

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

05.09 – МР.1739 «СК» 2024.08.31. 02 ПЗ

ВЕРВЕСА КОСТЯНТИНА ЮРІЙОВИЧА

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УДК 631.4: 631.543.83:378(075)

ПОГОДЖЕНО

Декан

Агробіологічного факультету

_____ **Віталій КОВАЛЕНКО**

"__" _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

грунтознавства та охорони ґрунтів

ім. проф. М.К. Шикולי

_____ **Віктор ЗАБАЛУЄВ**

"__" _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Фітомеліоративні можливості складних агроценозів за
рекультивациі порушених земель в зоні поширення чорноземів
звичайних

Спеціальність 201 Агрономія

Освітня програма Агрохімія і ґрунтознавство

Освітньо-професійна програма

Керівник магістерської роботи:

_____ **доктор с.-г. наук, проф. ЗАБАЛУЄВ Віктор Олексійович**

Виконав _____ **ВЕРВЕС Костянтин Юрійович**

КИЇВ-2024

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Фітомеліоративні можливості складних агроценозів за рекультивації порушених земель в зоні поширення чорноземів звичайних» виконана на кафедрі ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули та дослідних ділянках НДГ «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка». Інтеграція фітомеліорації у комплексні програми відновлення ґрунтів, поєднана з іншими екологічно орієнтованими підходами, здатна суттєво підвищити ефективність збереження та використання чорноземів звичайних. В роботі розглянуто механізм фітомеліоративної дії складних агроценозів за рахунок біологічного розпушування ґрунту, фітоекстракції та фітодеградації, формування стабільного органічного шару та стійкого мікробіоценозу. Для наших досліджень ми використали ділянки розміром від 20 м², оскільки метою було вивчення впливу різних культур на ґрунтові показники та взаємодію рослин. Базовою культурою була обрана кукурудза через її економічне та екологічне значення в регіоні. Конюшина використовувалася як культура-супутник через її здатність фіксувати азот, гірчиця служила покривною культурою для придушення бур'янів і збагачення ґрунту, а люцерна була включена як багаторічна рослина з глибоким корінням для покращення структури ґрунту та вмісту органічної речовини. В роботі доведено екологічну і економічну ефективність застосування складних агроценозів

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СКЛАДНІ АГРОЦЕНОЗИ, КУКУРУДЗА НА ЗЕРНО, ЧОРНОЗЕМ ЗВИЧАЙНИЙ

ABSTRACT

The master's thesis on «Phytomeliorative possibilities of complex agrocenoses during the reclamation of disturbed lands in the distribution zone of ordinary chernozems» was conducted at the Department of Prof. M. K. Shykula Soil Science and Soil Conservation and the research plots at Oleksandr Muzychenko Velykosnytynske Educational and Research Farm. The phytomelioration integration into comprehensive soil conservation and remediation programs, combined with other environmentally oriented approaches, can significantly increase the efficiency of conservation and using of ordinary chernozems. The paper considers the phytomeliorative mechanism of complex agrocenoses through biological soil loosening, phytoextraction and phytodegradation, formation of a stable organic layer and stable microbiocenosis. For our research, we used plots of 20 m², as the aim was to study the impact of different crops on soil parameters and plant interactions. The base crop selected was corn, owing to its economic and ecological significance in the region. Clover was used as a companion crop for its nitrogen-fixing capabilities, mustard served as a cover crop for weed suppression and soil enrichment, and alfalfa was included as a perennial with deep roots to enhance soil structure and organic matter content. The thesis proves the ecological and economic effects for complex agrocenoses.

KEYWORDS: PHYTOMELIORATION, COMPLEX AGROCENOSSES, CORN FOR GRAIN, ORDINARY BLACK SOIL

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД: ГРУНТОВІ ДЕГРАДАЦІЇ ТА ЗАХОДИ З ФІТОВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ	9
1.1. Причини і наслідки ґрунтових деградацій	9
1.2. Рекультивація порушених угідь відповідно до принципів екологічного землеробства	16
1.3. Механізм фітомеліоративної дії агроценозів	19
1.4. Ґрунти в умовах військових дій. Перспективи фіторе mediaції порушених територій	20
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1. Поставлені завдання і програма дослідження	28
2.2. Агрокліматичні умови та характеристика ґрунтів дослідної ділянки ...	29
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЛАДНИХ АГРОЦЕНОЗІВ	37
3.1. Характеристика перспективних рослин для складних агроценозів	37
3.2. Використання комплексних агроценозів у фітомеліорації чорноземів звичайних НДГ Великоснітинське імені О. В. Музиченка	41
РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГРУНТОЗАХИСТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	44
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	53
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ І В ЛАБОРАТОРІЇ	58
ВИСНОВКИ	63
ДОДАТОК А	69

ВСТУП

Незважаючи на складні виклики сьогодення, агробізнес в Україні розвивається і має значні перспективи завдяки природному потенціалу ґрунтів, впровадженню прецизійного землеробства, новітніх підходів до вирощування культур та рекультивації і ремедіації орних земель. Історично сформованим природним ґрунтовим багатством України вважають чорноземи, які за своїми генетичними властивостями і продуктивністю відносять до найбільш родючих ґрунтів світу. В Україні чорноземи розташовані в степовій і лісостеповій зонах, займають 23 млн. га (35% території країни), що становить 7% світових запасів. В довійський час (до 2014 року) в Україні чорноземи займали близько 60% орних земель, а у Лісостеповій зоні на них припадало 9 млн. га, або 70 % ріллі. Використання ґрунтів в землеробстві спричинило заміну природної рослинності та щорічне відчуження більшої частини фітомаси агроценозів, різко змінило процеси гуміфікації, призвело, у більшості випадків, до зниження вмісту запасів гумусу. Навіть такі багаті і буферні ґрунти, як чорноземи типові потужні, під впливом глибокого обробітку й інтенсивного сільськогосподарського використання, схильні до дегуміфікації. При цьому в перші десятиліття збіднюється в основному орний шар, а в наступні роки – весь профіль ґрунту. Стабільність родючості ґрунту і продуктивності земель залежить від динамічної рівноваги між двома: процесами гуміфікацією та мінералізацією органічної речовини. При цілинному ґрунтоутворенні гуміфікація переважає над мінералізацією і поступово відбувається накопичення органічної речовини, вміст з часом стабілізується. Інший напрям процесів гумусоутворення відмічається в орних землях, який має рівноважний/деструктивний характер [3, 28].

Зона чорноземів звичайних є однією з найцінніших агроресурсних

територій України. Чорноземи України відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Однак, розвиток різних галузей промисловості, агропромислового комплексу, а тепер ще й військові дії призводять до швидкої деградації земель. Як свідчать висновки дослідників [2,4,6-9,11,19] рекультивація порушених територій потребує комплексного підходу, який забезпечує відновлення структури і родючості ґрунту, вилученню небезпечних та токсичних речовин та сприяє ерозійній стійкості. Використання фітомеліорації із застосуванням складних агроценозів дозволяє не лише відновлювати фізико-хімічні властивості ґрунту, а й формувати стійкі екосистеми з високою біорізноманітністю. Традиційно фіторекультивація територій здійснюється для зростання стійкості і продуктивності землеробства, а також залучення малопродуктивних земель та формування раціональної структури земельних угідь. Комплексні агроценози являють собою агроекосистеми, що складаються з багатьох взаємопов'язаних компонентів, зокрема різноманітних культурних рослин, тварин, мікроорганізмів, а також неживих факторів середовища (ґрунту, води, кліматичних умов). Вони є результатом взаємодії природних складових та антропогенної діяльності, спрямованої на підвищення продуктивності певних видів рослин, тварин і мікроорганізмів для отримання сільськогосподарської продукції [19, 11]

Актуальність теми дослідження полягає в тому, що фітомеліорація і фіторемедіація чорноземів звичайних має потенціал стати ключовим елементом стратегії збереження та відновлення ґрунтів України. Інтеграція фітомеліорації у комплексні програми відновлення ґрунтів, поєднана з іншими екологічно орієнтованими підходами і здатна суттєво підвищити ефективність збереження та використання чорноземів звичайних

З огляду на вищенаведене, **метою** даної дипломної роботи стало

обґрунтування залучення комплексних агроценозів та їх широкого застосування для процесів рекультивації чорноземів звичайних та оцінка їх продуктивності на прикладі дослідних ділянок НДГ «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» НУБіП України.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД: ГРУНТОВІ ДЕГРАДАЦІЇ ТА ЗАХОДИ З ФІТОВІДНОВЛЕННЯ РОДЮЧОСТІ

1.1. Причини і наслідки ґрунтових деградацій

Руйнівні зміни в ґрунтах є неминучим наслідком будь-якого антропогенного впливу і саме інтенсивність впливу людини визначає особливості пошкодження ландшафтів. Зазвичай ґрунти зберігають стійкість у слабкозмінних термодинамічних та геохімічних умовах, відповідальних за їхнє формування, проте стійкість ґрунтів різко знижується під впливом активних антропогенних дій. Негативним антропогенним впливом прийнято вважати сукупність дій, які не враховують умови генезису ґрунтового покриву, його структурно-функціональну організацію як біокосного утворення, що призводить до зниження його фізичного, хімічного та біологічного стану. За загальновідомим визначенням академіка В. І. Вернадського біокосна речовина або система («біо-» - *жива*, «косна» - *нежива, абіотична*) – це один із типів речовини біосфери, що виникла на стику живої і неживої субстанцій [11,18,19]. Виходячи з такої концепції неможливо розглядати і деградацію і рекультивацію ґрунту виключно як сукупність фізичних і хімічних процесів без урахування взаємодій з біологічним компонентом ландшафту, в першу чергу фітоценозом. На рис. 1.2. наведена схема наслідків основних видів антропогенного впливу. У фундаментальній праці В. М. Заславського сформульовано поняття ґрунторуйнівні процеси як такі, що критично зменшують родючість, погіршують агротехнічні умови, підвищують ерозійну небезпеку та обґрунтовано поділ процесів на чотири групи [9, 11,17, 25]:

I. Виключно природні процеси, які не можуть бути припинені людиною: виверження вулканів, землетруси, повільне тектонічне опускання або підняття території, вихід термальних вод та гейзерів тощо.



Рис. 1.1. Види антропогенного впливу на загальний стан ґрунтів [11]

II. Процеси, інтенсивність яких прямо чи опосередковано (в різному ступені) визначається антропогенним впливом: зсуви, селі, ерозія, дефляція, пірогенне руйнування і т. д.

III. Процеси, що виникають внаслідок антропогенного впливу: вторинне засолення, термокарст, пересушування торфовищ тощо.

IV. Процеси прямого антропогенного руйнування ґрунту: затоплення при створенні водосховищ, забруднення токсичними ксенобіотиками, руйнування під час геологорозвідувальних робіт та експлуатації родовищ корисних копалин, виснаження орних земель тощо

Деградаційні зміни ґрунтів в часі виглядають як динамічні зміни елементарних та локальних ґрунтових процесів, а саме їх прискорення, уповільнення або взагалі спотворення. І наслідком є функціональне порушення у тріаді: елементарні ґрунтові процеси – деградація – біосферно-екологічні функції [11,20].

З точки зору аналізу типологій ґрунтових деградацій розглянемо дві типології: запропоновану В. Медведєвим у 2004 році та І. А. Крупенніковим у 2011 році [5,7,11]. Відповідно до типології Медведєва деградацію класифікують у відповідності до основних чинників і процесів, що руйнують ґрунт. Ця класифікація дозволяє ідентифікувати основні форми деградації ґрунтів та оцінити специфічні фактори, що до них призводять. Вона сприяє розробці ефективних заходів для захисту та відновлення ґрунтових ресурсів, виходячи з типу деградаційного процесу.

