МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту
«____» _____ 2023 р.
Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент
_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ЗМІНА АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Виконав – студент ІІ курсу, групи 21м-а
спеціальності 201 Агрономія
ДЗЕРО Іван Юрійович

Керівник – СТАСІНЄВИЧ Олександр,
к. с.-г. н., доцент

Умань – 2023

Зміст

Вступ…… 3
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)….. 5
1.1 Структурний стан і щільність грунту та їх роль у родючості грунту. 5
1.2 Вплив систем удобрення на структурний стан і щільність грунту…. 9
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…….. 16
2.1 Характеристика грунту…… 17
2.2 Характеристика добрив……... 17
2.3 Ботанічна і біологічна характеристика культур…… 19
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ……... 21
3.1 Кліматичні та погодні умови…….. 21
3.2 Методика досліджень……. 23
3.3 Агротехніка вирощування польових культур…….. 24
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТУ І ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)…….. 26
4.1 Структурний стан грунту залежно від систем удобрення…….. 26
4.2 Щільність грунту залежно від системи удобрення в сівозміні…….. 35
4.3 Урожайність сільськогосподарських культур залежно від систем удобрення в польовій сівозміні……. 38
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОРИВ…….. 41
5.1 Економічна ефективність систем удобрення сільськогосподарських культур…… 41
5.2 Енергетична ефективність систем удобрення у ланці польової сівозміни ……. 44
РОЗДІЛ 6. АНАЛІЗ УМОВ І ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ НЕБЕЗПЕК ПІД ЧАС ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ…….. 47
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГРУНТУ…….. 52
Висновки……. 55
Рекомендації виробництву…… 57
Список використаних джерел……... 58
Додатки…… 63

ВСТУП

Серед різних типів деградації провідне місце займає фізична, яка має переважно антропогенний характер і зумовлена погіршенням агрофізичних властивостей грунту, зокрема руйнуванням агрономічної структури та переущільненням. В останні десятиріччя відчутно активізуються деградаційні процеси у наших грунтах, які завдають соціуму великих економічних та моральних збитків, порушують біогеоценотичні зв'язки в ландшафтній сфері, призводять в решті решт до знищення грунту.

Аналіз сучасного стану ґрунтів показує, що їхня деградація набуває глобальності, а її чинники та форми більшої динамічності й поширення в просторі. Серед чинників, що викликають фізико-хімічну, хімічну, фізичну та біологічну деградацію ґрунтів є такі, дія яких начебто і не призводить до руйнування генетичного профілю, але всередині його відбувається така трансформація, яка спричиняє втрату родючості і веде до зниження продуктивності орних земель.

Структурний стан, а також пов'язана з ним щільність грунту в значній мірі залежить від системи удобрення сільськогосподарських культур у сівозміні. В літературі є багато експериментальних матеріалів про вплив добрив на структуру різних грунтів, проте, структурний стан та щільність складення чорнозему опідзоленого залежно від тривалого застосування мінеральної, органічної та органо-мінеральної системи з різними нормами добрив у польовій сівозміні потребують додаткового вивчення.

Актуальність наших досліджень у тому, що знання трансформації агрофізичних властивостей грунту під впливом різних систем удобрення у сівозміні, відкриває нові можливості удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур, відновлення і збереження родючості грунту.

Наші дослідження проведено за тематикою наукової роботи кафедри агрохімії і ґрунтознавства.

Задачею наших досліджень було з'ясувати як впливають на структурний стан і щільність чорнозему опідзоленого за різних норм мінеральних,

органічних добрив та їх поєднання як на початку, так і в кінці вегетації польових культур, а також на врожайність та економічну і енергетичну ефективність вирощування гороху, пшениці озимої і кукурудзи на силос. В роботі приводяться результати польових спостережень і лабораторних аналізів за чинними методами за 2022-2023 роки.

Матеріали опубліковані у збірнику всеукраїнської науково-практичної конференції «*Актуальні питання агротехнологій*» присвяченій 100-річчю професора І.М. Карасюка, 2023 р.

РОЗДІЛ 1.
ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Структурний стан і щільність ґрунту та їх роль у родючості ґрунту.

Серед багатьох чинників, що визначають родючість ґрунту, важлива роль належить його агрофізичним показникам, зокрема структурного стану та щільності складення. Структура ґрунту відіграє важливу функціональну, діагностичну і екологічну роль як одну з найважливіших і найвразливіших ознак.

На виняткову роль структури в родючості ґрунту вказували корифеї наукового ґрунтознавства [1-4].

Ґрунтознавці [5] підкреслюють: «Максимального виразу елементи родючості – вода, пожива досягають тільки в добре структурному ґрунті. Структурний ґрунт – це той культурний фон землеробства, на який накладаються всі інші агротехнічні заходи рослинництва: обробіток, удобрення, полив, сортове насіння і т.д.»

Як відзначають вчені [6], структура відповідає за збереження самого ґрунтового тіла при дії на нього природних та антропогенних факторів, створення умов для внутрішніх ґуртових процесів, забезпечує його живу фазу водою, повітрям, регулює атмосферний та поживний режими.

Цікаві дослідження впливу розмірів ґрунтових агрегатів на фізичні властивості ґрунту і врожай польових культур [3]. Він встановив, що найбільша капілярна пористість і найвища швидкість капілярного підняття вологи в агрегатах розміром менше 0,5 мм. В структурних окремостях понад 3 мм ця властивість практично зникає.

Відомі ґрунтознавці [6] в лабораторних і польових дослідах помітили, що найсприятливіший водний режим для рослин складається в ґрунтах з

переважаючими структурними агрегатами 2–3 мм, де найнижчий транспіраційний коефіцієнт і створюються умови для формування найвищого врожаю польових культур.

Вчені ґрунтознавці [7] встановили, що випаровування вологи з ґрунту залежить і від розмірів агрегатів, які покривають його поверхню. Найменше випаровується вологи при агрегатах 2-3 мм. Зменшення, як і збільшення поверхневих агрегатів підвищує втрати вологи через випаровування. Від розміру структурних агрегатів покривного шару залежить і фільтраційна здатність ґрунту. Так, агрегати розміром 1–2 мм через площу 1 $см^2$ і тискові 20 мм водяного стовпа пропускають за 1 хв. 162 $см^3$ води, з добавкою до цих агрегатів 3,6 % пилу – 96 $см^3$, при 9,2 % пилу – 60 $см^3$, з добавкою 21 % пилу - 16,6 $см^3$, а якщо пилувата фракція складає 50,7 % – 0,6 $см^3$. Сама ж пилувата фракція за цей час пропустить через себе лише 0,084 $см^3$ води.

Вегетативними і польовими дослідами, проведеними в Національному науковому центрі «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського» [7–9] встановлено що для зернових культур, особливо на початку вегетації, найсприятливіші умови складаються при дрібногрудочкуватій структурі, де агрегати від 20 до 5 мм становлять 75–80 %, 5–0,25 мм – 20 % і дрібніших 0,25 мм не більше 5 %.

В період формування зерна, коли ґрунт дещо ущільнився, кращі умови створюються при збільшенні вмісту фракції 5–2 мм [7, 8]

На властивості ґрунту впливають і мікроагрегати. За твердженням учених [5] структурні агрегати розміром менше 0,25 мм лише погіршують агрономічні властивості ґрунту. Дійсно, глинисті ґрунти щільні, в них складається несприятливий водно-повітряний режим, переважають анаеробні процеси, а обробіток таких ґрунтів потребує додаткових енергетичних затрат. На їх поверхні після опадів чи поливу утворюється щільна кірка, яка утруднює появу дружних сходів та посилює випаровування вологи.

Мікроагрегати формуються через залучення до структуроутворення гранулометричних елементів. Учені ґрунтознавці [9] показали, що найбільшу

здатність до агрегування мають мулисті часточки, а зі збільшенням розмірів елементарних часточок ґрунту до дрібного, середнього і крупного пилу участь у цьому процесі знижується. Найактивніше залучаються в агрегати мулисті часточки ґрунту (< 0,001 мм) – від 75 до 98 %, дрібний пил (0,005 мм) – від 55 до 59 %. Зі збільшенням ґрунтових часточок до розмірів середнього пилу (< 0,01 мм) здатність до агрегації знижується, агрегація крупного пилу (< 0,05 мм) не перевищує 30 %. Від цієї фракції залежать ємність вбирного комплексу та фізико-хімічні властивості ґрунту [10].

Структурний стан ґрунту, котрий визначає об'ємну масу і пористість, значною мірою впливає й на його водні властивості – вологоємність, водопроникність [9–12]. Від параметрів водопроникності залежить фільтрація атмосферних опадів крізь товщу ґрунту. Так, при низькій водопроникності, особливо на схилових землях, формується сильний поверхневий стік і посилюються процеси водної ерозії. Тому підвищення фільтраційної здатності грунту має виключно важливе значення [8, 13].

Виняткова роль структурних окремостей та водостійких агрегатів розміром 1 – 5 та 0,5 – 3 мм полягає також у забезпеченні рослин поживними речовинами та формуванні життєвих ресурсів для ґрунтової біоти. Так, за даними досліджень [13] проведених на чорноземі типовому, у забезпеченні оптимального азотного живлення визначальну роль відіграють агрегати розміром 2 – 5 мм. При зменшенні розміру агрегатів вміст амонійної форми азоту в них знижується в 1,3 – 1,4 рази, порівняно з його вмістом в агрегатах розміром 2 – 3 та < 0,25 мм. Також встановлено, що рослинами буряка цукрового рухомі форми фосфору та обмінного калію найбільш інтенсивно використовуються з агрегатів розміром 1–5 мм.

Ряд авторів [14–17] відзначають, що від структурного стану, водостійкості ґрунтових агрегатів залежить водний режим та протиерозійна стійкість грунту.

Зміни водно-повітряного режиму ґрунту, особливо при його ущільненні, негативно впливають на біологічну активність.

Як відзначають науковці [20, 21] висока активність мікробіологічних процесів у грунті зумовлюється наявністю достатньої кількості органічної речовини, елементів живлення, оптимальними параметрами щільності складення, достатньою зволоженістю та сприятливим газовим режимом. При зниженні пористості в орному шарі чорнозему глибокого від 58 до 42-43 % вміст повітря зменшився від 28 до 9%, а концентрація вуглекислого газу зросла від 0,5 до 1,4 % [15].

Інші грунтознавці [22] звертають увагу й на те, що від гранулометричного складу, щільності, вмісту вологи та термічних характеристик змінюється забур'яненість поверхні грунту та акумуляція тепла сонячної радіації.

Серед основних фізичних показників родючості ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу найбільш важливими слід визнати щільність їх складення [9, 10]. Як відомо, щільність складення грунту визначає не тільки легкість проникнення кореневої системи у грунт, а й співвідношення між твердою фазою та об'ємом, що займає вода і повітря. На важливу роль щільності складення у формуванні родючості грунту через вплив на зміни водного [23]. Її параметрами визначається швидкість засвоєння опадів. При підвищенні щільності грунту, як зазначає автор, знижується його протиерозійна стійкість, а також надходження поживних речовин у рослину, зростання її негативно впливає і на розвиток кореневої системи рослин, що в сукупності обумовлює зменшення товщини кореневмісного шару. Щільність складення ґрунту в кінцевому результаті обумовлює всі основні фізичні властивості: водний, повітряний і тепловий режими та фізико-хімічні властивості і, як наслідок, його біологічну активність та поживний режим.

За даними науковців [30], підвищення щільності призводить до погіршення умов аерації, що в свою чергу значно впливає на проходження окисно-відновних процесів і, а тому, відбувається зниження окисно-відновного потенціалу (ОВП) грунту. Зниження ОВП до рівня 250 – 400 мВ

призводить до зростання інтенсивності процесів відновлення, в результаті чого утворюються закисні форми заліза і рухомі сполуки марганцю, які є токсичними для рослин.

1.2 Вплив систем удобрення на структурний стан і щільність грунту

Від багатьох факторів залежить агрофізичний стан ґрунтів в умовах інтенсивного сільськогосподарського використання. Їх вплив на властивості ґрунту, як відомо, проявляється по-різному. Позитивною дією відзначається застосування органічних добрив, кальцієвмісних меліорантів, мінімалізації обробітку ґрунту, травосіяння. До негативних факторів слід віднести надмірно інтенсивний механічний обробіток, ущільнюючу дію сільськогосподарської техніки і безконтрольне зрошення. За твердженням ряду вчених [3, 10, 16], інтенсивним впливом на грунт, зокрема, на його фізичні властивості, відзначаються добрива, вони суттєво можуть змінювати структурний стан, щільність складення, як в одну так і в іншу сторону.

Вченими [25–28] встановлено негативний вплив на фізичні показники родючості різних типів ґрунтів застосування мінеральних добрив, в дозі більше 100 кг/га д. р., і особливо, якщо в їхньому асортименті переважає азот та добрива з фізіологічно кислою реакцією. Інтенсивність змін, їх характер та направленість також залежать від періодичності та тривалості їх застосування.

Тривале внесення мінеральних добрив спричиняє розвиток негативних процесів, зокрема таких, як посилення елювіального виносу елементів, тонкодисперсних часточок [10, 16, 25], спричиняє диспергацію агрегатів і погіршення структури [10, 29], відмічено також зниження агрегативної стійкості колоїдів [9, 14, 30], збільшення питомої поверхні ґрунту, вмісту високодисперсного кварцу та потужності елювіального горизонту [3, 6, 7, 9]. Проте, на чорноземах такі явища, на думку цих учених, виражені в меншій мірі, ніж на дерново-підзолистих ґрунтах в умовах високої зволоженості.

