ґрунту за вирощування сої у Правобережному Лісостепу України. Зрошуване землеробство. 2019. № 72. С. 52–56.

43. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В.. Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. Науковий журнал «Рослинництво і ґрунтознавство. 2019. Т. 10. № 2. С. 41–49 DOI: [10.31548/agr2019.01.041](https://doi.org/10.31548/agr2019.01.041)

44. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В.. Вплив різних способів обробітку ґрунту на структурно агрегатний склад чорнозему типового у Правобережному Лісостепу України. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. № 3 (79). Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.013>.

45. Советов А. В. О разведении кормовых трав на полях С. Пб.: Изд-во Вольного закона, об-ва, 1879. – Изд. 4-е. – С. 37–58.

46. Танчик С. П., Літвінов Д. В., Сінченко В. В. (2020) Баланс елементів живлення за вирощування сої у Правобережному Лісостепу України. Науковий журнал «Рослинництво і ґрунтознавство. Т. 11. № 2. С. 5–12 doi: [10.31548/agr2020.02.005](https://doi.org/10.31548/agr2020.02.005).

47. Танчик С. П., Примак І. Д., Літвінов Д. В., Центило Л. В. (2019) Сівозміни: підручник. Київ: Нубіп України. 364 с.

48. Тэер А. Основания рационального сельского хозяйства. О-во естествоиспытателей, 1830. 216 с.

49. Швей Я. П., Шиманська Н. К. Гумусовий стан чорнозему в процесі довготривалого застосування добрив. Агроекологічний журнал. 2002. № 3. С. 73–75.

50. Шкурко В. С. Вплив погодних умов, попередників і добрив на врожайність сортів ячменю пивоварного. Вісник Полтавської аграрної академії. 2012. № 3. С. 167–170.