Так, Медведєв виділив 5 наступних груп деградаційних процесів [11].

1. Ерозійна деградація: водна ерозія – змивання та вимивання верхнього шару ґрунту під впливом опадів і потоків води, що призводить до втрати родючого шару; вітрова ерозія – винесення дрібних частинок ґрунту вітром, що особливо характерне для степових територій.

2. Фізична деградація: ущільнення – порушення структури через механічний тиск сільськогосподарськими машинами, що знижує аерацію та водопроникність; вторинне заболочування – надмірне насичення ґрунту водою внаслідок кліматичних умов або поганого дренажу; виснаження ґрунтової структури – зменшення пористості, втрата структури, що знижує здатність до водопоглинання і негативно впливає на ріст рослин.

3. Хімічна деградація: засолення – накопичення солей, що негативно впливає на ріст рослин; підвищення концентрації натрію (осолодіння), яка призводить до ущільнення ґрунту та зниження водопроникності; контамінація (забруднення) – накопичення у ґрунті важких металів, пестицидів, ксенобіотиків, які генерально порушують екологічний баланс.

4. Біологічна деградація: зниження вмісту гумусу, що знижує родючість ґрунту, біодоступність макро- та мікроелементів і негативно впливає на ріст культур; зменшення чисельності мікроорганізмів і фауни, що виконує роль у

розкладанні органічних речовин і підтриманні родючості.

5. Техногенна деградація: механічне порушення – пошкодження ґрунтового покриву внаслідок гірничодобувної, будівельної та іншої діяльності; забруднення техногенними відходами, що порушує екологічний баланс.

Не зважаючи на чіткість і логічність, класифікація Медведєва виглядала дуже узагальнено і не враховувала усієї різноманітності і комплексності процесів, які призводять до руйнації / погіршення стану ґрунту.

Саме враховуючи недоліки попередньої класифікації, у авторській концепції І. А. Крупенніков рекомендував використовувати термін «деградації ґрунтів» виключно у множині, виділяючи такі основні типи [11]:

1. Хімічні деградації (10 видів): засолення, осолодіння, закислення, забруднення важкими металами, токсичними речовинами, надмірним вмістом азоту тощо.

2. Фізичні деградації (8 видів): ущільнення, водна ерозія, вітрова ерозія, втрата структури, вторинне заболочування, запилення та інші зміни, що знижують водопроникність і повітрообмін.

3. Біологічні деградації (8 видів): зменшення кількості мікроорганізмів, зниження видової різноманітності едафауни, руйнування рослинного покриву, заселеність агресивними заносними видами рослин тощо

4. Профільні деградації (10 видів). Зміни, що стосуються ґрунтового профілю, включаючи порушення структури ґрунтових горизонтів внаслідок ерозійних процесів, механічного руйнування, перемішування шарів під час обробітку, що порушує природну стратифікацію ґрунту.

5. Географічні та загально-біосферні деградації. Включають

процеси, що залежать від кліматичних умов, географічного розташування та інших біосферних факторів, таких як викиди в атмосферу, зміни в гідрологічному режимі та глобальні зміни клімату, які безпосередньо впливають на ґрунти в масштабі екосистем і ландшафтів. Аналізуючи значення типології ґрунтових деградацій Крупеннікова, слід відмітити, що вона пропонує більш деталізоване бачення процесів, акцентуючи на їх принципових відмінностях один від одного з метою подальшої розробки специфічних заходів для попередження та відновлення різних аспектів ґрунтових систем.

Ключовим фактором, який впливає на деградацію, є рівень їх сільськогосподарської експлуатації зокрема розораність угідь. Станом на 2014 рік перед збройною агресією РФ, за площею сільгоспугідь Україна посідала четверте місце у світі (рис. 1.2), оскільки в Україні розорано 28 млн. га або 56,1 % загальної площі країни. Найбільше орних угідь на території. Херсонщини, це близько 90 %, Черкаській, Кіровоградській, Вінницькій, Запорізькій, Дніпропетровській та Миколаївській областях розораність перевищує 80 %. У цих регіонах порушений баланс між кількістю пасовищ та сіножатей і площами, призначеними для вирощування агрокультур [20].

Розораність призводить в першу чергу до важливих негативних наслідків – зниження вмісту і запасів гумусу. Абсолютне зниження вмісту гумусу в ґрунті протягом півсторіччя його інтенсивного використання становило для дерново-підзолистих ґрунтів у середньому 0,6 % до 3,6 % у чорноземах типових та звичайних. Співставлення вмісту гумусу в ґрунтах за часів Докучаєва (це кінець XIX сторіччя) із сьогоdnішнім станом свідчить, що гумусові втрати протягом майже 130-річного періоду досягли 22,5% в Лісостеповій та 20% – в Степовій зонах України. За даними О. Грінченка із співавторами, на чорноземи звичайні правобережжя лісостепової зони

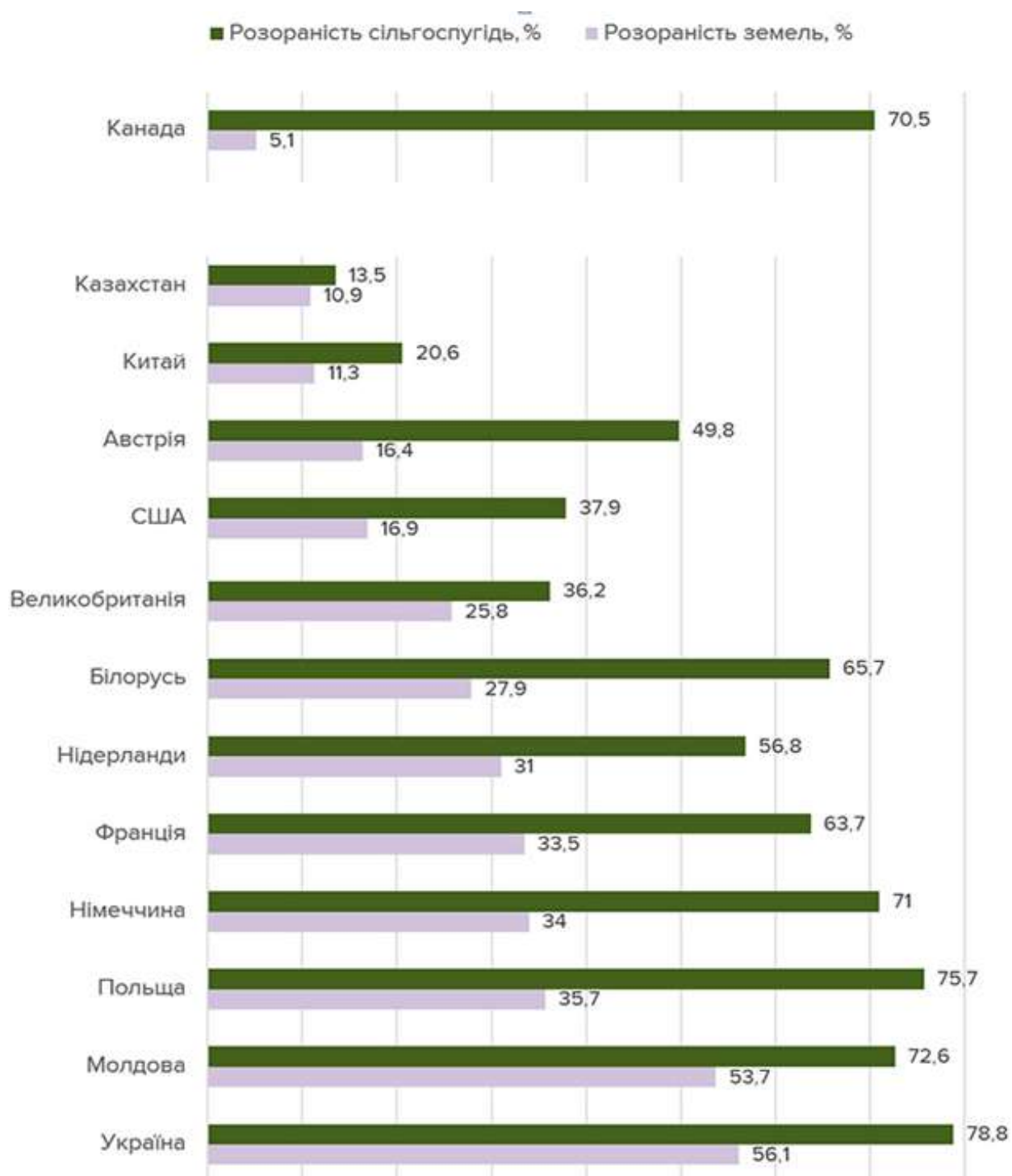


Рис. 1.2. Розораність земель в різних країнах світу [20]

України за 100 років в умовах незрошення втратили 25%, а в умовах зрошення понад 60% гумусу. В абсолютних величинах найбільших щорічних втрат зазнали чорноземи типові – це 0,6...0,8 т/га [6, 10, 11, 12].

Найбільші втрати гумусу відбулися в другій половині ХХ сторіччя за часів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, зокрема збільшення площ наступних просапних культур: цукрового буряку і кукурудзи на зерно. У цей період мали місце найвищі щорічні втрати гумусу, які досягали 0,65 т/га. На жаль, процеси де гуміфікації упродовж останніх років не зупинилися, однак продовжують перебігати з достатньо високою інтенсивністю. Результати паспортизації сільськогосподарських угідь протягом останніх шести турів свідчать, що вміст гумусу в Україні зменшився на 0,5 % в абсолютних одиницях. Слід зазначити, що основні втрати гумусу відбулись між 5 і 6 турами це 0,4 %, коли почали різко зменшуватися обсяги застосування органічних добрив, тобто врожайність досягала за рахунок зниження потенційної родючості ґрунту. За даними Державного комітету статистики України, у 2013 році норма внесення органічних добрив, становила 0.9 т/га. Аналізуючи прискорення втрат гумусу за останні три десятиріччя, можна виділити кілька причин [11,21, 24]:

- недостатнє поверненням у ґрунт органічної речовини
- посилення мінералізації гумусу внаслідок зростання інтенсивності механічного обробітку ґрунту
- внесення незбалансованих за складом мінеральних добрив і активне використання засобів хімічного захисту рослин
- порушення оптимального співвідношення 1:20 внесених органічних і мінеральних добрив (співвідношення означає: 1 кг – органічних і 20 кг мінеральних, в перерахунку на діючу речовину)
- насичення сівозмін високоінтенсивними культурами
- посилення водної та вітрової ерозії ґрунту

Хімічні забруднення також призводять до втрати якості ґрунтів. Категорії хімічних забруднень включають: важкі метали (мідь, свинець,

цинк, кадмій тощо) з промислових відходів; пестициди та агрохімікати, які негативно впливають на мікрофлору та структурні властивості ґрунту [11, 14,21, 25,26].

1.2. Рекультивация порушених угідь відповідно до принципів екологічного землеробства

Насьогодні виділяють три основних напрями відновлення деградованих земель, що характеризуються досягненням нейтрального рівня деградації з одночасним відновленням родючості: мінімізацію обробітку ґрунту, біологізацію систем удобрення і забезпечення бездефіцитного балансу основних елементів живлення в сівозміні. Загалом ці напрями можна згрупувати в три підходи: нульовий обробіток ґрунту, фіторекультивация та фіторемедіация, які мають спільну мету, але різні принципи вирішення проблеми. Розглянемо далі їхні особливості.

Нульовий обробіток ґрунту, так званий *no-till*, зосереджений на збереженні структури ґрунту та зниженні його руйнування за рахунок відмови від традиційної оранки та глибокого механізованого обробітку. Таким чином, виникає природний бар'єр з органічних залишків на поверхні, що захищає ґрунт від ерозії та допомагає утримувати вологу. Він не має прямого завдання очищати ґрунт від забруднювачів, але сприяє підвищенню його родючості та покращенню біорізноманіття, оскільки запобігає деградації ґрунту шляхом мінімізації механічного втручання [9,11,14,16]:.