Дослідженнями, проведеними на чорноземах типових, встановлено, що застосування мінеральної системи удобрення значною мірою впливало на показники структурно-агрегатного стану ґрунту та кількість і співвідношення крупних (більше 0,12 мм) і дрібних (менше 0,06 мм) пор [8, 19]. Так, тривале їх застосування призвело до руйнування структурних агрегатів, що проявлялося у зниженні їх водостійкості у порівнянні з контролем без добрив. Причому найбільшого впливу зазнавали шари ґрунту 10 – 20 та 20 – 30 см, в яких водостійкість структури знижується відповідно на 8,2 і 9,4 %. Щільність складення відносно контролю зростала в цих шарах відповідно на 5,0 і 3,3 %, а шпаруватість зменшилася відповідно на 6,9 і 6,5 % відносно поверхневого шару ґрунту, який у відношенні до контролю залишається майже незмінним. В підорному шарі ґрунту зміни шпаруватості відносно контролю виражені не досить чітко. Змін щільності складення в глибших шарах зафіксовано не було.

Встановлено також, що при внесенні тільки мінеральних добрив на чорноземі вилугуваному зменшується кількість агрономічно цінних агрегатів з 76 % у контрольному варіанті до 60 % – на удобреному фоні, а також відмічено істотні зміни їх водостійкості відповідно з 49 до 36 % [31]. Застосування високих доз мінеральних добрив – $N_{190}P_{190}K_{190}$ на чорноземах вилугуваних також спричинило зростання щільності складення 0 – 10 см шару ґрунту на 0,04 – 0,08 г/см^3 у порівнянні з варіантами, де застосовували мінеральні добрива сумісно з органічними – 25 т гною + $N_{45}P_{6}$оК45 та 50 т гною + $N_{90}P_{l20}K_{90}$.

У дослідах [34], на чорноземах типових, застосування мінеральної системи удобрення спричинило зростання щільності ґрунту у шарі 20 – 30 см на 3,3 %. У глибше розташованих шарах змін даного показника зафіксовано не було. Дослідженнями, які проводилися на чорноземі південному, також встановлено негативний вплив застосування в сівозміні одних лише мінеральних добрив - кількість агрономічно цінних агрегатів знижувалася на 3–4 % у порівнянні з контролем, де їх кількість становила 84,7–85,7 %.

При застосуванні мінеральної системи удобрення в орному шарі зростала і питома маса твердої фази грунту на 6,1 % у порівнянні до контролю, а в підорному залишалася без змін [35]. Негативна дія мінеральних добрив також проявляється і у змінах основних водно-фізичних показників, [21] структурно-агрегатного складу, зростання щільності складення також і на чорноземах опідзолених [10]. Так, дослідженнями [27] встановлено що при застосуванні мінеральної системи удобрення в сівозміні було відмічено тенденцію до погіршення структурно-агрегатного складу, зростання кількості брилистої фракції та часточок < 0,25 мм, що зумовило зниження коефіцієнта структурності у 1,2 – 1,3 рази у порівнянні з органо-мінеральною системою удобрення. Негативний вплив тривалого застосування в сівозміні тільки мінеральних добрив проявлявся також у зниженні водостійкості структурних агрегатів у шарі ґрунту 0 – 20 см на 7,6 і 10,3 % відповідно до варіантів, де застосовували органічну та органо-мінеральну системи удобрення. Застосування мінеральної системи удобрення також істотно підвищувало щільність складення чорнозему опідзоленого. Як наслідок погіршувався структурно-агрегатний склад та підвищувалася щільність складення при застосуванні мінеральної системи. Вологоємність ґрунту при цьому була нижчою, ніж у варіантах, де застосовували органічну та органо-мінеральну системи удобрення.

На противагу цим твердженням інші учені [22, 28] доводять, що при застосуванні мінеральних добрив можливі лише неістотні зміни, а у працях [26, 27] висвітлено результати досліджень, з яких випливає, що негативного впливу застосування мінеральних добрив на агрофізичні властивості чорноземних ґрунтів не проявляє.

Що ж до вивчення диспергуючої дії конкретних форм мінеральних добрив, то в літературі є дані, які вказують на те, що різні форми мінеральні добрив мають різну пептизаційну здатність [29], яка залежить не тільки від виду поживного елементу, а й від його іонів [30].

Так, при тривалому застосуванні зростаючих доз азотних добрив на фоні $P_{60}K_{60}$ у порівнянні з контролем збільшується щільність складення, зменшується питома маса твердої фази ґрунту, загальна пористість і пористість аерації, інтенсивність виділення CO_2 з поверхні ґрунту, вміст агрономічно цінних агрегатів та їх водостійкість, збільшується коефіцієнт дисперсності та знижується коефіцієнт структурності [7]. Диспергуючий вплив збільшуваних доз азотних добрив відбувається також і на фоні РК, але при внесенні 120 та 150 кг/га азоту як окремо, так і в поєднанні з гноєм негативні зміни агрофізичних властивостей були менш значними. Однак, за даними [36], збільшення доз азоту при поєднанні з фосфором на фоні гною (120–125 т/га за дві ротації сівозміни) негативно впливало на макроструктуру ґрунту та її водостійкість.

Внесення амонійвмісних добрив, особливо на кислих ґрунтах, без додаткового внесення кальцієвмісних сполук, також призводить до диспергації ґрунту, підвищення його щільності, кількісного зменшення водостійких агрегатів розміром 3-5 мм і деякою мірою посилює руйнування структури ґрунту [21]. Проте інші науковці [29] вважають, що аміак позитивно діє на структуру ґрунту, сприяє розчинності та перерозподілу гумінових сполук, які виступають при підсушуванні „цементуючим" матеріалом, з'єднуючи дрібні часточки ґрунту, в результаті чого утворюються стабільні водостійкі агрегати.

Відносно впливу на агрофізичні властивості ґрунту фосфорних добрив ґрунтознавці [7] зазначають, що за узагальненими даними досліджень зарубіжних вчених при застосуванні фосфорних добрив покращувались структура і складення ґрунтів.

Щодо впливу калійних добрив на показники фізичного стану ґрунту, то [22] у досліді, де вивчався вплив калію хлористого, сульфату калію та поташі на фізичні властивості чорнозему типового, встановив, що внесення високих доз K_2CO_3 призводить до погіршення структурно-агрегатного складу ґрунту. Було відмічено, що при внесенні за час проведення досліду 720 кг д.р. K_2O у

даній формі збільшувався вміст брилистої фракції на 5,4 %, а також зростала кількість мікроагрегатів на 3,3% у порівнянні з неудобрюваними ділянками. Тенденція до диспергації ґрунту спостерігалася також і у варіанті з внесенням сульфату калію.

Відносно впливу органічних добрив на фізичні властивості ґрунтів, вважається, що гній шляхом стимулювання розвитку сільськогосподарської культури, підвищення вмісту в ґрунті органічних речовин, ємності катіонного обміну сприяє утворенню зв'язків між часточками, що в кінцевому результаті призводить до більш високих значень граничної напруги зсуву та границі текучості, тобто сприяє кращій агрегації глинистих часточок [24]. Позитивну дію гною на агрофізичні властивості чорноземних ґрунтів у своїх дослідженнях відмічав В.В. Медвєдєв [7, 8]. Так, внесення гною в дозі 80 т/га в три прийоми по 20 – 30 т/га кожні 4 – 5 років сприяє створенню бездефіцитного балансу органічних речовин в чорноземі типовому і одночасному зниженню рівноважної щільності на 0,06 г/см^3, підвищенню вмісту структурних агрегатів агрономічно цінного розміру з 72 до 81 %, їх водостійкості з 46 до 58 %, водопроникності (в стані рівноважної щільності) з 53 до 70 мм/год.

Позитивна дія органічних добрив на чорноземних ґрунтах, особливо у підвищених дозах, на збільшення вмісту агрономічно цінних агрегатів та їх водостійкість була відмічена й іншими вченими [25, 27]

Ефективність внесених органічних добрив значно підвищується при тривалому їх застосуванні. Внесення органічних добрив, зокрема гною, протягом двох ротацій сівозміни в кількості 120 – 125 т/га сприяло зниженню питомої маси чорнозему південного на 3,9 % у порівнянні з контролем (варіант без добрив) в орному шарі та на 6,7 – 9,2 % в підорному [21]. Поряд з вище вказаними змінами було відмічено зниження, порівняно з контролем, вмісту брилистої фракції на 21,1 %. На меліоративну дію гною на агрофізичні властивості чорнозему опідзоленого та чорнозему типового вказує і Б.С. Носко з співавторами [26]. Так, за їхніми даними, при

застосуванні в сівозміні органічної системи удобрення понад 35 років з внесенням 80 т/га гною, як окремо так і в поєднанні з мінеральними - $N_{360}P_{360}K_{720}$ та $N_{960}P_{720}K_{720}$ кг/га д.р., коефіцієнт водостійкості в шарі ґрунту 0 – 25 см становив 0,56 проти 0,37 – у варіанті без добрив.

Внесення гною в поєднанні з мінеральними добривами через наявність у їх складі компонентів, які здатні певною мірою гальмувати процеси руйнування органічних речовин, зменшує мінералізацію гумусу, скорочує його втрати з кореневмісного шару та створює умови для підвищення вмісту в ґрунті, який є основним чинником підтримання показників агрофізичних властивостей в межах оптимальних параметрів [12, 14].

Застосування органо-мінеральної системи удобрення на чорноземі опідзоленому сприяло покращенню структурно-агрегатного складу. Так коефіцієнт структурності зростав до рівня 3,38 – 4,09, проти 2,73 – 3,66 за мінеральної системи удобрення [28].

При внесенні помірних доз гною, навіть при дуже високих дозах мінеральних добрив, не відмічалося ущільнення чорнозему опідзоленого вище оптимальних значень 1,25 – 1,30 г/см. Органо-мінеральна система за своєю дією на агрофізичні показники чорнозему опідзоленого та типового була на рівні органічної [24, 25]

Вчені значну увагу приділяли вивченню впливу різних сільськогосподарських культур на фізичні властивості грунту. Багаторічні трави мають провідну роль у створенні структури, а значить і сприятливих фізичних властивостей ґрунтів підзолистого типу. В сучасній літературі також підтверджується думка про позитивну дію на ґрунт багаторічних трав і зокрема на його фізичні властивості. Так, при дво- та трирічному вирощуванні багаторічних трав відновлюється агрономічно цінна структура ґрунту, в ньому накопичуються органічні речовини, що рівноцінно внесенню 20 т/га гною [23]. Також багатьма дослідженнями підкреслювалася і роль однорічних культур в оструктуренні ґрунтів. Однорічні бобові культури є значним джерелом поповнення органічних речовин грунту. Помітна

тенденція до покращення фізичних властивостей ґрунту (структура, об'ємна маса і пористість) під дією бобових культур, які вирощувалися на зерно і зелений корм, відмічалися протягом одного року. Але загальновідомим є той факт, що значення культури у формуванні сприятливих фізичних властивостей ґрунту зростає зі збільшенням кількості решток, як надземних так і підземних, які вона може залишати після себе на полі. Найбільш позитивну дію на агрофізичні властивості ґрунту виявляють культури суцільного пособу сівби. Наприклад, весною під озимою пшеницею структурно-агрегатний склад і щільність складення грунту мали кращі показники, ніж під іншими культурами. Так, щільність становила від 1,15 до 1,26 г/см при оптимальному значенні 1,1 – 1,3 г/см^3 для даної культури. В подальшому з їх розвитком структурно-агрегатний склад покращувався, а щільність складення залишається в межах оптимальних параметрів. Що ж до впливу просапних культур на агрофізичні властивості ґрунту, то автор стверджує, що кукурудза, цукровий буряк і картопля протягом вегетації також покращують структурно-агрегатний склад грунту, але значно менше, ніж озима пшениця. При цьому щільність складення під дією просапних культур під кінець вегетації досягала 1,35 г/см^3. Погіршення агрофізичних властивостей ґрунту під просапними культурами у порівнянні з озимою пшеницею проходить за рахунок механічного обробітку в процесі їх вирощування, прискореного розкладу органічних речовин і пониженої кількості органічних решток, що залишаються на полі цими культурами.

Як видно з проведеного огляду літератури, добрива суттєво впливають на агрофізичні властивості грунту, проте є суперечливі дані щодо ефективності їх норм. Вважаємо доцільним уточнити дію різних систем удобрення на структурний стан, щільність та родючість чорнозему опідзоленого при їх тривалому застосуванні.

РОЗДІЛ 2.
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Характеристика грунту

Дослідження проводились у тривалому стаціонарному досліді на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Вміст гумусу, залежно від системи удобрення 2,86–3,68 %. Ступінь насичення основами 87–97 %, гідролітична кислотність в межах 1,8 – 3,2 мг екв. на 100 г ґрунту.

Чорнозем опідзолений має таку морфологічну будову профілю:

Не 0-45см – гумусний слабоелювійований темно-сірого кольору, білесуватий від крем'янкової присипки, орний шар пилувато-грудочкуватої структури, слабо ущільнений, а підорний – грудочкувато-зернисто-призматичний, щільний, перехід поступовий, помітний за структурою, складом і кольором.

Нрі 45-75 см – гумусний слабоілювійований, верхній перехідний, добре і рівномірно гумусований, темно-сірий з буруватим відтінком, дрібно-грудочкувато-горіхуватої структури, щільний, видно крем'янкову присипку, червоточини та кротовини; перехід поступовий.

Phi 75 - 105 см – порода слабогумусована, слабоілювійована, сіро-бурого кольору, крупногоріхуватої структури, яка частково з глибиною переходить у горіхувато-призматичну. На поверхні структурних агрегатів та вертикальних тріщин видно характерний блиск вмитих колоїдів R_2O_3; перехід поступовий.

Pi(h) 105 - 135 см – порода слабоілювійована зі слідами гумусу у вигляді окремих карманів та затікань, буро-палевого кольору, структура грудочкувато- стовпчаста, вертикальні стінки структурних окремостей покриті іржаво-бурою плівкою R_2O_3 з характерним блиском. Горизонт щільний, зрідка пронизаний кротовинами, перехід хвилястий, але добре помітний.

Рк 135 см і глибше – материнська порода карбонатний лес темно-палевого кольору, дрібнозернистої структури, нещільний, карбонати у вигляді прожилок, міцелію, окремих дрібних скупчень. Лінія скипання карбонатів знаходиться на глибині 135–140 см.

2.2 Характеристика добрив

Аміачна селітра NH_4NO_4 – це традиційна назва нітрату амонію, але правильніше її називати амонійною селітрою. Містить 34,4 % азоту. Виробництво ґрунтується на нейтралізації 47-60 %-го розчину азотної кислоти аміаком з наступним випаровуванням і гранулюванням. Гранули мають кулеподібну форму білого кольору з жовтуватим або червонуватим відтінком, розміром 1-4 мм, добре розчинні у воді та в аміачній воді.

Аміачна селітра є фізіологічно кислим добривом, але підкислювальна дія його на грунт майже не виявляється. Аміачну селітру використовують майже під усі культури для основного, рядкового удобрення та для підживлення. Особливо широко її використовують для підживлення зернових колосових культур.

Карбамід (сечовина) $CO(NH_2)_2$ – найбільш концентроване з твердих азотних добрив, що містить 46% азоту. Гранульований карбамід має вигляд кулястих напівпрозорих гранул розміром від 1-2,5 до 4 мм. Має добрі фізичні властивості. Насипом (без тари) може зберігатися, не злежуючись, близько 6 місяців. Карбамід добре розчиняється у воді. Карбамід є біологічно кислим добривом. Найефективніше його використовувати для основного удобрення, рядкового підживлення просапних і овочевих культур та для позакореневого підживлення рослин, оскільки це органічна сполука.

Суперфосфат гранульований_$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + H_3PO_4 + 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ добувають дією сірчаної кислоти на фосфорити й апатити. Суперфосфат містить 19-21% P_20_5, в тому числі не більш як 2,3% у вигляді вільної фосфорної кислоти, що надає йому характерного запаху. Суперфосфат

містить до 50% гіпсу $CaSO_4$, який має практичне значення як джерело сірки і як меліорант на засолених грунтах.

За зовнішніми ознаками суперфосфат - це гранули розміром від 1 до 4 мм темно-сірого або світло-сірого кольору. Добриво можна застосовувати під усі культури і на всіх типах грунтів. При цьому рослини одночасно забезпечуються сіркою. Невисока концентрація фосфору в добриві дає змогу вносити його рівномірно в рядки під час сівби у мінімальних дозах – 10–15 кг/га P_2O_5.

Калій хлористий KCl. У хімічно чистому хлориді калію міститься 63,1% K_2O. Залежно від способу виробництва сільському господарству поставляється калій хлористий із вмістом від 57 до 60% K_2O. За зовнішніми ознаками калій хлористий – це дрібнокристалічний порошок або гранули неправильної форми світло-білого або з відтінками червоно-бурого кольору. Може бути у вигляді крупних сірувато-білих кристалів. Для забезпечення розсипчастості калій хлористий обробляють різними реагентами, серед яких надають перевагу амінам.

Підстилковий гній – це суміш твердих і рідких виділень різних тварин разом з підстилкою. Його склад залежить від кількості і співвідношення цих складових, а вони неоднакові для різних видів (і віку) тварин і залежать від якості та кількості кормів.

У великої рогатої худоби твердих виділень більше, а у свиней менше, ніж рідких. За складом і удобрювальною цінністю ці виділення також нерівноцінні: понад 90 % усього фосфору міститься у твердих, а 50–75 % азоту і 80–90 % калію – у рідких виділеннях. Чим більше в раціоні концентрованих кормів, засвоєння яких значно вище, ніж грубих кормів, тим менше у виділеннях сухої речовини, але більше азоту і фосфору.

Азот, фосфор і сірка твердих виділень усіх тварин входять до складу різних органічних сполук і можуть бути доступними для рослин лише після мінералізації.

2.3 Ботанічна і біологічна характеристика культур

Горох – Pisum L. (підродини лядвенцевих – Lotoideae). Найпоширенішим є посівний горох. Він найменш вибагливий до тепла. Проростає, коли температура в посівному шарі ґрунту досягає лише 2-3 °С. Сходи досить добре витримують заморозки до - 4 °С і навіть до - 6 - 7 °С. Малочутливі вони до похолодання також і в період вегетації. Рослини гороху вибагливі до вологи, погано витримують посуху в період цвітіння. Сорт гороху Грегор – зернового використання, середньостиглий. Стійкий до вилягання, придатний до збирання прямим комбайнуванням, потребує своєчасного збирання. Оригінатор – NORDDEUTSCHE PFLANZENZUCHT (Німеччина). Сорт безлистковий (вусатий), напівкарликового типу, висота рослин — 78-85 см, міжвузлів до першого цвітіння – 12-14. Квітки білі, на квітконожках по дві квітки. Біб лущильного типу. Кількість насінин у бобі 4-5, насіння рожеве з чорним насіннєвим рубчиком. Маса 1000 насінин — 250–270 г. Вміст білка в зерні 20–23 %.

Пшениця належить до родини тонконогових (Poaceae) роду Triticum. Найбільш поширені два її види: пшениця м'яка (Triticum aestivum) і пшениця тверда (Triticum durum). Пшениця озима утворює добре розвинену, розгалужену кореневу систему мичкуватого типу. Основна маса її розміщується в орному шарі ґрунту, окремі корені проникають на глибину 1,5 - 2 м і більше. Стебло має назву соломина, яка складається з 4 - 7 міжвузлів, розділених стебловими вузлами.

Пшениця озима належить до холодостійких культур. Насіння її здатне проростати при температурі посівного шару ґрунту всього 1-2 °С, проте за такої температури сходи з’являються із запізненням і недружно. Найбільш інтенсивно грунт поглинає воду, яка потрібна для набухання і проростання насіння, при прогріванні ґрунту до 12–20 °С. За такої температури і достатній вологості ґрунту сходи з'являються вже на 5–6 добу.

Високою морозо- і зимостійкістю відзначається пшениця, яка утворює восени 2–4 пагони і нагромаджує у вузлах кущіння до 33–35 % цукру на суху речовину, що досягається при тривалості осінньої вегетації рослин 45–50 діб з сумою температур близько 520–670 °С. Вона добре витримує високі температури влітку. Впродовж вегетації сприятливою середньою температурою є 16 - 20 °С зі зниженням у період кущіння до 10 – 12 °С та підвищенням при трубкуванні до 20-22 °С, цвітінні і наливанні зерна – до 25 – 30°С. Для розвитку сильної кореневої системи кращою температурою ґрунту є від 10 до 20 °С.

Пшениця озима потребує достатньої кількості вологи впродовж усієї вегетації. Зазвичай високий урожай її спостерігається при весняних запасах вологи у метровому шарі ґрунту до 200 мм, а на період колосіння – не менше 80 – 100 мм при постійній вологості грунту 70 – 80 % НВ.

Сорт Скаген від Заатен-Уніон. Сорт посухо- витривалий, генетичний потенціал 10–11 т/га.

Кукурудза (Zea L.) представлена видом – кукурудзою культурною (Zea mays L.). Кукурудза культурна (2n-42) – однорічна трав’яниста рослина.

Кукурудза – теплолюбива рослина. Для проходження всього циклу розвитку їй необхідна сума активних температур (+ 10 °С і вище) від 1700 °С до 3120 °С. Насіння кукурудзи проростає при 8–10 °С. Сходи появляються при температурі не нижче 10 – 12 °С. Приріст біологічної маси припиняється при середньодобовій температурі нижче 10°С. При формуванні генеративних органів оптимальна температура повинна становити 19-23 °С, а найбільш сприятлива для розвитку та росту кукурудзи – 25 – 30°С.

Високі врожаї кукурудза дає на чистих пухких ґрунтах з глибоким гумусним шаром, забезпеченим вологою та поживними речовинами з pH 5,5 – 7,0. Оптимальна щільність ґрунту для цієї культури – 1,1 – 1,3 г/см^3.

Посухостійкий гібрид ДКС 3969 створений компанією DEKALB. Рослина висотою 250 – 260 см, швидка енергія початкового росту, стійкий до вилягання і ламкості стебла.

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Кліматичні та погодні умови

На формування врожаю і його якість значно впливають погодні умови, що складаються впродовж вегетаційного періоду. У даному регіоні волога є одним з основних лімітуючих факторів продуктивності сільськогосподарських культур.

За даними метеостанції Умань середньорічна кількість опадів становить 633 мм, але в окремі роки бувають значні відхилення від цієї величини. Даний регіон характеризується недостатнім зволоженням. Під час вегетації спостерігаються бездощові періоди. Інколи 2–3, а в окремі періоди 3–5 років у десятиліття посушливі. Розподіл опадів за періодами вегетації та інтенсивністю також нерівномірний. У теплий період (квітень-жовтень) випадає близько 70 % річної її кількості.

За тепловим режимом клімат регіону помірно-середньо-континентальний, гідротермічний коефіцієнт – 1,1–1,2, сума активних температур становить 3200°С. Період з середньодобовою температурою вище 10 °С триває 140–160 днів, понад 5 °С – до 230 днів.

У цілому кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості польових культур помірного поясу. Однак в окремі роки спостерігаються несприятливі фактори (низькі температури, відлиги, льодові кірки, посухи, суховії, сильні грозові дощі), які завдають значної шкоди культурам.

Погодні умови, які склалися у 2022–2023 рр. були сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур (рис. 1, 2).