Фіторемедіация і фіторекультивация – це агротехнічні прийоми, які використовують рослини та складні агроценози у процесах відновлення ґрунтів та їхніх властивостей. Фіторекультивация спрямована на відновлення родючості та структури ґрунту, тоді як фіторемедіация має на меті видалення або нейтралізацію забруднень. В обох випадках ключову роль відіграють

рослини, але їх вибір залежить від конкретних цілей і завдань. Обидва методи є прикладами застосування природних механізмів у відновленні екосистем і можуть доповнювати одне одного для комплексного підходу до рекультивації та очищення земель. Фіторе mediaція здійснюється за допомогою видів рослин, які здатні поглинати, накопичувати або завдяки мутуалістичному мікробіому навіть розкладати шкідливі речовини. Наприклад, деякі види рослин ефективно абсорбують важкі метали, пестициди чи нафтопродукти, очищаючи тим самим забруднені ділянки ґрунту. Фіторе mediaції часто використовується в екологічних проєктах для відновлення забруднених територій та реабілітації земель [16,17,27]. Основні заходи з фіторе mediaції включають:

1. Фітоекстракцію – виведення забруднювачів із ґрунту до надземної частини рослин
2. Фітодеградацію – розклад токсичних речовин у ґрунті за допомогою рослин та прикореневих мікробіоценозів
3. Фітоволатилізацію – випаровування летких сполук через листя.

Сільськогосподарську рекультивацію, як правило, проводять, на великих площах відвалах чи кар'єрах у районах з розвиненим землеробством, найбільш сприятливими ґрунтово-кліматичними і соціально-економічними умовами. Це – найдорожчий напрям рекультивації, оскільки до таких земель ставлять дуже високі вимоги. Сільськогосподарський напрямок рекультивації обумовлює створення угідь інтенсивного використання, таких як рілля, сіножаті, пасовища, плодово-ягідні насадження. Такі угіддя вимагають урахування гірничо-технологічного етапу рекультивації, обумовленого в першу чергу рельєфом і материнською породою, а також товщиною насипного шару ґрунту тощо. Варіативність геолого-геоморфолого-гідрологічних, кліматичних, соціально-економічних, умов не дозволяють нам

створити єдину універсальну технологію рекультивації угідь. Комплекс заходів біологічної рекультивації угідь передбачає запровадження фітомеліоративних сівозмін, насичених сидеральними культурами в тому числі багаторічними бобовими травами, внесення підвищених норм добрив, мульчування та інше [21,26,27].

Для рекультивації угідь з подальшим використанням під просапні культури рекомендується дотримання найбільш суворих вимог і виконання наступних заходів:

- селективне відсіпання відвалів з метою формування їх основи з потенційно родючих материнських порід потужністю не менше 2 м;
- за наявності токсичних речовин суворо рекомендують створити «геоекран» шляхом покриття близько 50 см шаром глини чи карбонатного суглинку
- стабілізація ґрунтових шарів та формування поверхні; тривалість залежить від глибини порушеної материнської породи та її усадочних характеристик формування нового мікрорельєфу з ухилами не більше 2°
- покриття стабілізованої поверхні родючим шаром ґрунту

Біологічний етап рекультивації передбачає:

- глибокий основний обробіток ґрунту;
- внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив;
- використання бактеріальних добрив
- фітомеліорація шляхом вирощування не менше 3-5 років багаторічних бобових трав або бобово-злакових травосумішей
- перехід до 7-10-пільної фітомеліоративної сівозміни з насиченням бобовими, зернобобовими і сидеральними культурами

Проведення вищезгаданих заходів дозволяє включити рекультивовані землі у структуру сільськогосподарських угідь. Землі відводять до категорії

орних, пасовищ або сіножатей у відповідності до досягнутого рівня родючості [11,13].

1.3. Механізм фітомеліоративної дії агроценозів

Складні агроценози виконують фітомеліоративну функцію за рахунок декількох механізмів:

- Фітоекстракція та фітодеградація: Деякі види рослин активно поглинають та накопичують забруднювачі, особливо важкі метали, з ґрунту. Інші види виділяють речовини, які сприяють розкладу органічних забруднювачів.
- Біологічне розпушування ґрунту. Корені рослин створюють канали в ґрунті, покращуючи водно-повітряний режим та гранулометричний склад ґрунту.
- Формування стабільного органічного шару. Рослинні рештки утворюють органічний шар на поверхні ґрунту, захищаючи його від дефляції та водної ерозії.

Збереження/збільшення біорізноманіття. Наявність різних видів рослин стимулює розвиток ґрунтової мікрофлори та фауни, що сприяє відновленню екологічного балансу [15].

В заходах з рекультивації чорноземів фітомеліоративні агроценози мають ряд переваг і перспектив. Підхід визнаний як екологічним, оскільки є аналогом природних процесів і не потребує використання синтетичних хімічних речовин. Агроценози сприяють поверненню природного біорізноманіття та формуванню стабільних екосистем. Завдяки біологічному розпушуванню, збагаченню органічними речовинами та підтримці водного режиму.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що фітомеліоративні агроценози є перспективним напрямом у рекультивації порушених земель у зоні чорноземів звичайних. Використання багатокomпонентних рослинних угруповань дозволяє відновлювати родючість ґрунту, підвищувати його стійкість до ерозії та очищати від забруднень. Цей метод має значний потенціал для поліпшення екологічної ситуації на деградованих чорноземах і сприяє сталому розвитку сільського господарства в Україні [11].

1.4. Ґрунти в умовах військових дій. Перспективи фітореMediaції порушених територій

Ученими ННЦ ІА ім. О.Н. Соколовського було введено визначення нового типу деградації ґрунтів — деградація, спричинена збройною агресією, що включає в себе наступні її види: механічна, фізична, хімічна, фізико-хімічна, біологічна. У травні 2022 вчені розробили першу картосхему впливу військових дій на ґрунтовий покрив України. Було підраховано площі кожного типу ґрунту, які постраждали внаслідок збройної агресії РФ і в подальшому потребують обстеження. Розроблена картосхема є основою для виконання робіт спеціальної робочої групи, створеної Оперативним штабом Державної екологічної інспекції України. Відповідно до заключень дослідників станом на травень 2022 року було пошкоджено чорноземи звичайні – 50 тис. км², дернові та дерново-підзолисті ґрунти – 30 тис. км², чорноземи південні – 16 тис. км², темно-каштанові ґрунти 9,6 тис. км² [23].

Як бачимо наймасштабніше постраждали саме чорноземи. Найбільшою мірою сільськогосподарські угіддя зазнали двох видів пошкоджень: мінне, хімічне забруднення і пряме фізичне пошкодження.

Наразі можна констатувати, що РФ перетворила українські родючі чорноземи на найбільш забруднені вибухівкою території у світі. Відповідно до даних ООН, Україна є однією з найбільше замінованих країн. Так, станом на квітень 2022 . понад 80 тис. км² потребували очищення від мін і вибухонебезпечних залишків. Це території, окуповані росіянами, а також ділянки, де перебували ворожі війська і наразі тривають бойові дії. За даними дослідників на розмінування території, за попередніми даними, знадобиться щонайменше 10 років [23].

Вибухові матеріали, такі як тринітротлуен (тротил) $C_7H_5N_3O_6$, гексоген $C_3H_6N_6O_6$ та октоген $C_4H_8N_8O_8$, можуть потрапляти у ґрунт і водні ресурси внаслідок військових дій, виробничих процесів і неправильного зберігання або утилізації невикористаної вибухівки. Тротил є найстабільнішим із трьох, що робить його придатним для широкого спектру військових цілей. Гексоген і октоген є більш чутливими і використовуються, коли потрібна більша вибухова сила. Розподіл вибухових речовин по силі наступний: октоген > гексоген > тротил. Тринітротлуен часто використовують у стандартних вибухових речовинах, тоді гексоген і октоген розробили для більш складних або спеціалізованих застосувань. Усі згадані речовини є токсичними і потенційно канцерогенними, мають здатність накопичуватися в екосистемах та отруювати живі організми.

Існує певна закономірність взаємодії вмісту та типу ґрунту з вибуховими речовинами залежно від хімічної природи останніх. Наприклад, розподіл тротилу та продуктів його розпаду: аніліну та нітробензолу має специфічну взаємодію з твердими та розчинними органічними речовинами ґрунту. Біотична та абіотична деградація в ґрунті сприяє утворенню похідних тротилу, які потенційно забруднюють прісну воду та/або ґрунт шляхом постійного вимивання разом з органічними компонентами Тротил і продукт

його розпаду 4-аміно-2,6-динітротолуол окислювально з'єднуються з органічними речовинами ґрунту, такими як гумінові мономери (ко-субстрат) і фенолоксидази (біокаталізатори). Механізм такого процесу перебігає в дві стадії: гуміновий мономер спочатку окиснюється до напівхінонового радикалу фенолоксидазою з подальшим окисним сполученням з додатковими гуміновими мономерами або аніліновими продуктами, отриманими з тротилу, утворюючи анілінохінон шляхом нуклеофільного приєднання або бензохінолімін через конденсацію. У дослідженні [32], було повідомлено, що відсоток руйнування тротилу в добре зволоженому ґрунті коливався від 95 до 99 %, рухливість і біодоступність тротилу також можна змінити за допомогою монокалійфосфату (МКФ). Забруднений вибуховими речовинами ґрунт після введення МКФ показав підвищену сорбцію тротилу порівняно з необробленим забрудненим ґрунтом, що вказує на те, що застосування МКР може зменшити як здатність до вимивання, так і біодоступність тротилу в ґрунті. Порівняльні параметри розкладу тротилу, гексогену та октогену в навколишньому середовищі у воді і ґрунті наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Розклад в довкіллі вибухових речовин тротилу, гексогену та октогену [32].

	Тротил	Гексоген	Октоген	Примітки
Розчинення (швидкість 10 °C; мг хв ⁻¹ см ²).	0,0087	0,0013	0,0063	Різниця у швидкості розчинення обумовлена різною розчинністю у воді. Погана розчинність у воді призводить до безперервного вимивання твердих частинок протягом тривалого періоду часу

	Тротил	Гексоген	Октоген	Примітки
Випаровування з твердої і з водної фаз	Незначний	Незначний	Незначний	Сполуки з низькими значеннями постійної закону Генрі повільно випаровуються з водної фази. За температур навколишнього середовища сполуки з тиском пари від 10^{-8} до 10^{-17} атм. істотно не сублімуються.
Адсорбція в ґрунті	Оборотний процес Коефіцієнт розподілу ґрунт/вода (Kd) $2,7-3,7 \text{ л кг}^{-1}$;	Майже незворотній процес Kd $0,12-2,37 \text{ л кг}^{-1}$).	Сорбція змінюється залежно від типу ґрунту; Kd коливається від $<1 \text{ л кг}^{-1}$ у матеріалах водоносного горизонту до $1-18 \text{ л кг}^{-1}$ у поверхні ґрунту	Сорбція відбувається на поверхні гумінових речовин, іонів металів (оксидів і гідроксидів) і мікробів. Сорбція може відбуватися головним чином шляхом гідрофобного розподілу, утворення водневих зв'язків, іонного обміну та хемосорбції. Ступінь розподілу між розчиненою речовиною та сорбентом залежить від фізико-хімічних властивостей і факторів навколишнього середовища