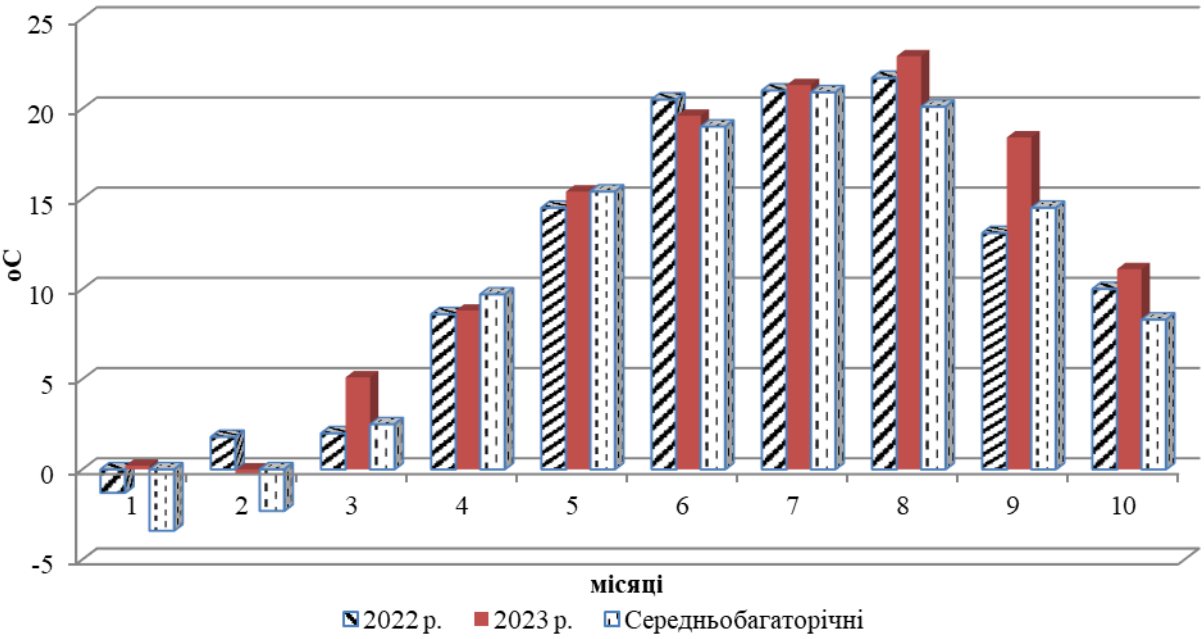


Рис.1. Температура повітря за місяцями (за даними метеостанції) Умань

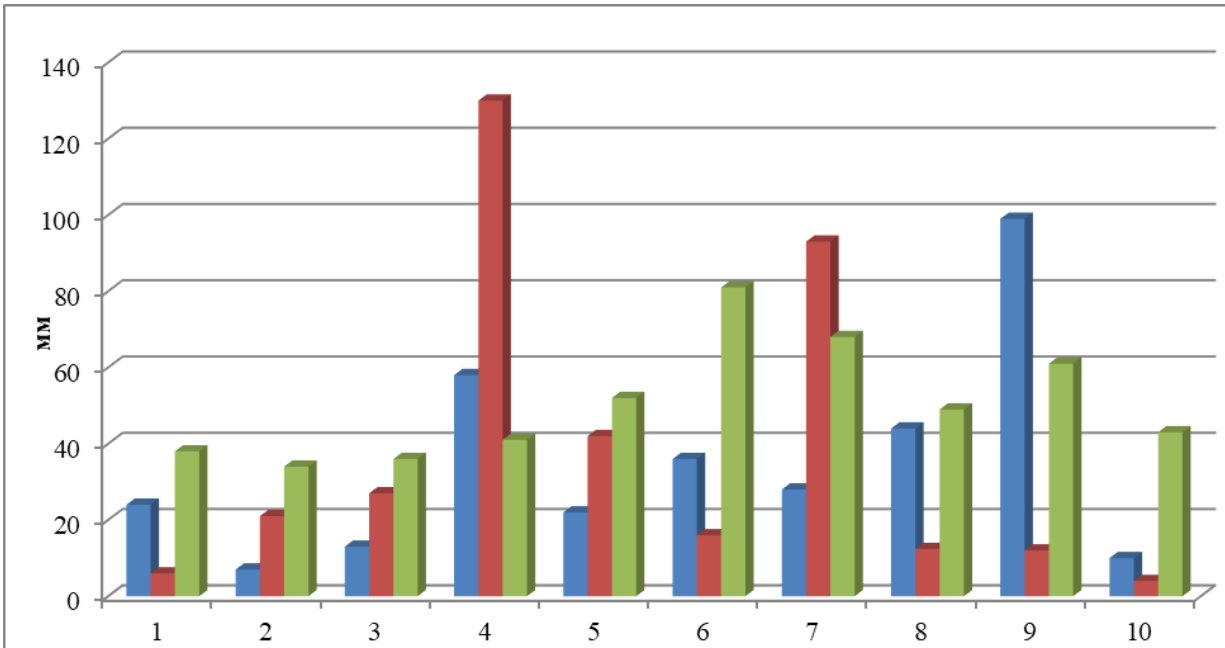


Рис. 2. Кількість опадів за місяцями (за даними метеостанції) Умань

Найбільш сприятливими умовами для формування врожаю пшениці озимої і гороху було літо 2022 року. Літо 2023 р., характерне високими температурами, сухим повітрям, нерівномірною кількістю опадів (у червні випало лише 17,2 мм), було найменш сприятливим порівняно з попереднім роком для пшениці озимої.

3.2 Методика досліджень

Вплив систем удобрення сільськогосподарських культур у польовій сівозміні на агрофізичні показники родючості чорнозему опідзоленого досліджується у тривалому стаціонарному досліді (з 1964 р) за програмою: розробити технологію збереження родючості і раціонального використання ґрунтів Правобережного Лісостепу України.

Структурний стан і щільність ґрунту вивчається на трьох рівнях мінеральної, органічної і органо-мінеральної систем удобрення. Одинарна норма мінеральних добрив складає $N_{45}P_{45}K_{45}$, органічних 9 і 18 т/га гною, а органо-мінеральна з розрахунку в одинарній нормі 9т/га + $N_{22}P_{34}K_{18}$.

Дослідження проводили у ланці сівозміни: горох після кукурудзи на зерно – пшениця озима – кукурудза на силос. Під горох добрива вносили з розрахунку по варіантах у мінеральній системі $N_{10}P_{10}K_{10}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{60}P_{60}K_{60}$, під пшеницю озиму відповідно $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$ і $N_{135}P_{135}K_{135}$, а під кукурудзу на силос $N_{50}P_{50}K_{50}$, $N_{100}P_{100}K_{100}$ і $N_{200}P_{200}K_{200}$; органічні добрива вносились під попередник гороху – буряк цукровий і під кукурудзу на силос 40, 45 і 60 т/га, за органо-мінеральної системи мінеральні добрива вносились під горох $P_{10}K_{10}$, під пшеницю озиму $N_{22.5}P_{22.5}K_{22.5}$, під кукурудзу на силос $N_{22.5}P_{50}$, гній вносили по 15 т/га під ті ж культури, що й в органічних системах. Розмір облікових ділянок 120 м^2, повторність триразова. (схема розподілу добрив у сівозміні приведена у додатку)

Агрегатний склад грунту визначали сухим просіюванням через набір сит, щільність грунту досліджували за допомогою приладу Н.А. Качинського [34]. Енергетичну ефективність застосування добрив

розраховували за методом, розробленим рядом авторів [36].

3.3 Агротехніка вирощування польових культур

Агротехніка вирощування досліджуваних культур загальноприйнята в регіоні з врахуванням особливостей в умовах польового досліду.

Горох. Після збирання кукурудзи на зерно, як попередника гороху, для подрібнення і рівномірного зароблення у грунт рослинних решток проводиться лущення стерні важкими дисковими боронами (МТЗ-80+БДТ-3) на глибину 10-12 см. Готуються наважки мінеральних добрив і вносяться вручну поділяночно за схемою удобрення. Зяблева оранка проводиться на глибину 25-27 см (МТЗ-80+ПНЗ-35).

Весною, з настанням стиглості грунту проводиться закриття вологи важкими боронами БЗСС-1,0 з послідуючою культивацією (МТЗ-80+КПС-4) на глибину 5-7 см. Сівба виконується агрегатом МТЗ-80+СЗ-3,6 з розрахунку 1,4 млн схожих зерен на гектар. В цей час відбираємо пошарово зразки грунту для лабораторних аналізів. Зразу ж після сівби грунт прикочуємо. Під час вегетації гороху знищення бур'янів, шкідників і збудників хвороб проводимо обприскування посівів відповідними пестицидами агрегатом МТЗ-80+ОПШ-2000. Збирання урожаю гороху проводимо комбайном Джон Дір, з визначенням врожайності. Відбирали зразки грунту для лабораторних аналізів.

Пшениця озима. Після збирання урожаю гороху, як попередника пшениці озимої, грунт обробляли важкою дисковою бороною (МТЗ-80+БДТ-3) на глибину 8-10 см. З появою сходів бур'янів виконується культивація з боронуванням (МТЗ-80+КПС-4) на глибину 8-10 см. Вносяться мінеральні добрива згідно зі схемою. Якщо в цей період випадають рясні дощі і на поверхні грунту утворюється кірка, проводиться боронування.

Передпосівна культивація виконується на глибину загортання насіння – 4-6 см. Сівба проводиться звичайним рядковим способом з шириною

міжрядь 15 см. на глибину 4-5 см (МТЗ-80+СЗ-3,6) з нормою висіву 4 млн/га схожих зерен.

Весною, як тільки дозволяє стан грунту, проводиться боронування посівів і відбираються зразки грунту для аналізу. В міру появи бур'янів та ураження і пошкодження рослин посіви обробляються відповідними пестицидами агрегатом МТЗ-80+ОПШ-2000. Урожай збирали у фазі повної стиглості прямим комбайнуванням комбайном Джон Дір, визначали врожайність, відбирали зразки грунту для аналізу після вегетації озимої пшениці.

Кукурудза на силос. Після збирання врожаю пшениці озимої, як попередника кукурудзи на силос, проводиться лущення стерні важкими дисковими боронами (МТЗ-80+БДТ-3) на глибину 6-8 см. З появою бур'янів виконується культивація. Відповідно до схеми досліду вносяться мінеральні добрива, а безпосередньо перед оранкою – гній.

Весною після закриття вологи з настанням строків сівби проводиться передпосівна культивація (МТЗ-80+КПС-4) на 6-8 см. і сівба широкорядним способом (МТЗ-80+СУПН-6). Посів прикочується ребристим котком (Т-25+ЗККШ-6). В цей час відбирали зразки грунту.

Протягом вегетації кукурудзи проводиться рихлення міжрядь (МТЗ-80+КРН-5,6) та хімічний захист посівів від шкідників, хвороб та бур'янів. Урожай кукурудзи на силос збирали наприкінці молочно-воскової стиглості, поділяночно визначали врожайність, відбирали зразки грунту.

РОЗДІЛ 4.
ВПЛИВ ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ І ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР (РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ)

4.1 Структурний стан грунту залежно від систем удобрення

Результати наших аналізів структурно-агрегатного стану чорнозему опідзоленого в ланці польової сівозміни горох - пшениця озима - кукурудза на силос проведено на початку вегетації за 2022–2023 рр.

В таблиці 1 подано структурний склад ґрунту на початку вегетації гороху в шарі 0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 і 30 - 40 см. Визначили вміст агрономічно цінної фракції 10 - 0,25 мм, а також макроагрегатів > 10 мм і мікроагрегатів < 0,25 мм.

З поверхні ґрунту у шарі 0–10 см у мінеральній системі удобрення вміст агрономічно цінних агрегатів зменшується з підвищенням норми мінеральних добрив. Якщо при нормі $N_{45}P_{45}K_{45}$ вміст цих агрегатів був на рівні контролю, то з підвищенням норми добрив до $N_{135}P_{135}K_{135}$ кількість їх зменшилась на 3,67 %. В органічній системі спостерігається збільшення агрономічно цінної фракції структурних агрегатів на 6,74 %. Що ж до органо-мінеральної системи удобрення, то при одинарній кількості органо-мінеральних добрив вміст агрономічно цінних окремостей майже не змінився. А при потрійній їх кількості спостерігається збільшення проти контролю на 4,72 %.

Зміни кількості агрономічно цінної фракції відбулися в основному за рахунок агрегатів розміром понад 10 мм у мінеральній системі і за рахунок мікроагрегатів при внесенні органічних і органо-мінеральних добрив, де при внесенні 18 т/га гною кількість мікроагрегатів зменшилась на 5,28 %, а макроагрегатів лише на 1,47 %.

Таблиця 4

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого на початку вегетації гороху, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	7,16	6,91	9,77	6,32	5,67	6,58	5,06
	10-0,25	77,29	78,18	73,62	78,91	84,01	78,25	82,01
	<0,25	15,59	14,93	16,63	14,79	10,31	15,14	12,94
10-20	>10	9,86	9,61	12,07	8,73	7,97	9,54	7,73
	10-0,25	72,03	72,66	68,49	73,96	77,05	72,95	77,74
	<0,25	18,38	17,76	19,47	17,34	14,95	17,48	14,52
20-30	>10	13,74	12,72	15,57	11,57	9,41	11,48	9,58
	10-0,25	68,65	69,79	65,11	70,71	75,19	69,83	75,08
	<0,25	17,64	17,52	19,35	17,82	15,43	18,65	15,27
30-40	>10	9,45	10,24	12,45	8,07	6,83	8,28	6,04
	10-0,25	81,94	81,38	78,21	83,68	85,86	83,35	86,91
	<0,25	8,64	8,41	9,38	8,26	7,36	8,34	7,04

У шарі ґрунту 10–20 см також спостерігався вплив систем удобрення на вміст і співвідношення різних фракцій структурних окремостей залежно від добрив. Зокрема, має місце загальна тенденція зменшення вмісту агрономічно цінних агрегатів порівняно з шаром 0–10 см на всіх варіантах досліду.

Можливо на зменшення кількості мезоагрегатів у шарі ґрунту 0–10 см позитивно вплинув передпосівний обробіток ґрунту. Можна пояснити це ще й тим, що поверхневе промерзання ґрунту і фактор позитивного впливу замерзання-розмерзання на його структурний стан більше проявився у верхньому шарі.

У шарі ґрунту 20–30 см вміст агрономічно цінних агрегатів на всіх варіантах, в тому числі і на контролі, значно нижчий порівняно з

поверхневим 0–10 см, хоч спостерігається зменшення їх порівняно з контролем на 3,54 % у варіанті з потрійною нормою мінеральних добрив і збільшенням на варіанті 18 т/га на 6,54 % і на 8,84 % порівняно з цим варіантом на глибині 0–10 см.

На глибині 30–40 см ґрунт не зазнає механічного впливу під час обробітку, за винятком ущільнення, та й добрива заробляються на глибину не більше 25–30 см, проте системи удобрення суттєво впливають на його структурний стан і в цьому шарі. Добрива в процесі їх перетворення проявляють вплив на горизонти глибше зони їх внесення. Хоч в літературі зустрічаються дані про те, що добрива впливають на агрофізичні властивості ґрунту лише у зоні їх внесення [24].

Наші дослідження показують, що вміст агрономічно цінних фракцій на глибині 30–40 см дещо вищий ніж у верхніх шарах, проте і тут відчувається вплив систем удобрення.

На варіантах з підвищеним вмістом мінеральних туків знижується вміст агрономічно цінних агрегатів. Це відбувається в основному за рахунок фракцій >10мм. Динаміка мулистої фракції залежно від систем удобрення на цій глибині менше виражена. У варіанті з підвищеною нормою органо-мінеральних добрив порівняно з контролем макроагрегатів зменшилось на 3,39 %, а мікроагрегатів лише на 1,58 %.

Результати спостереження структурного стану ґрунту на початку вегетації пшениці озимої приведено у таблиці 2. Має місце аналогічне співвідношення між фракціями за варіантами досліджень, яке спостерігається під горохом. Вміст мезоагрегатів зменшився з глибиною як за рахунок збільшення кількості макро- так і мікроструктурних окремостей. Зберігається вплив на структурний стан і систем удобрення культур у сівозміні.

Таблиця 2

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого на початку вегетації пшениці озимої, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	6,55	5,51	7,94	5,04	4,26	5,53	3,98
	10-0,25	78,04	80,97	76,34	81,54	83,15	80,78	83,10
	<0,25	15,41	13,48	15,71	13,41	12,56	13,66	12,31
10-20	>10	8,33	7,81	9,03	7,02	5,62	7,81	5,62
	10-0,25	73,64	75,61	72,85	77,06	80,53	76,53	81,42
	<0,25	18,02	16,57	18,11	15,90	13,84	15,64	12,99
20-30	>10	10,35	9,92	11,73	8,91	7,72	9,02	7,28
	10-0,25	71,68	73,06	69,45	74,31	78,48	74,02	78,67
	<0,25	17,84	17,01	18,81	16,75	13,81	16,97	14,03
30-40	>10	7,82	7,68	9,07	6,91	5,88	6,82	5,66
	10-0,25	83,85	85,83	83,48	87,11	88,48	86,05	88,86
	<0,25	8,32	6,46	7,42	6,02	5,52	7,12	5,51

У шарі ґрунту 0–10 см вміст агрономічно цінних агрегатів дещо зменшився порівняно з контролем при внесенні потрійної норми мінеральних добрив і збільшився на 5,12 % при підвищенні норми органічних добрив та в органо-мінеральній системі на 5,7 %. Це відбувається за рахунок зменшення кількості макроагрегатів та мікроагрегатів.

У шарі ґрунту 10–20 см вміст мезоагрегатів зменшується з підвищенням норми мінеральних добрив і збільшується зі зростанням норми гною як в органічній, так і в органо-мінеральній системах удобрення.

З глибиною у шарі ґрунту 20–30 см спостерігається подальше збільшення вмісту макроагрегатів та мікроагрегатів за рахунок агрономічно цінної фракції 10–0,25 мм. Порівняно з поверхневим шаром спостерігається зменшення агрономічно цінних агрегатів як на контролі, так і на варіантах з

добривами на 5–6 %. Причому це відбувається як за рахунок макро- так і мікроагрегатів. У шарі ґрунту 30-40 см, куди добрива безпосередньо не вносились, також відбулися помітні зміни агрегатного стану. Порівняно з верхніми шарами ґрунту на цій глибині виявився значно вищий вміст агрономічно цінних агрегатів як на контролі на 5,82 %, так і на варіантах з добривами – до 5,27 %. Поряд з цим мінеральні добрива, навіть і при потрійній нормі, не знизили вміст мезоагрегатів, як це спостерігається у верхніх шарах ґрунту. В органічній, як і в органо-мінеральній системі удобрення, до 5 % збільшилась кількість агрономічно цінних структурних агрегатів. Це відбулося за рахунок мікроагрегатів, кількість яких порівняно з вмістом їх у верхніх шарах ґрунту зменшилась від 9 до 12 %.

На початку вегетації кукурудзи на силос структурний стан чорнозему опідзоленого у верхньому шарі 0 - 10 см дещо відрізняється від того, що під пшеницею озимою (табл. 3). На всіх варіантах удобрення на 1,5–2,0% більше агрегатів >10 мм. Вміст мікроагрегатів у цьому горизонті практично не відрізняється від того, що спостерігається під горохом і пшеницею озимою. Що ж до вмісту мезоагрегатів, то з підвищенням норми мінеральних добрив їх кількість поступово зменшується, а на варіантах з органічною системою збільшується до 5,12 %. На такому ж рівні кількість цих агрегатів утворилася в органо-мінеральній системі удобрення, де вноситься 13,5 т/га гною та $N_{67}P_{102}K_{54}$.

У шарі ґрунту 10–20 см вміст агрегатів 10–0,25 мм порівняно з поверхневим шаром на всіх варіантах знизився на 4–5 %. Це відбулося в основному за рахунок збільшення фракцій ґрунтових агрегатів >10мм. Внесення підвищеної норми мінеральних добрив зумовило зменшення вмісту агрономічно цінних агрегатів на 4,20 %, в той час як у верхньому шарі ґрунту ця різниця складала лише 2,40 %.

З глибиною у шарі ґрунту 20 - 30 см спостерігається загальне зменшення кількості агрономічно цінних структурних агрегатів як на контролі, так і на варіантах з добривами. Порівняно з поверхневим шаром на варіанті з

підвищеною нормою мінеральних добрив ця різниця досягла 9,61 %. Спостерігається таке явище в органічній і в органо-мінеральній системах удобрення. Як видно з приведених даних, це відбувається як за рахунок збільшення мікро-, так і макроагрегатів. Це явище ми можемо пояснити за рахунок впливу передпосівного обробітку грунту.

Таблиця 3

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого на початку вегетації кукурудзи на силос, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	6,81	6,27	8,47	6,38	5,25	6,42	4,81
	10-0,25	78,01	*79,32*	75,55	79,52	82,52	79,51	83,22
	<0,25	15,17	14,38	15,96	14,13	12,23	14,04	11,96
10-20	>10	8,55	8,94	11,78	7,97	6,46	8,91	6,45
	10-0,25	72,47	73,37	68,27	74,58	78,86	73,88	79,35
	<0,25	18,95	17,68	19,92	17,42	14,41	17,22	14,23
20-30	>10	12,03	11,85	14,62	11,23	9,13	10,91	8,87
	10-0,25	69,62	70,65	66,04	71,21	76,14	71,18	76,86
	<0,25	18,31	17,47	19,33	17,32	15,37	17,91	14,24
30-40	>10	9,62	9,72	11,04	8,02	5,97	8,64	6,32
	10-0,25	81,83	82,52	79,33	84,43	87,36	83,72	87,52
	<0,25	8,85	7,74	9,62	7,55	6,64	7,65	6,18

У підорному шарі глибиною 30-40 см, куди добрива безпосередньо не вносились, також спостерігається залежність у кількості і співвідношенні агрегатів різного рівня від систем удобрення. Помітно менший вміст агрономічно цінних агрегатів на варіанті з потрійною нормою мінеральних добрив – 2,50 % і суттєве збільшення в органічній і органо-мінеральній системах – 5,67 %.

Погіршення структурного стану верхніх шарів ґрунту під посівами

гороху і кукурудзи можна пояснити особливостями технологій вирощування цих культур. Якщо під пшеницею озимою у весняно-літній період ґрунт не зазнавав механічного впливу знарядь обробітку, то під горохом, і особливо під кукурудзою, агрономічно цінна структура руйнувалася в процесі підготовки ґрунту до сівби та догляду за цими культурами.

Спостереження показують, що за вегетаційний період сільськогосподарських культур відбулися певні зміни у структурі ґрунту. Характер цих змін залежить як від систем удобрення, так і особливостей технологій вирощування цих культур. На ділянках під горохом (табл. 4) на контролі без добрив вміст агрономічно цінних агрегатів у шарі 0–10 см знизився на 6,53 %.

Таблиця 4

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого в кінці вегетації гороху, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	15,61	12,02	15,92	9,84	7,01	12,53	8,34
	10-0,25	70,74	75,53	67,97	78,72	83,38	75,31	82,25
	<0,25	13,62	12,43	16,12	11,41	9,71	12,15	9,42
10-20	>10	15,76	13,45	16,18	10,62	8,38	12,72	8,02
	10-0,25	74,14	75,25	69,36	79,26	82,83	76,93	83,88
	<0,25	10,07	11,27	14,43	10,12	8,71	10,34	8,11
20-30	>10	21,36	20,68	22,68	12,54	9,42	15,92	10,13
	10-0,25	65,91	66,60	60,93	75,16	80,85	70,02	80,48
	<0,25	13,37	12,71	16,37	12,27	9,72	14,07	9,41
30-40	>10	10,45	10,78	12,67	9,02	7,73	10,03	6,97
	10-0,25	80,38	80,53	76,15	81,64	83,72	80,32	84,96
	<0,25	9,14	8,66	11,15	9,33	8,52	9,64	8,13

На варіантах з мінеральними добривами кількість мезоагрегатів

зменшилась від 2,65 % при одинарній до 4,37 % при потрійній нормі. Це відбулося в основному за рахунок суттєвого збільшення кількості макроагрегатів на 8,47 % на контролі та на 6,15 % при потрійній нормі мінеральних добрив. З глибиною на всіх варіантах помітно поступове зменшення перерозподілу ґрунтових фракцій за період вегетації гороху.

Під пшеницею озимою у верхньому шарі ґрунту співвідношення між структурними фракціями майже не змінилося за винятком варіанту з подвійною нормою органічних добрив, де мікроструктурних агрегатів зменшилося майже у два рази (табл. 5).

Таблиця 5

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого в кінці вегетації пшениці озимої, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	9,81	9,13	11,11	9,02	6,88	8,68	6,35
	10-0,25	80,72	81,81	77,27	83,24	86,68	82,02	87,15
	<0,25	9,44	9,04	11,61	7,83	6,42	9,26	6,47
10-20	>10	9,92	10,21	12,41	9,17	7,15	9,64	6,20
	10-0,25	83,24	83,21	78,35	84,74	87,74	83,62	91,18
	<0,25	6,83	6,55	9,13	6,06	5,08	6,73	5,58
20-30	>10	14,61	14,98	17,24	13,41	10,41	14,43	9,67
	10-0,25	71,92	71,41	67,24	74,34	80,20	73,15	81,18
	<0,25	13,44	13,62	15,51	12,24	9,36	12,41	9,14
30-40	>10	10,20	9,33	11,70	9,80	7,95	9,45	6,93
	10-0,25	83,14	84,97	81,21	84,43	87,86	84,12	88,54
	<0,25	6,63	5,71	7,08	5,76	4,18	6,42	4,51

У шарі ґрунту 10–20 см вміст агрономічно цінних агрегатів на всіх варіантах збільшився порівняно з весняним дослідженням, в органічній системі збільшився на 7,21 %, а в органо-мінеральній навіть на 9,72 %.

У глибших шарах грунту за весняно-літній період вегетації співвідношення між окремими фракціями майже не змінилося.

На ділянках під кукурудзою співвідношення між окремими структурними фракціями за період вегетації практично не змінилося (табл.6). Найнижчий рівень структурних агрегатів і найбільше грудкуватої і розпиленої фракцій виявилося, як і на початку вегетації, на варіанті з підвищеною нормою мінеральних туків. У підорному шарі ґрунту співвідношення між структурними фракціями залишалось на рівні весняного періоду визначення.

Таблиця 6

Структурно-агрегатний склад чорнозему опідзоленого в кінці вегетації кукурудзи на силос, %

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Варіант досліду						
		Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
0-10	>10	18,38	15,34	18,86	12,93	10,41	15,73	11,72
	10-0,25	69,22	72,51	68,23	75,91	80,22	73,02	79,22
	<0,25	12,41	11,46	13,14	11,17	9,34	12,22	9,07
10-20	>10	16,97	15,05	16,67	13,61	11,63	14,75	10,56
	10-0,25	72,71	74,01	69,12	76,58	81,22	74,87	82,24
	<0,25	12,31	10,93	12,85	9,82	7,16	10,35	7,21
20-30	>10	21,58	18,28	21,10	16,27	13,16	18,92	12,46
	10-0,25	62,77	66,71	62,25	71,23	77,34	67,03	78,47
	<0,25	15,62	15,02	16,95	12,51	9,48	14,02	9,22
30-40	>10	12,50	13,46	15,62	11,03	9,27	12,86	9,25
	10-0,25	76,84	75,85	72,51	78,16	83,97	76,60	83,83
	<0,25	10,63	10,64	11,87	10,78	6,75	10,51	6,91

4.2 Щільність ґрунту залежно від системи удобрення в сівозміні

Одним з основних діагностичних показників родючості грунту є щільність його складення. Оскільки в ньому інтегруються гранулометричний, структурний склад та багато інших властивостей.

Вивчення закономірностей залежності між змінами щільності та добривами є важливим завданням при теоретичному обґрунтуванні заходів, що направлені на збереження та підвищення родючості ґрунту.

Оптимальною щільністю грунту для більшості сільськогосподарських культур є 1.1-1.3 г/см^3 [7].

Це підтверджено дослідженнями впливу систем удобрення на щільність чорнозему опідзоленого Ю.П. Галасуна [32], Л.В. Чорної [33, 34].

Нашими дослідами також встановлено що добрива залежно від норм та систем застосування по різному впливають на щільність чорнозему опідзоленого (табл. 7).

На контролі без добрив на початку вегетації гороху, пшениці озимої та кукурудзи на силос як у верхньому шарі грунту, так і з глибиною суттєвої різниці не спостерігається. З підвищенням норм мінеральних добрив щільність грунту зростає у верхньому шарі на 0,02–0,03 г/см^3, а з глибиною цей показник у посівах гороху і кукурудзи на силос наближається до критичного рівня 1,39-1,40 г/см^3.

В органічних системах, особливо при нормі 18 т/га гною щільність грунту знижується порівняно з контролем. У верхньому шарі 0,05-0,07 г/см^3, проти варіантів з потрійною нормою мінеральних добрив на 0,07 г/см^3, а в підорному шарі до 0,10 г/см^3.