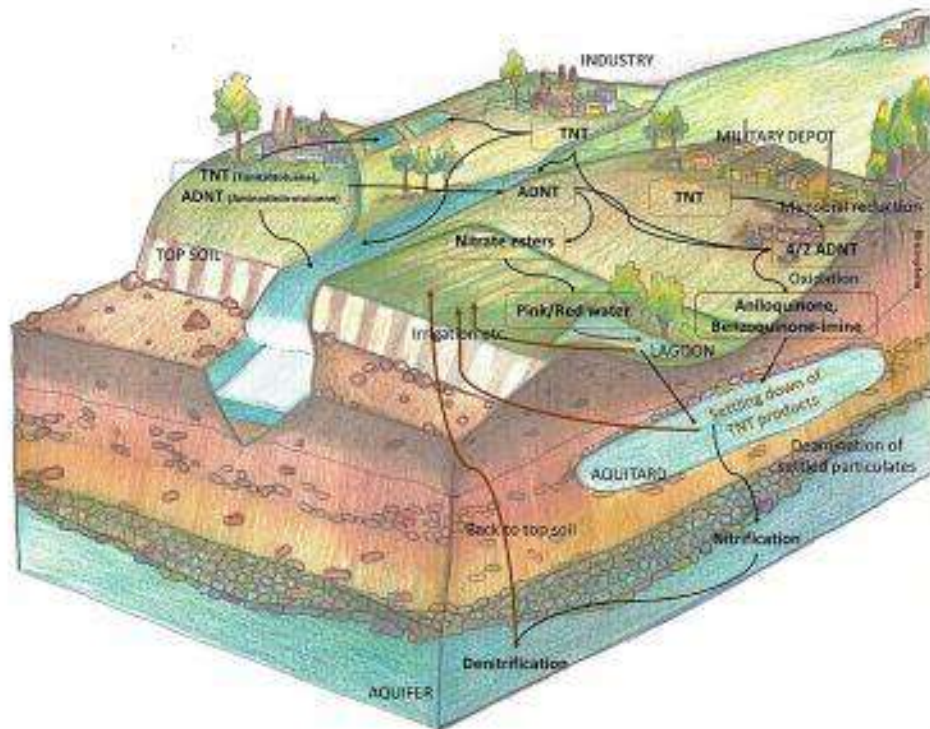


Рис.1.3. Екологічна доля вибухівки у навколишньому середовищі, коли її виробляють або використовують у військових цілях в т.ч. нерозірваних боєприпасів

Використання фітореMediaції для очищення територій, забруднених вибуховими речовинами та їхніми ремедіатами в довкіллі – це економічно ефективна агротехніка, яка використовує сонячну енергію та використовує рослини для видалення, деградації або блокування руху забруднюючих речовин у ґрунті, мулі, відкладах, поверхневих і підземних водах. Природньо рослини розробили декілька стратегій утилізації ксенобіотиків, таких як фітостабілізація, фітоекстракція, фітовипаровування, ризо фільтрація, фітодеградація. Методи цілком підходять для дезактивації великих поверхонь, забруднених вибуховими речовинами або важкими металами. Вчені встановили, що в помірних широтах такі рослини як верба рід *Salix*, тополя рід *Populus*, береза *Betula pendula*, ялина європейська *Picea abies* і сосна звичайна *Pinus sylvestris* які мають здатність до відновлення ґрунтів,

деградованих в результаті військових дій. Тротил легко трансформувався в тканинах дерев, і приблизно 80% було невилученим зв'язаним у коренях, стеблах, деревині та листі або в хвої. Водні рослини, такі як перистолист водяний *Myriophyllum aquaticum*, перетворюють тротил на 2,4-діамінотолуол. Ризосфера рослини відіграє значну роль у механізмах біодеградації за харунок симбіотичної бактерії *Methylobacterium* sp. (штам VJ001), виділених з гібридної тополі *Populus deltoides* x *P. nigra* DN34, було показано, що вони розкладають тротил, гексоген та октоген. Тротил засвоювався переважно в тканинах кореня, а нітроаміни – у листі. Стало відомо також що такі сільськогосподарські рослини, як рис, пшениця, кукурудза тощо метаболізують тротил і гексоген. Соя також має здатність асимілювати тротил за допомогою нітратредуктази, що діє на нітрогрупи в присутності NADH. Вчені також повідомили про фітотоксичну дію щодо зменшення швидкості проростання тротилу на рис *Oriza sativa* протягом 40-денного періоду впливу, де після асиміляції рослина накопичувала тротил переважно в коренях і менше 25% переносилося вище до надземних частин. Декілька інших рослин, таких як золотобородник *Vetiveria zizanioides*, плоскуха звичайна *Echinochloa crusgalli*, соняшник *Helianthus annuus*, індійська мальва *Abutilon avicennae* і індійська вика *Aeschynomene indica*, можуть швидко видаляти тротил та його метаболіти. Активність ризосфери рослин кукурудзи *Zea mays* L., вирощених у вибухонебезпечній зоні завдяки природним бактеріям *Pseudomonas putida* допомогла швидше досягти бажаного результату ремедіації. Було проведено пілотне дослідження, щоб з'ясувати потенційний вплив меляси (протягом 15 тижнів) на фіторемедіаційний потенціал гвінейської трави *Panicum maximum* для обробки вибухонебезпечного (забрудненого ґрунту з військової резервації Макавао та Оаху на Гавайських островах (США). Дослідження показало, що

застосування меляси було особливо ефективним для посилення трансформації гексогену в кореневій зоні та трохи нижче, але не може мати помітного впливу на деградацію октогену.

Рослини та пов'язані з ними мікоризні гриби також відіграють важливу роль у біонакопиченні вибухових речовин для таких рослин, як світчграсс *Panicum virgatum* і гібридні тополі *Populus deltoides x nigra*, DN34. В іншому дослідженні бахаріс *Vaccharis halimifolia* продемонстрував часткову фізіологічну толерантність під впливом суміші гексогену та тротилу, що імітує умови місць звалищ боєприпасів [29]. Автори також повідомили про потенційний трансгенний стан (ген *Cytb6f* був високорегульований) з *Vaccharis halimifolia* з метою фітореMediaції шляхом надмірної експресії бажаних генів для створення біосенсорів, пов'язаних із раннім виявленням вибухових речовин навіть у слідових кількостях [29]. Крім того, також повідомлялося, що *Sida spinosa* є хорошим кандидатом для розробки біосенсора RDX (гексогену), оскільки його краї листя червоніють під його впливом. У таких рослинах, як хвойні дерева, сосна звичайна та карликова ялина гексоген зв'язується з компонентами клітинної стінки головним чином лігніном; меншою мірою з целюлозою та геміцелюлозою у вигляді неекстрагованих.

У дослідженні [33] було вивчено кілька рослин щодо накопичення НМХ (октогену), серед яких люцерна *Medicago sativa*, кущова квасоля *Phaseolus vulgaris*, ріпа городня *Brassica rapa*, пшениця *Triticum aestivum*, райграс багаторічний *Lolium perenne*, дикий бергамот *Monarda fistulosa*, пирій західний *Agropyron smithii*, чорниця *Vaccinium* sp., анемона *Anemone* sp., осот звичайний *Cirsium vulgare*, полин *Artemisia gnaphalodes* та астрагал Друммонда *Astragalus drummondii*. Розглянутий авторами і запропонований як основний механізм транслокації та накопичення октогену в тканині листя

виступає транспіраційний потік води та випаровування. Крім того, октоген не виявив жодних проявів фітотоксичності під час дослідження рекультивації з використанням гібридних тополь *Populus deltoides* x *P. Nigra* , DN34 [32].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Поставлені завдання і програма дослідження

Експериментальні дослідження тривали на закладених стаціонарних ділянках науково-дослідного господарства «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» Київської області Фастівського району. Дослід був закладений у весняно-літній період 2024 року, схил ділянки за крутизною є типовим для широкохвилястої рівнини і становив менше 1%. Перед закладанням польового дослідження було проведено ґрунтове обстеження ділянки.

Метою дипломної роботи є обґрунтування залучення комплексних агроценозів для процесів рекультивації чорноземів звичайних та оцінка їх продуктивності на прикладі дослідних ділянок ВП «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» НУБіП України, закріпленими за кафедрою ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. М. К. Шикули.

Для виконання мети були поставлені **завдання**:

1. Провести літературний огляд щодо питань деградації ґрунтів та методів їх рекультивації та ремедіації.
2. Оцінити фіторемедіаційні можливості різних агроценозів.
3. Визначити оптимальні методи створення рослинних меліоративних систем.
4. Експериментально дослідити вплив комплексних агроценозів на стан, структуру та продуктивність ґрунту.
5. Розрахувати агроекономічну ефективність застосування фіторекультиваційних процесів на прикладі дослідного господарства

2.2. Агрокліматичні умови та характеристика ґрунтів дослідної ділянки

Науково-дослідне господарство «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» – це сучасне господарство, яке займається виробництвом сільськогосподарської продукції, включаючи вирощування, її переробку та продаж. Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України НДГ «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» має в постійному користуванні площу земельного фонду 2960 га, в тому числі сільськогосподарських угідь – 2787 га, серед яких рілля – 2495 га. Дослідне господарство розташоване в Лісостеповій зоні на Придніпровській височині в північній частині правобережжя Дніпра. Ґрунтовий покрив представлений в основному чорноземними ґрунтами, що власне є типовим для території Київщини, зокрема Фастівського природно-сільськогосподарського району. Основним напрямком виробництва є вирощування зернових і технічних культур. Наявність міцної кормової бази сприяє розвитку тваринництва. НДГ займається заготівлею кормів для тваринництва, активно впроваджує наукові досягнення в різних сферах АПК, при цьому діяльність господарства сприяє розвитку соціальної інфраструктури не лише району, а й Київської області.

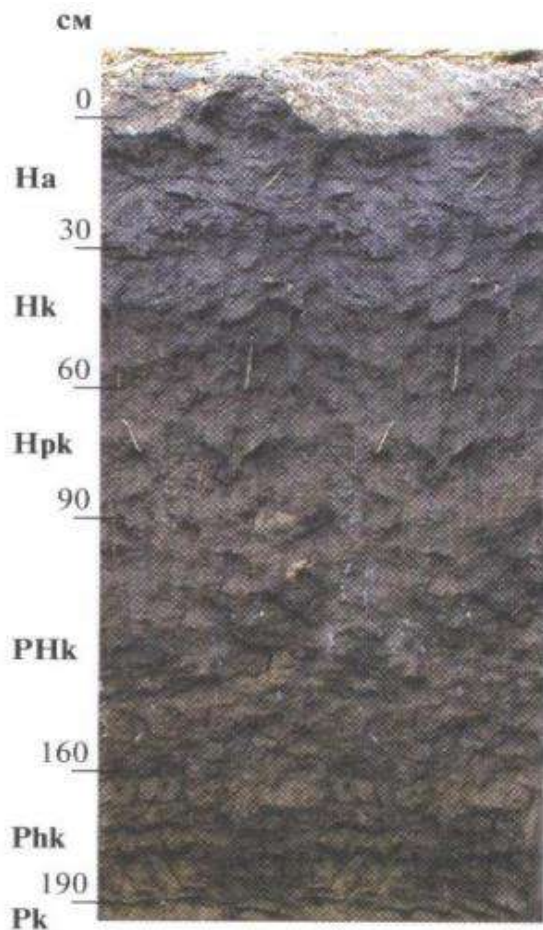
Рельєф території НДГ – це слабкохвиляста рівнина з незначними підвищеннями і зниженнями, до 8 % становлять лощини та зниження, які відокремлюють як при закладенні дослідів (Додаток А, рис. А1)

Клімат зазначеного регіону має помірно континентальний характер, з відносно теплим літом та помірно холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить +6 ...+7 °С. Кожна пора року має свої кліматичні особливості, і зміна сезонів відбувається поступово (Додаток А, таблиця А.1). Найхолоднішим місяцем зими є січень, середня температура якого становить –6 °С; найтеплішим місяцем року є липень з середньою

температурою +22 °С. Однак в окремі роки (наприклад 2013, 2020) спостерігали суттєві відхилення від цих показників. На території дослідного господарства максимальна температура повітря досягала подекуди +38 °С, а мінімальна –33 °С. Зимові температурні коливання небезпечні, оскільки у малосніжні зими можуть сприяти вимерзанню озимих та пошкодженню плодкових насаджень, натомість в аномального спекотне літо можливе вигорання ярих зернових.