Таблиця 7

Щільність чорнозему опідзоленого на початку вегетації сільськогосподарських культур, г/см^3

Шар ґрунту, см	Варіант досліду						
	Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
Горох							
0-10	1,25	1,25	1,27	1,22	1,22	1,27	1,24
10-20	1,32	1,32	1,33	1,27	1,24	1,32	1,28
20-30	1,35	1,36	1,41	1,32	1,28	1,37	1,35
30-40	1,25	1,24	1,28	1,24	1,23	1,27	1,24
Озима пшениця							
0-10	1,23	1,23	1,27	1,23	1,18	1,26	1,22
10-20	1,26	1,31	1,32	1,24	1,21	1,28	1,24
20-30	1,32	1,34	1,36	1,31	1,25	1,35	1,30
30-40	1,24	1,25	1,27	1,24	1,22	1,26	1,25
Кукурудза на силос							
0-10	1,24	1,25	1,26	1,24	1,21	1,27	1,22
10-20	1,29	1,31	1,32	1,29	1,25	1,32	1,26
20-30	1,35	1,37	1,38	1,31	1,28	1,35	1,32
30-40	1,26	1,26	1,26	1,26	1,23	1,25	1,24

В органо-мінеральних системах, особливо у варіанті Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$ щільність грунту наближається до варіанта, де вноситься 18 т/га органічних добрив.

За вегетаційний період щільність грунту (табл. 8) на всіх варіантах під досліджуваними культурами підвищилась на 0,02–0,07 г/см^3. На варіантах з органічними добривами вона була в межах 1,20–1,25 г/см^3, а де вносили $N_{135}P_{135}K_{135}$ на ділянках з горохом та кукурудзою на силос на глибині 20–30 см щільність грунту досягла 1,42–1,43 г/см^3, що вище за межею допустимого на 0,12–0,13 г/см^3.

Таблиця 8

Щільність чорнозему опідзоленого в кінці вегетації сільськогосподарських культур, г/см^3

Шар ґрунту, см	Варіант досліду						
	Без добрив	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
Горох							
0-10	1,32	1,32	1,36	1,28	1,25	1,32	1,28
10-20	1,32	1,31	1,34	1,27	1,23	1,31	1,25
20-30	1,36	1,35	1,41	1,31	1,27	1,35	1,30
30-40	1,26	1,24	1,27	1,24	1,21	1,25	1,23
Озима пшениця							
0-10	1,25	1,24	1,27	1,21	1,21	1,24	1,21
10-20	1,26	1,27	1,31	1,25	1,23	1,28	1,24
20-30	1,32	1,32	1,35	1,28	1,25	1,33	1,29
30-40	1,24	1,24	1,25	1,22	1,20	1,25	1,22
Кукурудза на силос							
0-10	1,31	1,29	1,32	1,25	1,24	1,31	1,24
10-20	1,32	1,32	1,36	1,27	1,24	1,33	1,26
20-30	1,41	1,38	1,42	1,32	1,27	1,39	1,32
30-40	1,26	1,25	1,28	1,24	1,22	1,28	1,23

Отже, застосування мінеральної системи удобрення, особливо у високих нормах, негативно відбивається на процесах трансформації щільності чорнозему опідзоленого, що, безумовно, погіршує умови водно-повітряного режиму грунту і формування врожаю вирощуваних культур.

При застосування органічних добрив, особливо у поєднанні з мінеральними – 13,5 т/га гною + $N_{67}P_{102}K_{54}$ у нижчих шарах грунту спостерігається процес його розущільнення, покращення не тільки агрофізичних, а й біологічних показників, підвищення біологічної активності, що в цілому сприяє підвищенню його родючості.

4.3 Урожайність сільськогосподарських культур залежно від систем удобрення в польовій сівозміні

Добрива суттєво впливають не тільки на агрофізичні властивості грунту, а й на врожайність вирощуваних культур. У таблиці 9 приведено врожайність гороху, пшениці озимої і кукурудзи на силос по роках досліджень і середній показник.

Горох позитивно реагує на застосування мінеральних добрив. Культура зі слабо розвиненою кореневою системою добре розвивається при наявності мінеральних форм елементів живлення. Тим більше, що безпосередньо під горох ми вносимо у мінеральній системі по варіантах $N_{10}P_{10}K_{10}$, $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$.

На варіантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ прибавка врожаю за роки досліджень проти контролю склала 4,8 ц/га. У наступному варіанті, де норма добрив збільшена у 2 рази, прибавка проти попереднього збільшилась на 1,9 ц/га, а за рахунок наступного збільшення норми добрив – 3,6 ц/га.

В органічній системі при 9 т/га добрив приріст урожаю проти контролю склав 5,7 ц/га, а збільшення норми до 18 т/га дало прибавки порівняно з варіантом 9 т/га на 3,2 ц/га.

Найбільш продуктивною виявилась органо-мінеральна система удобрення, де на варіанті гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$ отримано 33,6 ц/га зерна гороху.

Значним приростом урожайності реагує на добрива й пшениця озима. У мінеральній системі при внесенні одинарної норми добрив в середньому за три роки досліджень урожайність підвищилась на 19 ц/га. у варіантах, де норма послідовно підвищувалась на $N_{45}P_{45}K_{45}$, урожайність зростала відповідно на 5,9 і 6,3 ц/га. Тобто, ефективність наступних підвищень норми знижується.

Таблиця 9

Урожайність сільськогосподарських культур залежно від систем удобрення в польовій сівозміні (середнє за 2022-2023 рр.), ц/га

Варіант / Культура	Контроль	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Гній 9 т	Гній 18 т	Гній 9 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$
Горох	21,0	25,8	27,7	31,3	26,7	29,9	26,2	33,5
Пшениця озима	47,4	66,1	72,0	79,7	64,7	72,6	77,0	80,2
Кукурудза на силос	287	386	457	503	374	453	393	520

Пшениця добре реагує і на органічні системи удобрення. Лише 9 т/га органічних добрив дають прибавку 7,6 ц/га, а послідуюче збільшення норми до 18 т/га дало прибавку 7,9 ц/га. При цьому відчувається позитивний вплив органічних добрив на агрофізичні властивості грунту. Найкраще склався не тільки поживний режим, а й агрофізичні умови для пшениці озимої в органо-мінеральній системі удобрення. У варіанті гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$ одержано найвищу прибавку – проти контролю на 33,1 ц/га, або 41,2 %.

Кукурудза є однією з культур, яка активно реагує на добрива. В нашому досліді ми маємо суттєву прибавку до контролю силосної маси на варіантах з мінеральними добривами – на $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 99 ц/га, або 25,6 %, а при подвійній нормі мінеральних добрив – 37,3 %. Тобто, наступна норма по 45 кг/га NPK дала прибавку до попередньої 11,7 %. Так само й з органічними добривами. Подвійна норма органічних добрив дала не подвійну прибавку, а лише 1,31. Як і для інших культур найбільш продуктивною виявилась органо-мінеральна система у варіанті гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$, де в середньому за три роки зібрали 520 ц/га силосної маси.

В цілому добрива у мінеральні, органічні і органо-мінеральній системі підвищують урожайність гороху, пшениці озимої і кукурудзи на силос. Зі збільшенням норми добрив зростає врожайність, але найбільший ефект їх застосування на одиницю діючої речовини у менших нормах.

РОЗДІЛ 5.
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

5.1 Економічна ефективність систем удобрення сільськогосподарських культур

З попередніх розділів видно, що добрива суттєво впливають на агрофізичні властивості грунту. Але важливим показником ефективності систем удобрення є врожайність сільськогосподарських культур, реальна прибавка за рахунок добрив. Проте така прибавка не завжди буває оправдана понесеними затратами. Тому економічно-господарським показником доцільності застосування добрив є їх окупність, або економічна ефективність.

Для визначення економічної ефективності удобрення ми розраховували вартість добрив, затрати на їх внесення і одержаний прибуток за рахунок додаткової продукції. Хоч такий метод не дає високої точності додаткових затрат, проте ми маємо порівняльну економічну оцінку наших затрат. Економічну ефективність застосування добрив у ланці сівозміни горох-пшениця озима та кукурудза на силос подано в таблиці 10.

У мінеральних системах удобрення гороху найвищу прибавку урожайності порівняно з контролем – 10,3 ц/га отримано на варіанті з потрійною нормою добрив. Проте потрійна норма мінеральних добрив виявилася збитковою, а оптимальною $N_{90}P_{90}K_{90}$. Зростання прибавки урожайності до 10,3 ц/га, при потрійній нормі мінеральних туків була економічно недоцільною.

Серед органічних систем кращим виявився менш затратним варіант з додатковою врожайністю 5,7 ц/га. Органо-мінеральна система удобрення навіть при найвищій прибавці врожайності 12,5 ц/га була мінімально-ефективною.

Таблиця 10

Економічна ефективність систем удобрення у ланці польової сівозміни за 2022-2023 рр.

Варіанти	Горох				Пшениця озима				Кукурудза на силос			
	Прибавка до контролю	Вартість прибавки	Вартість застосування добрив	Економічна ефективність	Прибавка до контролю	Вартість прибавки	Вартість застосування добрив	Економічна ефективність	Прибавка до контролю	Вартість прибавки	Вартість застосування добрив	Економічна ефективність
	ц/га	грн			ц/га	грн			ц/га	грн		
$N_{45}P_{45}K_{45}$	4,8	3263	2845	1,13	19,1	8285	2845	2,90	98	2972	2845	1,09
$N_{90}P_{90}K_{90}$	6,7	4555	3687	1,22	24,8	10857	5689	1,91	171	5101	5689	1,39
$N_{135}P_{135}K_{135}$	10,3	7003	8533	0,83	32,7	14215	8533	1,67	215	6481	6533	0,98
Гній 9 т	5,7	3875	1801	2,14	17,7	7675	1801	4,27	86	2612	1801	1,46
Гній 18 т	8,9	6051	3602	1,67	25,6	11119	3602	3,09	165	4981	3602	1,37
Гній 9 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	5,2	3535	3477	1,03	19,8	8677	3479	2,48	107	3182	3479	0,92
Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$	12,5	8501	7754	1,05	33,2	14433	7756	1,85	234	6991	7756	0,91

Показники ефективності систем удобрення озимої пшениці виявились оптимістичними. У всіх варіантах нашого досліду маємо економічно ефективним застосування добрив. Проте і тут проглядається обернена залежність ефективності добрив від норм їх внесення.

В мінеральній системі зі збільшенням норм добрив утричі, приріст урожаю збільшується лише у 1,71 рази, а економічна ефективність знижується в 1,75 рази. В органічній системі при збільшенні норм гною від 9 до 18 т/га сівозмінної площі прибавка врожаю збільшується в 1,44 рази, а ефективність її застосування знижується в 1,38 рази. Спостерігається обернена залежність – при підвищенні норм добрив знижується їх ефективність.

Проте органічна система застосування добрив виявляється майже в 2 рази ефективнішою за мінеральну. Тут спрацьовує позитивна для органічних добрив на агрофізичні властивості грунту, як незамінний фактор підвищення родючості.

В органо-мінеральній системі зростає прибавка врожайності озимої пшениці з підвищенням норм добрив, проте вона виявляється економічно неоправданою. Мінеральна частина добрив у цих варіантах підвищує врожайність порівняно з органічними, але поряд з цим мінеральні добрива знижують економічну ефективність їх застосування.

Економічна ефективність удобрення кукурудзи на силос у мінеральній системі найвищою виявилась при подвійній нормі добрив – 1,38, а при потрійній була на межі збитковості. Цікаво, що зростання врожайності у мінеральних системах неадекватно збільшено норми добрив. При цьому, мабуть, проявляється згубний вплив на умови живлення, погіршення агрофізичних властивостей грунту зі зростанням норми мінеральних добрив. Кукурудза позитивно реагує на внесення органічних добрив, при чому зростання врожайності пропорційно збільшенню норм добрив, чого не спостерігається у мінеральних системах удобрення. Органо-мінеральні

системи застосування добрив навіть при суттєвому підвищенні врожайності кукурудзи виявилися збитковими.

Поряд з цим розрахунки чистого прибутку на гектар сівозмінної площі показують, що він не завжди там, де найвища врожайність, або окупність мінеральних добрив. Найвищим цей показник на горосі – 2452 гр/га та кукурудзи на силос – 1380 гр/га був на варіанті 18 т/га органічних добрив, а пшениці озимої 6680 гр/га при внесенні 13,5 т/га гною та $N_{67}P_{102}K_{54}$.

5.2 Енергетична ефективність систем удобрення у ланці польової сівозміни

Енергетична ефективність – це відношення кількості енергії у прибавці врожаю, отриманої за рахунок добрив, до енерговитрат на виробництво і застосування цих добрив під відповідну культуру.

В нинішніх умовах в Україні динаміка вартісних показників не відображає реальної тенденції зміни економічної ефективності використання добрив. Натомість, енергетична ефективність не залежить від коливання курсу валют, динаміки цін, інфляцій тощо.

Проте розрахунками енергетичної ефективності не можна замінити економічну оцінку добрив. Тому важливо мати результати застосування добрив і в грошовому виразі.

Розрахунки показують, що застосування як органічних, так і мінеральних на чорноземі опідзоленому енергетично оправдане у приведеній ланці польової сівозміни.

Коефіцієнт енергетичної ефективності, тобто співвідношення між кількістю енергії у додатку врожаю до контролю і внесених добрив перевищує 1 (табл. 11). Цей показник залежить як від вирощуваних культур, так і від систем та норм добрив.

При вирощуванні гороху, енергетична ефективність за досліджуваними варіантами удобрення змінюється від 1,25 до 2,92. У мінеральній системі при збільшенні норм добрив енергетична ефективність знижується від 1,75 у варіанті $N_{45}P_{45}K_{45}$ до 1.25, тобто у 1.4 рази при потрійній нормі елементів живлення. В органічній системі при збільшенні норм гною від 9 до 18 т/га показник ефективності норми знизився від 2.66 до 2.08, або у 1,27 рази. Лише в органо-мінеральній системі удобрення зі збільшенням норм добрив спостерігається зростання цього показника від 1,87 до 2,92, тобто в 1,56 рази.