Безморозний період протягом року триває в середньому 160–170 діб, а вегетаційний – з середини квітня до третьої декади жовтня. Кліматичні умови регіону сприяють вирощуванню зернових та овочевих культур і багаторічних насаджень. Середньорічна кількість опадів становить 560 мм, з рівномірним розподілом протягом року. Найбільше опадів випадає в червні та липні — до 77 мм. У посушливі роки серпень буває малодощовим, що негативно впливає на врожайність. Зима регіону характеризується висотою снігового покриву 10 ... 22 см та коливаннями температур. Опади у вигляді дощу, інколи стають причиною утворення льодової кірки, що вкрай негативно позначається на сільськогосподарськи культурах. Глибина промерзання ґрунту становить у середньому 40 см і залежить від температури, висоти снігового покриву, типу ґрунту та його механічного складу. Відносна вологість повітря досягає 80–85 % восени і взимку. Сухі дні з вологістю менше 30 % трапляються 15–20 разів на рік, здебільшого в травні. Водно-повітряний режим характеризується позитивним водним балансом, однак, завдяки значному випаровуванню, що становить 420...460 мм на рік, у деякі роки може виникати посуха. Зміна сезонів має свої характерні особливості. Весна у Фастівському районі затяжна, починається з середини березня і характеризується нестабільністю режиму з частими перепадами температури та переважаючими північно-західними вітрами.

Сніговий покрив сходить повільно, що триває близько 20–25 днів через велику кількість лісових площ. Літо тепле, дощове, однак не спекотне. В окремі роки літні опади можуть спричиняти вимокання і вилягання зернових або створювати доволі несприятливі умови для збору врожаю. Іноді град завдає значної шкоди сільському господарству. Початок осені характеризує зазвичай суха і тепла, тоді як наприкінці жовтня погода стає дощовою. Сніг випадає з кінця другої декади листопада. Початок зими характеризується пахмурною погодою і відлигами. У лютому як правило мають місце морози з температурами нижче $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та снігопади. Під час відлиг сніг може повністю танути, а потім знову з'являтися, що іноді повторюється кілька разів.



Напрямок вітрів взимку переважає південно-східний. Загалом клімат району має достатньо світла, тепла і вологи для забезпечення вегетації місцевих сільськогосподарських культур. Основними ґрунтами господарства є чорноземи типові та чорноземи звичайні середньогумусні легкосуглинкові на лесі, а також їх деградовані аналоги. На мікрорельєфних зниженнях поширені лучно-чорноземні та чорноземно-лучні та болотяні ґрунти. Наведемо опис ґрунтового профілю чорнозему звичайного легкосуглинкового (рис 2.1)

Рис. 2.1. Профіль чорнозему звичайного легкосуглинкового на лесі [25].

На орних ділянках ґрунти характеризуються сприятливим водним режимом, слабкокислою або нейтральною реакцією ґрунтового розчину.

Н₀₋₆₀ Гумусовий горизонт. Темно-сірого кольору, у вологому стані практично чорний, свіжий. Механічний склад легкосуглинковий, шар має зернисто-грудкувату структуру, тонкопористий, місцями ущільнений. Ділянки з підвищеним вмістом карбонатів утворюють «цвіле подібний» білий наліт. Перехід до нижчого шару добре помітний за кольором та структурою

Н_{рк60-90} Верхній перехідний горизонт. Сіро-коричневого кольору, свіжий. Механічний склад середньосуглинковий, щільний, пилувато-грудочкової структури, тонкопористий. Карбонати спостерігаються у вигляді білого нальоту переважно по тріщинах, червоніях або кротовинах. Перехід до глибшого горизонту добре помітний за структурою та забарвленням.

Н_{нк90-160} Нижній перехідний горизонт. Сірувато-буруватою кольору, вологий. Механічний склад середньосуглинковий, помірно ущільнений, тонкопористий, має грудкувато-призматичну структуру. Карбонатні включення у вигляді «цвілі». Перехід до глибшого горизонту слабкопомітний.

Ph_{к160-190} Лес кротовинний. Колір буро-жовтий, сирий, середньосуглинковий, тонкопористий, містить червонієни і кротовини.

Р_к понад190 Ґрунтоутворююча порода –лес. Жовтувате забарвлення, механічна структура крупнопилувато-легко-суглинкова, тонкопористий. Карбонатні включення мають вигляд трубочок і прожилок [11,15,25]

Гранулометричний склад ґрунтів господарства переважно середньосуглинковий, що забезпечує добру водоутримувальну здатність і повітропроникність. Структура: зерниста або грудкувата, що сприяє кращій

аерації кореневої зони та легкому проникненню коренів. Водоутримувальна здатність чорнозему звичайного є доволі високою, при цьому ґрунт здатен зберігати значну кількість вологи, що має неабияке значенні в умовах посушливих періодів року. За своїми фізико-хімічними властивостями чорнозем звичайний має потужну буферність яка відповідає ємності поглинання 30-70 мг-екв за суми обмінних основ понад 95 %, насичених кальцієм та магнієм, що забезпечує переважно нейтральну рН ґрунтового розчину. Гідролітична кислотність становить 0,5-2,5 мг-екв/100 г ґрунту. Чорноземи звичайні на лесі в межах господарства мають сприятливі водно-фізичні властивості, їх щільність є оптимальною для цього типу ґрунту і становить 1,14 і дещо збільшується в перехідному горизонті до 1,30 г/см. Загальна пористість становить близько 60 %, однак але в нижчих горизонтах зменшується до 46 %.

Оптимальні параметри водно-фізичних властивостей ґрунту (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Водно-фізичні властивості чорнозему звичайного НДГ

«Великоснітинське ім. Музиченка»

Глибина відбору проби, см	Щільн., шару г/см ³	Щільність твердої фази, г/см ³	Пористість, %	Порогова вологемність, %	Максимальна гігроскопічність, %	ММЗПВ, т/га
0...30	1,14	2,57	59,2	23,4	5,3	44
30...60	1,30	2,62	47,2	21,2	6,4	32,5

забезпечують умови для накопичення в достатній кількості тепла,

повітря та вологи, екологічно важливих факторів для розвитку коренів та ґрунтової фауни. Його щільність 1,14 і збільшується в підорному шарі до 1,30 г/см³, а загальна пористість становить 59,2% і зменшується до 42,7%

В орному шарі дослідної ділянки вміст гумусу становив $3,6 \pm 0,2$, а в шарі 30..60 см $3,6 \pm 0,2\%$. За вмістом біогенних елементів, зокрема забезпеченість нітрогеном легкогідролізованих сполук за Тюріним і Коновою – висока; обмінним фосфором і калієм за Чиріковим у шарі ґрунту 0..30 см і 30..60 см – посередні.

Однією з найбільш поширених і небезпечних деградацій ґрунтового покриву виступає ерозія. Основною причиною посилення ерозійних процесів на сільськогосподарських землях є висока їх розораність. Інтенсифікація землеробства в суттєво підвищує мінералізацію гумусу. Зменшення вмісту гумусу в результаті антропогенного впливу впливає на зростання щільності і водопроникності ґрунтів, від чого відбувається затримка води у ґрунтовому профілі, а також знижується вміст нітрогену та обмінних форм калію і фосфору. Щорічні його втрати при низьких нормах гною і мінеральних добрив становлять в середньому в Лісостепу України 0.7-0.9 т/га. Таким чином неможливо розглядати деградацію ґрунтів відокремлено від зниження вмісту гумусу і біогенних елементів: нітрогену, фосфору та калію. Ці чинники вивчались в стаціонарному досліді “Великоснітинське” НУБіП України, де досліджувався вплив різних систем обробітку ґрунту і удобрення на показники гумусного стану чорнозему типового.

Мінімізація обробітку сприяла збереженню органічної речовини чорноземів і за внесення органо-мінерального удобрення забезпечувала приріст гумусу. Без внесення добрив відмічалась тенденція до збільшення вмісту гумусу лише у верхньому шарі, який залягає на 20 см і вище. Схожу закономірність відмічали у вмісті лабільних органічних речовин, де на

дослідних ділянках з безполицевими обробітками вміст гумусу був вищим, ніж за оранки. Внесення добрив сприяло накопиченню лабільних форм біогенних елементів і органічних речовин в досліджуваних шарах ґрунту. Приріст у верхньому шарі 0-20 см становив на варіантах з внесенням соломи і мінеральних добрив 0,40-0,53%, а за використання ще й сидератів зростав до 0,54-0,59%. В нижньому шарі 20-40 см прирости від внесення добрив і використання сидератів були суттєвими і складали 0,43- 0,67%. Ще більш значним був вплив добрив на лабільні органічні речовини, вміст яких у порівнянні з неудобреним варіантом зростав у 1,5-2,0 і більше разів. Кращі показники, особливо у верхньому шарі ґрунту, були на варіантах з безполицевими обробітками і становили 0,24-0,28%. Найкращі показники гумусного стану чорнозему типового відмічались на варіанті перелогу, який служив еталоном для порівнянні ефективності заходів з відновлення родючості. За рахунок кращої гумусованості шарів ґрунту за безполицевих обробіток збільшується його буферна ємкість, зменшується вплив внесених добрив на показники рН та підвищується таким чином здатність до саморегуляції. За безполицевих обробіток відбулося помітне зниження гідролітичної кислотності в досліджуваних шарах ґрунту як на удобреному фоні, так і на варіантах без добрив. Відповідно зниженню гідролітичної кислотності відмічалось підвищення показників суми увібраних основ і це особливо помітно на варіантах з мілким безполицевим обробітком. За такого обробітку та внесення добрив підвищення, в порівнянні з оранкою, складало в шарі 0-15 см – 2,4-3,6; а в шарі 15-30 см – 0,3-1,2 мг-екв на 100 г ґрунту. Землеробство України на сучасному етапі увійшло в період кардинальних змін, таких як запровадження найновіших технологій, зокрема, нульового обробітку ґрунту, або «прямої» сівби в попередньо необроблений ґрунт. Нульовий обробіток передбачає повну відмову від суцільного розпушення

грунту за винятком підготовки насінневого ложа одночасно з сівбою спеціальними сівалками прямої дії. Заходи з екологічно обґрунтованого впорядкування структури агроландшафту господарства регулярно переглядають і впорядковують наведено в таблиці 2.3

Серед природної аборигенної рослинності типові НДГ в минулому переважала трав'яниста формація з різноманітним видовим складом, і лише частково лісова, серед яких домінували наступні листяні породи: дуб, граб, клен, липа, ясен.

Таблиця 2.3.

**Планування заходів з агроекологічного відновлення ґрунтів НДГ
«Великоснітинське ім. О. В. Музиченка [15]**

Тип землекористування	Площа, га	Екологічно обґрунтована структура, га	Площі, рекомендовані до землевпорядкування, га
Рілля	3004	555,9	Зменшити на 2448,1
Пасовища і сіножаті	112	889,3	Збільшити на 777,3
Лісові ділянки та лісосмуги	31,5	2000,8	Збільшити на 1969,4

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЛАДНИХ АГРОЦЕНОЗІВ

3.1. Характеристика перспективних рослин для складних агроценозів

Для фіторемедіації чорноземів принципово обирати саме такі рослини, які можуть ефективно функціонувати в умовах високої родючості ґрунтів і одночасно здатні витримувати токсичне навантаження. До перспективних рослин належать:

- Соняшник *Helianthus annuus*. Добре поглинає важкі метали, такі як свинець, кадмій, цинк.
- Люцерна *Medicago sativa*. Відома своїми розвиненими кореневими системами, які допомагають у фітодеградації пестицидів.
- Гірчиця біла *Sinapis alba*. Має здатність акумулювати метали, зокрема кадмій.
- Коноплі *Cannabis sativa*. Використовують для поглинання токсинів і важких металів, таких як ртуть.

Рослини очищують ґрунт без шкоди для довкілля, створюючи сприятливі умови для розвитку ґрунтової мікрофлори. Порівняно з фізико-хімічними методами очищення, фіторемедіація є значно дешевшим варіантом. Крім очищення, деякі рослини допомагають підвищити вміст органічних речовин і хоча фіторемедіація має значний потенціал, є певні виклики, що можуть обмежувати її ефективність. Фіторемедіація вимагає набагато більше часу для досягнення ефекту в порівнянні з фізико-хімічними методами очищення. Рослини, які використовуються для фіторемедіації, потребують спеціальної утилізації, щоб уникнути повернення забруднювачів у середовище. Ріст рослин обмежений кліматичними умовами, що робить процес прив'язаним до сезону.

З огляду на вищенаведене фіторе mediaція чорноземів України може стати ключовим компонентом у стратегії збереження та відновлення ґрунтів. Застосування цього методу дозволить зменшити рівень забруднення, покращити структуру ґрунту і зберегти його родючість для майбутніх поколінь. Інтеграція фіторе mediaції у комплексні програми відновлення ґрунтів, у поєднанні з іншими екологічно орієнтованими підходами, може суттєво підвищити ефективність використання та збереження чорноземів України. Зрозуміло, що в Україні є території, які неможливо швидко відновити. Швидше за все їх потрібно буде виводити з землекористування на період близько 10...15 років, це території, де велися активні бойові дії, горіла бойова техніка, потрапляли в довкілля паливно-мастильні матеріали. Так, наприклад, у Франції є 1200 км² територій, які після Першої світової війни були дуже сильно забруднені важкими металами, що стали непридатними для сільськогосподарського використання. На цих землях створені заповідні території та історичні заповідники, незважаючи на це протягом 80 років уряд Франції поступово повернув їх у користування під пасовища. Ще один приклад у Бельгії, поблизу Іпра — де в ґрунтах досі ще реєструють підвищену концентрацію міді.

Складні агроценози — це штучно створені багатокомпонентні екосистеми, що включають різні види трав'янистих рослин, чагарників і дерев. Такі агроценози мають високу екологічну стійкість та здатні адаптуватися до змінних умов середовища, включаючи наявність забруднень.

Складні агроценози як ключовий елемент фітомеліорації має наступні характеристики:

1. *Багатокомпонентний склад.* У таких агроценозах можуть бути присутні одночасно кілька видів сільськогосподарських культур: злаки, бобові, овочі а також присутні тварини, що створює складну структуру.

2. *Взаємодія між видами.* Різні види культурних рослин, побічної рослинності, тварини, гриби та бактерії взаємодіють між собою, впливаючи на ріст і розвиток один одного. Так, наприклад, змішані посіви можуть зменшувати потребу в добривах і пестицидах.

3. *Вплив людини.* Складні агроценози формуються під активним впливом агротехнічних заходів, таких як добрива, захист від шкідників і бур'янів, зрошення.

4. *Екологічна стабільність:* Завдяки видовому різноманіттю складні агроценози можуть бути більш стійкими до хвороб, шкідників і несприятливих погодних умов порівняно зі спрощеними агроценозами, де домінує лише одна культура.

Наведемо приклади складних агроценозів:

- *Системи змішаних культур у вигляді комбінацій злакових та бобових культур,* що сприяє поліпшенню балансу нітрогену в ґрунті.
- *Агролісомеліорація* Поєднання деревних насаджень і просапних сільськогосподарських культур сприяє збереженню ґрунтів і захисту від ерозії.
- *Полікультурні ферми* Вирощування кількох видів рослин разом із розведенням худоби на одній території.

Розгалужена коренева система різних видів сприяє покращенню структури ґрунту, а також зменшує ризики ущільнення та ерозії. Деякі види рослин можуть акумулювати важкі метали, пестициди та інші токсини, очищуючи ґрунт. Рослинний покрив знижує випаровування, зберігаючи вологу в ґрунті та підтримуючи водний баланс. Рештки рослин, які залишаються після завершення вегетації, поступово розкладаються, збагачуючи ґрунт органічними речовинами.

Чорноземи звичайні схильні до втрати структури та родючості під

впливом різних негативних факторів. Близькість промислових зон та використання агрохімікатів сприяє накопиченню металів, які можуть бути токсичними для рослин та мікроорганізмів. Без належного покриву ґрунт піддається ерозії та дегуміфікації, що негативно впливає на його родючість. Порухення природного водного режиму може призводити до засолення та підвищення кислотності ґрунту, що ускладнює його відновлення.

Для рекультивації чорноземів звичайних рекомендовано використовувати поєднання трав, чагарників та дерев, які демонструють високу адаптивність до місцевих умов і здатні очищати ґрунт від забруднень. До таких рослин належать:

- *Бобові культури* (люцерна, конюшина): Мають розвинену кореневу систему, яка збагачує ґрунт азотом і покращує його структуру.
- *Злакові культури* (тимофіївка, житняк): Здатні ефективно закріплювати ґрунт і запобігати ерозії, покращуючи аерацію.
- *Чагарники* (жовта акація, кизильник): Ефективно поглинають важкі метали і добре витримують умови засолення та нестачі вологи.
- *Дерева* (тополя, верба): Завдяки своїй масивній кореневій системі дерева забезпечують глибоке закріплення ґрунту, знижують ерозію та підтримують водний баланс.

Перевага бобово-злакових травосумішей полягає в тому, що при зрідженні бобових трав їх місце займають більш стійкі і довготривалі злакові. Разом з цим в результаті нерівномірного зростання бобових і злакових трав, при посіві в травосуміші для кожної з них створюються більш сприятливі умови у використанні поживних речовин і ґрунтової вологи, що забезпечує більший урожай сіна і кращому відростанню трав після укусу. У посівах можуть застосовуватися подвійні травосуміші, що складаються з одного бобового виду і одного злакового. Однак досліді науково-дослідних установ

і практика передових науково-дослідних установ показують, що складні травосуміші (потрійні і більше) утворюють більш стійкий травостій по роках і дають кращі врожаї.

3.2. Використання комплексних агроценозів у фітомеліорації чорноземів звичайних НДГ Великоснітинське імені О. В. Музиченка

Фітомеліорація за використання складних агроценозів передбачає застосування різноманітних видів рослин для поліпшення стану ґрунту, стійкості сільського господарства та економічної рентабельності ведення сільського господарства на чорноземах звичайних. Критично важливим є правильний вибір компонентів такого агроценозу та очікувана економічна вигода. В якості базової культури (джерело економічного доходу) нами було обрано вирощування кукурудзи на зерно. Культури-супутники – це азотфіксуючі бобові (конюшина або віка), покривна культура (гірчиця, жито) та багаторічна рослина з глибоким корінням (люцерна) для покращення структури та родючості ґрунту. Такий агроценоз наступні має переваги:

1) Зниження витрат на добрива. Бобові вносять у ґрунт до 100 кг/га азоту.

2) Покращення стану гумусового шару. Вміст гумусу в орному шарі збільшується на 1,5 % щороку. Супутня вигода – це покращення структури і гранулометричного складу ґрунту.

3) Боротьба з вітровою та водною ерозією. За використання складних агроценозів дозволяється досягти зменшення ерозії на 20-30%, що призводить до довгострокової продуктивності землі та збереження води. Впровадження складних агроценозів в агротехніку потребує комплексного підходу, який поєднує правильний вибір культур, управління сівозміною,

використання засобів біологічного захисту рослин та оптимізацію використання ресурсів. Ось основні принципи та методи впровадження: для отримання високого врожаю кукурудзи необхідно суворо дотримуватись агротехніки при вирощуванні цієї культури. Важливо також правильно підготувати ґрунт до посіву кукурудзи. Культура відрізняється великою вимогливістю до ґрунту, вона добре росте й розвивається на ґрунтах, багатих на органічні речовини на азот, з хорошими фізичними та механічними властивостями. На кислих ґрунтах без вапнування практично не можливо виростити високий урожай, оптимальними за гранулометричним складом вважають легко і среднесуглинкові ґрунти.

Для наших досліджень ми використали ділянки розміром від 20 м², оскільки метою було вивчення впливу різних культур на ґрунтові показники та взаємодію рослин (рис. 3.1). Для фіторекультивуації важливою є також ротація культур на різних дослідних ділянках. Впроваджують чергування основних та супутніх культур для запобігання виснаженню ґрунту та зниження ризику поширення хвороб і шкідників. В сівозміні наприклад, після кукурудзи висівають бобові культури, що насичують ґрунт азотом. Посів рослин-сидератів (гірчиці, фацелії), які збагачують ґрунт органічною речовиною, підвищують вміст гумусу та покращують його структуру. Залучення компосту та залишків покривних культур зменшує потребу у хімічних добривах. В складних агроценозах відбувається поширення в тому числі природних ворогів шкідників, таких як хижі комахи, а також створення сприятливих умов для їх розмноження. Використання рослинних залишків для збереження вологи в ґрунті, зменшення випаровування і поліпшення температурного режиму. Регулярний моніторинг родючості та структури ґрунту, щоб оцінити ефективність агроценозів і за необхідності коригувати практики. Таким чином, впровадження різноманітних видів культурних

рослин для залучення корисних комах і консорціуму мікроорганізмів що в результаті веде до забезпечення стійкості агроecosистеми. Вирощування покривних культур узимку для запобігання вітровій та водній ерозії. Такий підхід дозволяє не лише поліпшити родючість ґрунту, але й знизити витрати на хімічні добрива та засоби захисту рослин, забезпечуючи екологічну й економічну стійкість господарства.



Рис. 3.1. Космічний знімок складних агроценозів Великоснітинського НДГ за даними електронних карт агроландшафтів [30].

РОЗДІЛ. 4. УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГРУНТОЗАХИСТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Урожайність базових культур є основним показником ефективності агротехнічних заходів / агротехнології в цілому. Сучасне екологічне землеробство передбачає створення такої родючості ґрунту, щоб гарантовано забезпечити отримання високого врожаю, адже оскільки її показники фактично на 50 % забезпечується властивостями ґрунту.

В традиційній схемі землеробства важливу роль у підвищенні урожайності культур належить органічним і мінеральним добривам. Використання органічних добрив, таких як солома, бадилля для ґрунтоутворення має назву біологізація землеробства. Завдяки таким процесам ми замикаємо малий біологічний речовин і енергії із застосуванням землеробського «закону повернення». Але агрономи розуміють, що недостатньо повернути в ґрунт винесені біогенні елементи, натомість повинна повертатися й органічна речовина – надземна біомаса, оскільки вона дає енергію для ґрунтоутворення, виступаючи «їжею» для ґрунтової біоти.

Кукурудза (*Zea mays* L.) – це важлива продовольча і кормова злакова однолітня рослина. Кукурудза відрізняється високою врожайністю та дуже хорошими кормовими властивостями. Із зерна кукурудзи одержують кукурудзяну крупу, пластівці, борошно, крупу, консерви, крохмаль, олію патоку, цукор, пиво, спирт, оцтову кислоту. Зі стебел та стрижнів від качанів - целюлозу, штучний шовк, папір, фурфурол та ізоляційні матеріали. За літературними даними з кукурудзи можна одержують 160 видів готової продукції.