В цілому така тенденція щодо зниження енергетичної ефективності мінеральних добрив зі збільшенням їх норми має місце у варіантах й з іншими культурами.

Удобрення пшениці озимої супроводжується чітко вираженою різницею показника енергетичної ефективності залежно від норм добрив. При збільшенні норм елементів мінерального живлення у 3 рази, їх енергетична ефективність знижується від 6,46 до 3,69, або на 42 %. В органо-мінеральній системі з підвищенням норм добрив цей показник знизився від 7,50 до 7,23, або лише на 3,6 %.

У варіантах з кукурудзою на силос також має місце зниження енергетичної ефективності як мінеральних, так і органічних добрив з підвищенням їх норм внесення. В мінеральній системі цей показник знижується від 8,87 до 6,19, тобто на 30 % , а в органічній від 9,43 до 9,00 – на 4,5 %. В органо-мінеральній системі, як і під горохом, спостерігається з підвищенням норм добрив зростання їх енергетичної ефективності від 9.93 до 12,65, або на 12,5 %.

Таблиця 11

Енергетична ефективність систем удобрення у ланці польової сівозміни за 2022-2023 рр.

Варіанти	Горох		Пшениця озима		Кукурудза на силос	
	Прибавка до контролю, ц/га	Енергетична ефективність	Прибавка до контролю, ц/га	Енергетична ефективність	Прибавка до контролю, ц/га	Енергетична ефективність
$N_{45}P_{45}K_{45}$	4,8	1,76	19,1	6,45	98	8,86
$N_{135}P_{135}K_{135}$	10,3	1,26	32,7	3,68	215	6,18
Гній 9 т	5,7	2,67	17,7	7,66	86	9,42
Гній 18 т	8,9	2,09	25,6	5,55	165	9,01
Гній 9 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	5,2	1,88	19,8	7,51	105	9,92
Гній 13,5 т + $N_{67}P_{102}K_{54}$	12,5	2,93	33,2	7,22	232	12,64

РОЗДІЛ 6.
АНАЛІЗ УМОВ І ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ НЕБЕЗПЕК ПІД ЧАС ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В сучасній технології вирощування сільськогосподарських культур широко застосовують техніку, засоби захисту, мінеральні добрива. Все це сприяє підвищенню врожаю, але в той же час вимагає організації відповідних умов і охорони праці.

Умови праці – це сукупність факторів зовнішнього середовища, що впливають на здоров'я та працездатність людини в процесі праці. Умови праці на кожному робочому місці формуються під впливом таких груп факторів: виробничих, санітарно-гігієнічних, факторів безпеки, інженерно-психологічних, естетичних та соціальних.

Основні положення з охорони праці в Україні встановлені і регламентується Конституцією України, Кодексом законів про працю і законом України «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими актами.

Велике значення має охорона праці в сільському господарстві, особливо при роботі з мінеральними добривами. Правильне і своєчасне внесення добрив у ґрунт потребує застосування високопродуктивної техніки, чіткої організації робіт, і безумовно, створення необхідних гігієнічних умов для тих, хто з ними працює.

Мінеральні добрива, в залежності від їх хімічних і фізичних властивостей, можуть діяти на людину у вигляді парів, газоподібних речовин та аерозолів, які шкідливо діють на організм. Потрапляючи на шкіру або в органи дихання, вони можуть негативно впливати на здоров’я, а в деяких випадках можуть бути небезпечними для життя. Сипкі і порошкоподібні азотні, фосфорні й калійні добрива мають властивість сильно подразнювати шкіру, слизові оболонки і дихальні шляхи.

Під час внесення добрив у сільськогосподарських підприємствах використовують необхідну техніку, але у нашому випадку, на дослідній ділянці, через відносно малу її територію та необхідність внесення добрив у визначеній кількості, їх внесення відбувається вручну. Для захисту від шкідливих парів, газів чи пилу використовують спецодяг і захисні засоби, які включають в себе: комбінезони (з водонепроникних тканин), чоботи, протигази, респіратори (ШБ - 1; Ф - 62 Ш і У - 2К), окуляри, бавовняні рукавиці із спеціальним покриттям і т.д.

Згідно з «Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» (НПАОП 0.00 - 4.12 - 05), усі працівники, студенти проходять навчання, інструктаж з охорони праці, вивчають правила надання першої долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правила поведінки при виникненні аварій.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки (згідно з переліком таких робіт, що затверджується наказом Держгірпромнагляд), а також де є необхідність у професійному підборі, проходять попереднє спеціальне навчання і перевірку знань з питань охорони праці в термін, встановлений відповідними галузевими нормативними актами, але не рідше одного разу на рік. Допуск до роботи осіб, що не пройшли навчання та перевірку знань – забороняється [38].

Для здійснення безпечних умов праці на базах і складах мінеральних добрив повинні бути в наявності: спецодяг, аптечки першої допомоги, інструкції і плакати з техніки безпеки, водопостачання, каналізація, опалення, вентиляція, побутові приміщення, компресорні установки для очистки машин.

При внесенні добрив не дозволяється знаходитись поряд з робочими органами машин, а при роботі дискових розкидачів ближче 50–80 м від них. Завантаження машин добривами слід проводити лише при повній її зупинці. Всі приводи машини повинні бути закриті захисними щитками. Змащування і регулювання робочих органів слід проводити лише при повній зупинці

машини і виключеним двигуном трактора. Не дозволяється сидіти на машині і знаходитися між трактором і машиною при транспортуванні і внесенні добрив. Швидкість руху машин при внесенні добрив не повинна бути вищою встановленої технічними умовами. В транспорті з добривами заборонено перевозити людей, харчові продукти, питну воду і предмети домашнього використання.

При роботі з навантажувачами можна виходити з трактора тільки при опущеному на землю ковші. Під час роботи не дозволяється підходити до навантажувача з боку робочих органів. Злежані добрива перед навантаженням необхідно розрихлити. Не можна піднімати вантажі більшої маси, ніж передбачено технічними умовами навантажувача. При навантаженні і розвантаженні варто знаходитися з навітряної сторони. Після закінчення роботи вантажопідйомних механізмів і під час перерви, вантаж не повинен залишатися в піднятому стані. Забороняється піднімати і переміщати вантажі з людьми і над людьми. При транспортуванні незатарених сипучих мінеральних добрив, з метою запобігання їхніх втрат, кузова автомашин і причепів повинні бути герметизовані й укриті брезентом. При безперервній роботі з добривами рекомендується робити п’ятихвилинні перерви через кожні півгодини роботи в респіраторі.

Робітники і студенти, які працюють з добривами повинні щороку проходити медогляд. До роботи не можна допускати: підлітків віком до 18 років, вагітних жінок, а також тих жінок, які мають грудних дітей та осіб, що мають медичні протипоказання. Вживати їжу і відпочивати під час роботи дозволяється лише у обладнаних для цього місцях. На робочих місцях мають бути бачки з питною водою, умивальники, мило та рушники. Перед вживанням їжі необхідно добре вимити руки та обличчя з милом, водою прополоскати ротову порожнину, видавати спецодяг та інші засоби індивідуального захисту, а після закінчення – прийняти душ [39].

Добрива на великих ділянках необхідно вносити груповим методом, при якому поля розбивають на загінки і для кожної машини відводять ділянки,

рівні ширині захвату даного агрегату. Відстань між агрегатами, що рухаються по полю обирають, враховуючи напрям і силу вітру, а також конфігурацію поля, їх розташовують таким чином, щоб добрива, які розкидаються передньою машиною (коли на полі працює більше одного агрегату), не потрапляли на машину, що їде за нею. Якщо працює кілька агрегатів, то призначається старший групи. Він слідкує за виконанням правил техніки безпеки [40].

Враховуючи реально існуючі шкідливі фактори при роботі з мінеральними добривами, роботу потрібно організовувати так, щоб знизити їх негативну дію на організм людини та навколишнє середовище.

Розглянемо модель шкідливих виробничих факторів при внесенні мінеральних добрив (рис. 3) .

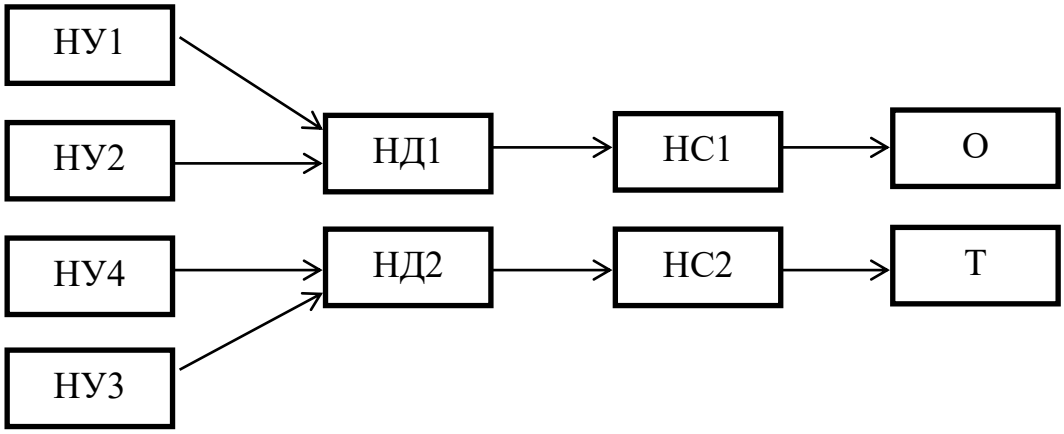


Рис. 3. Модель шкідливих виробничих факторів при внесенні мінеральних добрив

НУ 1 - виділення фосфорного ангідриду і вільної фосфорної кислоти;

НУ2 - незадовільне проведення навчання з охорони праці;

НУ3 - відсутність решітки на розкидачу;

НУ4 - несправність машин та агрегатів, що призначені для внесення добрив;

НД1 - робота без засобів індивідуального захисту;

НД2 - обслуговуючий персонал знаходиться в зоні роботи розкидача мінеральних добрив;

НС 1 - потрапляння пилу через дихальні шляхи або відкриті ділянки тіла;

НС2 - попадання злежаних кусочків добрив по обслуговуючих працівникам;
О - отруєння, опіки шкіряного покриву, дихальних шляхів;
Т - травма.

Для підвищення рівня техніки безпеки і охорони праці при виконанні робіт з добривами необхідно впроваджувати такі заходи:

1. Підвищити якість проведення інструктажів з охорони праці відповідно до існуючого законодавства про охорону праці з послідуючою перевіркою знань;

2. Відповідно до існуючого законодавства про охорону праці провести навчання з послідуючою перевіркою знань.

3. Посилити контроль за виконанням правил безпеки праці під час проведення сільськогосподарських робіт.

4. Видавати спецодяг та інші засоби індивідуального захисту робітникам, студентам;

5. Вчасно проводити заміну засобів захисту;

6. Не допускати до роботи несправні механізми;

7. Щодня після роботи чистити спецодяг від залишків мінеральних добрив і прати раз на тиждень;

Особливо необхідно посилити контроль за дотриманням всіх застережних заходів з охорони праці, це дасть можливість покращити не тільки самі умови та якість праці в цілому, а й підвищити її продуктивність.

РОЗДІЛ 7.
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГРУНТУ

Одним із видів деградації грунту є їх забруднення різними речовинами антропогенного походження, що надходять у навколишнє середовище у більших кількостях, ніж за природнього їх колообігу. Екологічну небезпеку становить вже те, що в навколишньому природньому середовищі перевищено фоновий вміст деяких хімічних речовин. Ці речовини надходять з антропогенних джерел, поступово накопичуються переважно у грунтах. В таких умовах, навіть за невисоких темпів і кількостей їх надходження, можуть ушкоджуватись і порушуватись функціонування життєвих циклів найбільш чутливих видів організмів, що з часом призводить до небажаних змін системи в цілому [41].

У сфері сільськогосподарського виробництва із землеробством пов’язане забруднення середовища різними речовинами, що входять до складу засобів хімізації: традиційних і нетрадиційних добрив, меліорантів, зрошувальних вод і, особливо, отрутохімікатів, а також обумовлюється роботою техніки і знарядь для виконання агротехнічних операцій за вирощування сільськогосподарських культур.

Нетрадиційні добрива, виготовлені з різних відходів, часто містять великий набір забруднюючих речовин з високими концентраціями і до таких часто відносяться осади стічних вод великих міст. З традиційних мінеральних добрив найчастіше фосфорні мають домішки Sr, Cd, F, так як вони містяться в фосфоритах і, особливо, апатитах, які служать сировиною для приготування різних видів фосфорних добрив. Збільшення загального вмісту металів у грунтах під впливом фосфорних добрив, як правило, не відбувається. Проте рухливість Sr і Cd в таких грунтах може бути підвищена.

Аналізуючи сільськогосподарські джерела забруднення біосфери, слід відзначити вплив не тільки домішок, присутніх в добривах, а й самих діючих речовин, розпорошення яких в екосистемі супроводжує їх корисну дію. Підраховано, що з 23 млн. т азоту добрив внесених у грунт на планеті, з урожаєм виноситься половина, або 12 млн. т, третина потрапляє в атмосферу, а десята частина попадає в поверхневі і підгрунтові води. Надходження азотних сполук з грунту в атмосферу – це не лише економічні втрати, але й пряма загроза озоновому шару планети і внесок в парниковий ефект.