Зерно кукурудзи проростає за $8...10^0$ С, при чому проростання збільшується з підвищенням температури. Так, за температури 15°C при

сприятливих умовах зерна сходять на восьмий десятин день від посіву. Культура витримує весняні заморозки до 2°C, швидко відновлюючись і відростаючи, натомість осінні заморозки в 3°C більшість сортів не витримує. Вона особливо має потребу в теплі від посіву до викидання волоті. Вегетаційний період культури коливається від 90 до 200 днів. Рослина дуже чутлива на вміст вологи в ґрунті, особливо на початку наливу зерна. Найбільше споживає вологи протягом десяти днів до викидання волоті й в 20 днів після викидання волоті. Для створення 1 кг сухої речовини витрачає близько 300 кг води [12].

Кращі попередники для кукурудзи - озимі хліби, зернові бобові, що збагачують ґрунт азотом, картопля й баштанні культури, у районах достатнього зволоження - буряк. При оранці цілинних земель кукурудзу треба розміщати по обороті пласта, можна висівати її повторно по кукурудзі. Кукурудза - прекрасний попередник для багатьох ярих й озимих культур. Чутлива до внесення гною та інших органічних добрив, рослина краще переносить несприятливі ґрунтово-кліматичні умови, а також за рахунок цього прискорюється проходження окремих фаз росту та розвитку рослин. Мінеральні добрива під кукурудзу застосовують у різні строки та різними способами .

Кукурудза на зерно є високоврожайною зерновою культурою дані по обліку врожаю представлені в табл. 3.1. Проаналізувавши отримані дані потрібно відмітити, що застосування добрив найбільше підвищило врожайність кукурудзи. Приріст від їх застосування становив від 2,3 до 4,2 т/га. Обробіток значно менше вплинув на врожайність кукурудзи на зерно і лише на окремих варіантах він суттєво впливав на цей показник. За 2 роки на оранці був найкращий варіант солома 1,2 т/га+N₁₂+сидерати+N₇₈P₆₈K₆₈ прирости до контролю становили відповідно 3,2 т/га. На глибокому та

мілкому плоскорізному на цьому варіанті також були отримані найкращі значення, прирости становили відповідно 4,0 та 4,2 т/га . Застосування ґрунтозахистних обробітків на фоні внесення органо- мінеральних добрив в цілому підвищило врожайність кукурудзи на зерно, особливо на глибокому плоскорізному обробітку.

Отже, внесення органічних і мінеральних добрив значно підвищило врожай кукурудзи.

Таблиця 3.1.

Кукурудза на зерно: урожайність залежно від способу обробітку ґрунту та варіантів добрив

Спосіб обробітку ґрунту	Внесення добрив	2024 р.	
		Урожайність, т/га	Приріст врожаю т/га
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
традиційний	Контроль (без внесення добрив)	5,8	-
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	8,1	2,4
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	8,4	2,6
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	8,2	2,5
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	8,9	3,2
глибокий плоскорізний	Контроль (без внесення добрив)	5,6	-
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	8,5	2,9
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	9,6	4,0

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
глибокий плоскорізний	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	8,9	3,3
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	9,8	4,2
мілкий плоскорізний	Контроль(без внесення добрив)	5,4	-
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	9,3	3,9
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	7,8	2,4
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	8,1	2,7
	Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	9,4	4,0

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІТОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Протягом своєї історії Україна експортує зерно до багатьох країн світу, за останні роки обсяги експорту зросли і аграрний сектор склав понад 20% валового внутрішнього продукту і 40% валютних надходжень. Незважаючи на зареєстровану позитивну динаміку протягом крайніх 5 років, розвитку аграрного бізнесу постійно чинили перешкоди непрозорість операцій із землею, слабка логістика, невідповідність міжнародним стандартам якості та безпеки сільськогосподарської продукції, недостатній рівень інновацій. Як великий експортер продовольства Україна, яка обрала шлях європейської інтеграції, відіграє важливу роль на в світовому масштабі. Обрана країною стратегія передбачає кардинальні зміни в сільськогосподарському управлінні. Виклики війни підкреслюють ключову роль сільськогосподарського сектора в продовольчій безпеці різного масштабу: в межах країни, Європи, світу. Багато чинників визначає родючість чорноземів, однак АПК не завжди дотримувався найефективніших і стійких практик. Неуспіхи управлінських і технологічних рішень призвели до надмірного викиду парникових газів, виснаження та погіршення родючості. Вторгнення російських військ не тільки збільшило наявні недоліки, але й позбавило сільськогосподарського виробництва 15% території країни та вивело з ладу ще 10%. Блокада портів розірвала глобальні ланцюги поставок, стрімке зростання цін на пальне та добрива загалом поставило під загрозу життєздатність сектора. Агро виробникам і торговим компаніям доводиться шукати шляхи боротьби з цими наслідками. В умовах продовження бойових дій представники Європейської Бізнес Асоціації визначили кілька пріоритетів для агросектору: пільгове кредитування для розвитку аграрного бізнесу, створення додаткових потужностей для зберігання врожаю, відновлення експортної логістики. Відновлення сільськогосподарських

земель, що постраждали від військових дій, буде наступним пріоритетом, однак це вбачається можливим лише за допомогою інноваційних технологій та додаткового фінансування від західних партнерів. Агентство США з міжнародного розвитку запропонувало на наступні 5 років декілька програм підтримки, серед яких програма аграрного та сільського розвитку на суму 35 млн. доларів США для підтримки 3000 сільськогосподарських підприємств та ініціатива сталого розвитку сільського господарства в Україні. Кожна програма передбачає конкретні заходи щодо стабілізації ситуації, впровадження інноваційних технологій, акцент на виробництві якісної продукції, забезпечення галузі кваліфікованими трудовими ресурсами, створення надійної логістики тощо [31].

Основним напрямком розвитку сільськогосподарського виробництва є економне та бережливе використання всіх ресурсів, покращення якості продукції та удосконалення структури АПК. Економічна ефективність показує кінцевий корисний ефект від застосування засобів виробництва і трудових ресурсів праці, а її зростання сприяє росту прибутків, що є основою розширення і вдосконалення виробництва, підвищення заробітної плати і поліпшення культурно-побутових умов галузевих працівників. Застосування ґрунтозахисних систем разом із підвищенням урожайності культур знизило витрати паливно-мастильних матеріалів, обігових коштів, використання пестицидів тощо. Інтегрована боротьба зі шкідниками та різноманітність рослин заощаджує приблизно 2100 грн/га. В той же час покращене утримання води в ґрунті зменшує витрати на зрошення на 1250 грн/га. Кількість пального при цьому знизилась на 17 % - 20 % або до 5 л/га за рік.

Така категорія як економічна ефективність надзвичайно сильно визначає якість життя населення, оскільки тісно пов'язана з повнотою задоволення матеріальних і культурних потреб громадян. Тому підвищення ефективності виробництва характеризується збільшенням обсягів сукупного продукту та національного доходу з подальшим задоволенням потреб виробників галузей при найменших сукупних витратах на одиницю

продукції. Агропромисловий комплекс має свої особливості, зокрема в сукупності факторів для досягнення високоефективного господарювання, особливе місце відводиться якості і родючості ґрунту. Основними статтями витрат у рослинництві є витрати на паливо, агротехнічні заходи, добрива, засоби хімічного захисту рослин, заробітна плата робітників. Рівень використання названих матеріальних і трудових ресурсів залежить від застосованої технології вирощування культур. Оцінкою ефективності тієї чи іншої технології вирощування є прибутковість та рівень рентабельності [22].

Доцільність будь-якої технології вирощування визначається системою економічних показників, до яких відносять [34]:

1. урожайність сільськогосподарської культури, ц/га;
2. витрати на 1 га (грн.) сума витрат на збір додаткового врожаю і загальновиробничих затрат;
3. чистий дохід (грн.), різниця між валовою продукцією і собівартістю виробленої продукції;
4. рівень рентабельності (%) - відношення умовно чистого доходу до витрат на 1 га;
5. окупність витрат, що визначається як відношення чистого доходу до витрат на 1 га.

Більшість фахівців дотримуються думки, що підвищення доз внесення добрив буде економічно доцільним, допоки остання їх одиниця підвищує врожайність, хоча і не дає прибутку, але витрати на використання відшкодовуються вартістю приросту врожаю. Високі ціни на придбання мінеральних добрив та значні витрати на їх застосування потребують нових методичних підходів до оптимізації системи удобрення для економії ресурсів та отримання прибутків. Складність розрахунків ефективності застосування добрив полягає у нерівноцінності та нестабільності цін на сільськогосподарську і промислову продукцію: добрива, техніку, паливно-мастильні матеріали, практична неможливість урахування післядії добрив у наступні ротації сівозміни.

Основними показниками економічної оцінки результатів є приріст продукції, показники її якості і отриманий річний економічний ефект. Ми вивчали економічну ефективність двох технологій: традиційної щодо вирощування кукурудзи та вирощування складних агроценозів що складаються з кукурудзи, бобових культур-супутників і покривних. Агрономічна ефективність тієї чи іншої технології не завжди відповідає економічній, тому слід визначати ці дві величини. За вивчення економічної ефективності була використана технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно НДГ «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка».

Дані з технологічної карти господарства були використані при розрахунку прямих витрат за вирощуванні культури. Це витрати на пальне, добрива, засоби захисту рослин, насіння. Їх вартість представлена в таблиці 5.1

Таблиця 5.1.

Прямі витрати при вирощуванні кукурудзи на зерно

Види прямих витрат	Вартість на 1 га , грн.
насіння	4 680
Засоби захисту	11 040
Пальне	
оранка	8 800
мілкий плоскорізний обробіток	7 160
Добрива	
одинарна норма	12 240
полуторна норма	16 880

Для розрахунку економічної ефективності потрібно знати врожайність кукурудзи на зерно та вартість отриманої продукції. Економічна ефективність, яку ми отримали в результаті порівняння двох варіантів дослідження наведена в таблиці 5.2

Таблиця 5.2.

Економічна ефективність системи удобрення та обробітку при вирощуванні кукурудзи на зерно в середньому за 2023-2024 р.р.

Варіант дослідю	Урожайність ц/г	Вартість продукції, грн/га	Витрати на 1га, грн.	Собівартість 1 ц/грн	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності,%
Традиційне вирощування кукурудзи на зерно						
Контроль(без добрив)	57,0	45 135	24 520	430,1	20 615	84%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	80,0	70 210	36 760	459,5	33 450	91%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	83,0	74 120	41 400	498,7	32 720	79%
Солома 1,2т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	82,0	69 530	37 640	459,0	31 890	85%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	89,0	81 090	42 280	475,0	38 810	92%
Вирощування кукурудзи на зерно в складних агроценозах						
Контроль(без добрив)	53,0	46 750	22 040	415,8	24 710	112%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	90,0	71 315	31 240	347,1	40 075	128%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	77,0	75 055	38 920	505,4	36 135	93%
Солома 1,2т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₅₅ P ₄₅ K ₅₅	81,0	70 465	32 120	396,5	38 345	119%
Солома 1,2 т/га+N ₁₂ +сидерати+N ₇₈ P ₆₈ K ₆₈	93,0	86 785	39 400	423,6	47 385	120%

Відповідно до даних таблиці видно, що за обох систем найвищу економічну ефективність показало внесення соломи 1,2т/га + N₁₂ + сидератів + N₅₅P₄₅K₅₅ і при цьому рівень рентабельності становив в межах 93...128%.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ І В ЛАБОРАТОРІЇ

Основною метою заходів з охорони праці, екологічної та пожежної безпеки є зниження травматизму і професійних захворювань на виробництві. Законодавчі положення і акти імплементуються за рахунок лікувально-профілактичних, соціально-економічних, організаційних і технічних методів і засобів, які забезпечують збереження здоров'я і працездатності працівників. У сільському господарстві задіяна значна кількість механізованого обладнання, які створюють небезпечний простір з потенційним травматизмом і професійними захворюваннями.