Сполуки фосфору і інших елементів, що вносяться з добривами, внаслідок водної ерозії з полів надходять в озерні і річкові води та викликають ефтріфікацію (цвітіння) водойм. Ефтріфікація водойм – наслідок надходження в них біогенних елементів не тільки з внесених на поля добрив, але й атмосфери, відгодівельних комплексів, птахофабрик та комунальних підприємств.

Очищення забруднених грунтів потребує комплексного підходу до вирішення і можливе лише за поєднання правових, організаційних і технологічних заходів в одну дієву систему охорони і раціонального використання грунтів. Така система повинна включати як попереджувальні (профілактичні) заходи, що запобігають потраплянню забруднювачів у грунти, так і технологічні прийоми їх ефективного очищення від токсичних речовин.

Поєднання цих двох напрямів боротьби з забрудненням грунтів передбачає запровадження ефективного нормативно-правового регулювання використання земельних ресурсів, технологічного переоснащення підприємств, перехід їх на ресурсозбережні і безвідхідні технології, нормування надходження токсичних речовин з викидами, пестицидами, меліорантами, добривами, запровадження передових технологій очищення грунтів, ефективного еколого-токсикологічного контролю довкілля.

Основні принципи правової охорони грунтів від забруднення викладені у Земельному Кодексі України, відповідно з якими, забороняється

господарська та інша діяльність, що зумовлює забруднення земель і грунтів понад встановлені граничні допустимі концентрацій небезпечних речовин. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у грунтах, а також перелік цих речовин мають запроваджуватися спеціально уповноваженими органами виконавчої влади у галузі охорони здоров'я та санітарного нагляду, екології та природніх ресурсів.

Передбачена також відповідальність винних у забрудненні, засміченні чи псуванні грунтів. Кодекс України про адміністративні правопорушення передбачає, що спеціально уповноважені органи виконавчої влади в галузі охорони земель у разі виявлення фактів забруднення грунтів небезпечними речовинами мають ужити заходів до обмеження, тимчасової заборони чи припинення діяльності підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, притягнення винних до відповідальності згідно із законом і проведення в установленому порядку робіт із дезактивації забруднених земель, консервації угідь та визначення їх цільового використання.

ВИСНОВКИ

Вивчення тривалого впливу різних систем застосування добрив у польовій сівозміні на агрофізичні властивості чорнозему опідзоленого та врожайність й ефективність вирощування сільськогосподарських культур дає можливість зробити наступні висновки:

1. У мінеральних системах з підвищенням норм добрив зменшується вміст агрономічно цінних агрегатів та підвищується щільність грунту до рівня критичних значень.

2. В органічних системах удобрення з підвищенням норм гною до 18 т/га поліпшується структурний стан грунту за рахунок зменшення кількості як макро-, так і мікроагрегатів, відбувається його розущільнення до оптимальних показників 1,1 – 1,3 г/см^3.

3. При сумісному застосуванні органічних і мінеральних добрив як структурний стан, так і щільність грунту знаходяться на оптимальному рівні, причому це спостерігається не тільки в орному шарі у зоні внесення добрив, а й на глибині до 40 см.

4. За вегетаційний період під всіма культурами досліджуваної ланки сівозміни спостерігається зменшення вмісту агрономічно цінних агрегатів, грунт ущільнюється. Особливо це чітко проявляється у мінеральних системах удобрення на посівах кукурудзи на силос, що зумовлено характером технології як просапної культури.

5. Підвищення норм добрив у всіх досліджуваних системах сприяє зростанню врожайності досліджуваних культур, зокрема максимальний середньорічний показник гороху 33,5 ц/га, пшениці озимої – 80,2 ц/га і кукурудзи на силос – 520 ц/га одержано при потрійній нормі в органо-мінеральній системі.

6. Найвищий рівень економічної ефективності застосування добрив – для гороху 2,15, пшениці озимої і кукурудзи на силос відповідно 4,26 і 1,45

отримано на варіанті 9 т/га органічних добрив. Урожайність цих культур суттєво зростає з підвищенням норм добрив, але економічна ефективність їх знижується.

Проте, як показують розрахунки, суттєве підвищення врожайності цих культур за рахунок добрив та найвищий прибуток на один гектар сівозмінної площі при вирощуванні гороху і кукурудзи на силос одержано з внесенням 18 т/га органічних добрив, а пшениці озимої – на варіанті гній 13,5 т/га + $N_{67}P_{102}K_{54}$.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За результатами досліджень агрофізичних властивостей чорнозему опідзоленого та продуктивності польових культур у ланці 10-пільної сівозміни при різних системах і нормах мінеральних, органічних і органо-мінеральних добрив, за позитивним впливом на структурний стан і щільність грунту та одержаним прибутком на один гектар сівозмінної площі рекомендуємо внесення 18 т/га органічних добрив та 13,5 т/га органічних добрив + $N_{67}P_{102}K_{54}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бикін А.В. Вплив застосування добрив на агрофізичний стан лучно-чорноземного карбонатного ґрунту та врожайність пшениці озимої / А.В. Бикін, М.Ф. Бережняк, М.В. Макаренко, М.П. Бордюжа. // «Наукові доповіді НҮБіП» 2009-3 (15) http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2009-3/09bavyww.pdf

2. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О. Г. Рудь, О. В. Кічаєва та ін. ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 563 с.

3. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник / С.Г.Чорний. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.

4. Біологічне рослинництво: Навчальний посібник / [О.І. Зінченко, О.С. Алексєєва, П.М. Приходько та їн.]; sa ред. О.І. Зінченка. К.: Урожай, 2003. 400 с.

4. Барвінський А.В. Агрофізичні властивості сірих лісових ґрунтів у зв'язку з систематичним застосуванням добрив та меліорантів / А.В. Барвінський // Вісник Харк. Нац.ун-ту ім. Докучаєва. 2003. №1. С. 91–95.

5. Черачукін М. Вплив добрив і сівозмін на агрофізичні властивості грунту / М. Черачукін, І. Семеняка, Ю. Мащенко, А. Матях // Агробізнес Сьогодні. 2022. Вип. 2. С. 35–38.

6. Медвєдєв В.В. Оптимізація агрофізічних властивостей черноземів / В.В. Медвєдєв. К. 2018. 158 с.

7. Медвєдєв В.В. Структура грунту / В.В. Медвєдєв. Харьків: Вид. «13 типографія». 2008. 406 с.

8. Медвєдєв В.В. Закономірності залучення гранулометричних елементів у мікроагрегати в ґрунтах України / В.В. Медвєдєв, Т.М. Лактіонова, І В. Пліско //Агрохімія і ґрунтознавство. 2011. Вип. 61. С. 22–31.

9. Недвига М.В. Оцінка потенційної здатності чорнозему опідзоленого до агрегації за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні / М.В. Недвига, Ю.П. Галасун Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Вип. 82. Умань, 2013. С.153–159.

10. Господаренко Г.М. Фізико-хімічні властивості чорнозему опідзоленого в тривалому польовому досліді / Г.М. Господаренко, І.В. Прокопчук, О.В. Нікітіна. // Збірник наукових праць Уманського НУС Випуск 87 частина І 2015 С.7–13.

11. Карасюк І.М. Зміна агрофізичних та фізико-хімічних властивостей грунтів після довготривалого застосування добрив у сівозміні / І.М. Карасюк, Л.В. Чорна // Вісник аграрної науки. 1999. спецвипуск С. 34–39.

12. Демиденко О.В. Агрохімічні властивості структурних агрегатів чорнозему в умовах ґрунтозахисного землеробства / О.В. Демиденко, М.К. Шикула // Вісник аграрної науки. 2002. № 12. С. 16–22.

13. Гордієнко В.П. Деякі закономірності руху грунтової вологи по капілярам / В.П. Гордієнко // Грунтознавство. 1997. №10. С. 146–149.

14. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк, В.Ф. Сайко, М.С. Корнійчук, О.О. Соколов та ін. Київ: «Урожай». 2012. С. 32–34.

15. Чорна Л.В. Система удобрення як умова оптимальних фізичних та фізико-хімічних властивостей грунту // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вип. / Грунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України. Книга третя. Харків. 2002. С. 168–170.

16. Мазур Г.А. Вплив засобів хімізації на агрофізичні параметри родючості дерново-підзолистих грунтів / Г.А. Мазур, А.В. Барвінський // Вісник аграрної науки. 2017. № 10 С. 23–29.

17. Недвига М.В. Зміни гранулометричного складу чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні / М.В.

Недвига, Ю.П. Галасун // Збірник наукових праць Уманського НУС. Випуск 76. ч. І. 2011 С. 34–41.

18. Чекар О.Ю. Роль гумусу в стабілізації грунтових процесів у чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України / О.Ю. Чекар // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. Випуск, Харків: 2002. С. 150–156.

19. Бурикіна С.І. Агрофізичні властивості чорнозему південного при систематичному застосуванні різних систем добрив / С.І. Бурикіна, З.П. Архипенко // Агрохімія і грунтознавство. 2016. Вип. 58. С. 128–134.

20. Носко Б.С., Дуда Г.Г., Непочатое О.П., Скороход В.І., П'янова І.Є. Вплив добрив на зміну основних показників родючості чорноземних ґрунтів Лівобережного лісостепу України в умовах локального агроекологічного моніторингу. / Б.С. Носко, Г.Г., Дуда, О.П. Непочатов та ін. // Агрохімія і ґрунтознавство. 1996, Вип. 58. 242 с.

21. Недвига М.В. Вплив тривалого застосування добрив у польовій сівозміні на агрофізичні властивості чорнозему опідзоленого та врожайність сільськогосподарських культур / М.В. Недвига, Ю.П. Галасун, О.Ю. Стасіневич // Генеза, географія та екологія грунтів. Збірник наукових праць – Львів: 2015. С. 167–175.

22. Агрохімія / За ред. М.М. Городнього. К.: Вища школа, 1995. 526 с.

23. Філон В.І. Вплив різних форм мінеральних добрив на органічну речовину ґрунтів / В.І. Філон // Вісник аграрної науки. 1998. №8. С. 5–9.

24. Черемха Б. Хімічна меліорація проти деградації грунтів / Б. Черемха // Пропозиція. 2005. № 2. С. 60–61

25. Філон В.І. Вплив калійних добрив на структурний і гумусовий стан чорноземів типових глибоких В.І. Філон // Вісник аграрної науки. – 2021. №8. С. 20–22.

26. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / За ред. М.К. Шикули // «Оранта» К.: 2008. 678 с.

27. Охорона грунтів і відновлення їх родючості: Посібник / За ред. В.О. Забалуєва – К.: 2013. 312 с.

28. Мосіюк О.П. Економічна ефективність застосування добрив / О.П. Мосіюк, В.Г. Хіміч. К.: Урожай, 2007. 132 с.

29. Куценко О.М. Агроекологія / О.М. Куценко, В.М. Писаренко. – К.: Урожай, 2015. 165 с.

30. Дегодюк Е.Г. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк, В.Ф. Сайко, О.О. Соколова та ін. – К.: Урожай, 2002, С. 32–34.

31. Галасун Ю.П. Вплив тривалого застосування різних доз та систем удобрення на щільність складення чорнозему опідзоленого за тривалого застосування добрив у сівозміні / Ю.П. Галасун // «Актуальні проблеми сучасного землеробства» Луганськ.: 2003. С. 117–122.

32. Чорна Л.В. Щільність грунту залежно від норм і системи удобрення / Л.В. Чорна // Збірник наукових праць Уманського НУС. Умань.: 2018. С. 84–87

33. Чорна Л.В. Щільність та вологоємність як фактори, що підтримують родючість грунту / Л.В. Чорна // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомч. наук. зб. Спец. вип. Частина друга. – Харків. Вид-во «Аграрна наука» 2008. С. 41–43

34. Козлов М.В. Агрохімічне забезпечення високопродуктивних технологій вирощування зернових культур / М.В. Козлов, А.А. Плішко. К.: Урожай, 2011. 232с.

35. Скрильник Є.В. Енергетична і економічна оцінка технологічних процесів виробництва та застосування органо-мінеральних добрив / Є.В. Скрильник, А.Ф. Федоров // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вип. 61 – К.: Аграрна наука. 2021. С. 101–107.

36. Геркіял О.М. Агрохімія: навчальний посібник / О.М. Геркіял, Г.М. Господаренко, Ю.В. Коларьков. Умань, 2008. 300с.

37. Бутко Д.А. Безпека технологічних процесів при виробництві та післязбиральній обробці продукції рослинництва: навч. посібник / Д.А. Бутко, В.Л. Лущенков, Ю.П. Рогач, В.В. Петров. Сімферополь: Бізнес-Інформ, 2002. 344с.

38. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.П. Целинський, С.М. Козирев. К: Урожай, 1990. 234с.

39. Ганзюк М.П. Основи охорони праці: підруч. для студ. вищих навч. закладів / М.П. Ганзюк, Є.П. Желібко, М.О. Халімовський. За ред.. М.П. Ганзюка. К.: Каравела, 2003. 408с.

40. Забалуєв В.О. Охорона грунтів і відтворення їх родючості / В.О. Забалуєв, А.Д. Балаєв, О.Г. Тараріко та ін. // Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: 2013. 312с.

ДОДАТКИ