НДГ «Великоснітинське ім. О. В. Музиченка» має високоорганізовану службу охорони праці. У кожному відділенні проводиться інструктаж та навчання з охорони праці, що обов'язково реєструється в спеціальному журналі з техніки безпеки. В НДГ дотримуються усіх вимог відповідно до Закону про охорону праці. Робочі зміни тривалістю 10 годин допускаються лише у випадку, коли це необхідно для проведення сезонних сільськогосподарських робіт в оптимальні строки, з передбаченим своєчасним їх завершенням. У таких випадках оплата праці та заохочення здійснюються відповідності до положень трудового законодавства України. Для працівників сільського господарства важливо отримувати справедливу винагороду, яка відповідає стандартам мінімальної заробітної плати або перевищує їх. Дотримання законодавства про працю, включно з тривалістю та умовами праці, допомагає захистити працівників від експлуатації.

Проблеми сезонної зайнятості: через сезонний характер вирощування культур працівники можуть стикатися з періодами безробіття, що призводить до економічної нестабільності. Реалізація таких стратегій, як міжсезонне навчання або пропозиція роботи у відповідній сільськогосподарській діяльності, може допомогти пом'якшити цю проблему. Відповідальність і контроль питань охорони праці покладено на правління господарства, яке

забезпечує дотримання вимог і виконання усіх правил щодо безпеки на виробництві та пожежної безпеки, а призначення відповідальних осіб на виробництві за безпеку працю здійснюють за наказом керівника. Під час прийому на роботу обов'язково проводять ознайомлення працівника з правилами безпеки праці та проведення професійно орієнтованого інструктажу. НДГ має спеціально обладнаний кабінет з охорони праці, автомобільний парк, гараж, майстерню та інформаційні куточки з охорони праці. Потрібно відмітити, що матеріали відповідають сучасним вимогам та Положенню з організації кабінетів охорони праці на сільськогосподарських підприємствах. На території НДГ побудовано склади для зберігання мінеральних добрив, приміщення складів мають добре освітлення і систему вентиляції, інформаційні стенди із санітарними правилами та правилами безпеки праці. Видача мінеральних добрив та засобів хімічного захисту проводять за письмовим розпорядженням керівництва НДГ. При роботі ці речовини важливо правильно зберігати, щоб запобігти забрудненню навколишнього середовища. При навантаженні та розвантаженні мінеральних добрив, обов'язково потрібно вдягати захисні окуляри та респиратори фільтруючого типу [35].

До роботи з добривами допускаються особи, які досягли повноліття з після проходження спеціального навчання щодо поводження з мінеральними добривами. Роботи з пестицидами та гербіцидами виконують спеціально підготовлені особи, які пройшли відповідне навчання, раз на півроку/рік (залежно від категорії) проходять медогляд; роботи суворо контролюють на предмет дотримання інструкцій та правил техніки безпеки. Працівники із засобами хімічного захисту рослин обов'язково забезпечуються спецодягом та індивідуальними засобами захисту: для захисту рук – гумові і бавовняні рукавиці, для захисту тіла – спецодяг із пилозахисної тканини, для захисту очей – захисні окуляри. Під час роботи з мінеральними добривами, отрутохімікатами та пестицидами категорично заборонено палити і приймати їжу. Забезпечення спецодягом та індивідуальними

засобами захисту відповідає вимогам ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Кошти на закупку індивідуальних засобів захисту виділені з централізованих і не централізованих джерел регулярно втрачаються через неможливість закупити необхідний асортимент, тому частина цих асигнувань може бути витрачена на інші потреби охорони праці.

Зафіксованим недоліком є те, що на окремих об'єктах не повністю укомплектовані протипожежні щити з первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ручними насосами, однак достатньо резервуарів з водою та ящиків з піском.

Організаційно-технічні недоліки є основними причинами виробничого травматизму, які трапляються в господарстві. Зокрема, може статися перевертання машини, якщо у вологу погоду при роботі на схилі близько 11° застосовувати машини не в крутосхиловому виконанні. Також при проведенні робіт із післязбиральної обробки зерна траплялися випадки травмування робітника при перенесенні вантажу, що перевищував допустимі норми. Були випадки зриву інструментів та падіння з гусениць та підніжок, під час виконання тракторних робіт і підготовки тракторів до роботи. Загалом технічний стан тракторів і сільськогосподарських робіт відповідає вимогам безпеки. Основні трудомісткі технологічні процеси у господарстві механізовані. Робота сільськогосподарських агрегатів на схилах ускладнюються небезпекою можливого перекидання агрегату. В зв'язку з цим потрібна розробка спеціальних інструкцій по безпечному проведенню робіт на схилах. Без дозволу відповідних спеціалістів забороняється заміна агрегатів. Керівник робіт від адміністрації господарства зобов'язаний видати трактористу-машиністу технологічну карту проведення робіт або наряд, в якому вказано маршрут руху, а також повинні бути вказані особливості безпечного виконання робіт в цих умовах. Поле, де буде проводиться збір врожаю, має бути ретельно підготовлене. Якщо ж є небезпечні місця то їх позначають спеціальними позначками. При розворотах та поворотах та під

час робіт на краю схилів і обривів, потрібно пересуватись тільки на малих обертах двигуна (на першій передачі). Категорично заборонена короткочасна зупинка і стоянка комбайну неподалік крутих схилів і ярів. При примусовій зупинці потрібно заглушити двигун комбайну, для надійного заблокування коліс підкладають спеціальні упори.

У випадку буксування комбайну на схилі, необхідно зупинити комбайн, заглушити двигун, дочекатися приїзду трактору, і з його допомогою відбуксирувати комбайн на рівне місце.

Машини, призначені для ділянок з гірським рельєфом повинні бути забезпечені/оснащені креноміром. Машини, залежно від кількості ведучих коліс, повинні бути оснащені гальмівними черевиками або дерев'яними кілками, які попереджають скочування або сповзання на схилах під час зупинки. На гірських ділянках в нічний час забороняється робота на тракторах загального призначення; категорично заборонено рухатися по схилу з вимкненим двигуном або буксирувати машину на жорсткому зчепленні (таблиця 6.1.).

Таблиця 6.1.

Максимальні допустимі схили для робіт окремих марок сільськогосподарських машин [22]

Тип сільськогосподарської машини	Схил рельєфу, градуси
Т-74, ДТ-75	13
Т-40, ЮМЗ, МТЗ	11
Самохідне шасі Т-16М СШ-75	15
СК-4, СК-5, СК-6 (комбайн)	15
Спеціальні пристосовані для роботи в гірських умовах машини	>16

З метою покращення умов праці необхідно усунути вказані вище недоліки. При роботі з засобами захисту, потрібно усунути конструктивні недоробки машин. Машини повинні своєчасно проходити технічний огляд

відповідно до нормативних вимог. Впровадити оперативну систему контролю заходів з охорони праці і покращити санітарний стан виробничих приміщень і складів. Усі машини і робочі агрегати оснастити спеціальними сигнальними засобами: сигналізації, кренометри тощо.

Під час проведення польових досліджень в НДГ «Великоснітинське імені О.В. Музиченка» були дотримані правила техніки безпеки, працівники були забезпечені засобами індивідуального захисту та спеціальним одягом під час внесення основних мінеральних добрив. У дослідженнях, що використовували ґрунтозахисну технологію, застосовували сучасну техніку та обладнання. Для виконання дипломної роботи ми також проводили аналітичні дослідження в лабораторіях НУБіП на кафедрі ґрунтознавства та охорони ґрунтів. Стан забезпечення умов охорони праці в хімічній лабораторії оцінено як хороший, оскільки лабораторія повністю укомплектована піногасниками, засобами індивідуального захисту, та аптечкою для надання першої допомоги у разі травмування або хімічного опіку.

ВИСНОВКИ

1. У дослідженні на основі огляду української та англомовної літератури розглянуто традиційні та сучасні підходи до класифікації деградацій та екологічного відновлення деградованих угідь. Також розглянуто за літературними даними пропозиції до використання різних видів рослин для фіторе mediaції ґрунтів, порушених в результаті військових дій, зокрема продуктами первинного розпаду тротилу, октогену і гексогену.
2. Було визначено і доведено критичну роль фітомеліорації, інтегрованої в комплексні програми збереження та рекультивації ґрунтів, спрямовані на покращення сталого використання чорноземів звичайних. Розглянуто склад і властивості ґрунтів до та після фітомеліоративних заходів. Використання комплексних агроценозів покращує гранулометричний склад, родючість ґрунту та його екологічну стабільність.
3. Експерименти проводили на ділянках площею 20 м². Базовою культурою була обрана кукурудза через її економічне та екологічне значення в регіоні. Конюшину використовували як культуру-супутник через її здатність фіксувати азот, гірчиця служила покривною культурою для придушення бур'янів і збагачення ґрунту, а люцерна була включена як багаторічна рослина з глибоким корінням для покращення структури ґрунту та вмісту органічної речовини.
4. В роботі розглянуті наступні фітомеліоративні механізми: біологічне розпушування ґрунту, фітоекстракція та фітодеградація, використання рослин для поглинання або розщеплення забруднюючих речовин; розвиток стійкого органічного горизонту, який підвищує родючість і

підтримує різноманітні мікробні спільноти; сприяння збалансованому мікробному угрупованню для підтримки здоров'я ґрунту.

5. Дослідження демонструє еколого-економічну вигоду використання комплексних агроценозів. Підтримуючи біорізноманіття та покращуючи структуру ґрунту, ці системи не лише сприяють рекультивації ґрунту, але й сприяють стійкій сільськогосподарській продуктивності. найвищу економічну ефективність показало внесення соломи 1,2т/га + N₁₂ + сидератів + N₅₅P₄₅K₅₅ і при цьому рівень рентабельності становив в межах 93...128%.

6. Дипломну роботу виконано з дотриманням вимог охорони праці, екологічної та пожежної безпеки

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балаєв А. Д., Алексеєнко І. М., Манішевська Н. М., Богданович Р. П. Трансформація і гуміфікація рослинних решток за різного обробітку, удобрення і гумусованості ґрунту (на прикладі модельного дослідження) / Відп.ред. Д. О. Мельничук. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. К., 2005. С.15
2. Балаєв А.Д., Задубинна Є. В., Алексеєва В. Гумусоутворення в чорноземах лісостепу за мінімізації обробітку і біологізації землеробства. *Збалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присв. Всесвітньому Дню Ґрунту та 130-річчю заснування кафедри ґрунтознавства ДБТУ, 5–6 грудня 2023 р.* Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С. 219-220.
3. Балюк С.А., Медведєв В. В., Мирошніченко Н. Н. Екологічний стан ґрунтів України. *Український географічний журнал*, 2012. 2. С. 40.
4. Бережняк Є. М. Екологічна оцінка водно-ерозійних процесів на ґрунтах Правобережного Лісостепу України: Монографія. НУБіП України. Вид-во НВП «Інтерсервіс», 2014. 280 с.
5. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих ландшафтів: підручник К.: Урожай, 2005. 300 с.
6. Бурлака Н. І., Панько В. В. Екологічні наслідки деградації ґрунту та інноваційні шляхи її подолання. *Агросвіт*. 2020. № 7. С. 80–86.
7. Веремеєнко С. І. Охорона ґрунтів та відновлення їх родючості: навчальний посібник. Рівне, НУВГП, 2010. 218 с.
8. Гнатенко О. Ф., Капштик М. В., Петренко Л. Р., Вітвицький С. В. Ґрунтознавство з основами геології : навчальний посібник. К.: Оранта, 2005. 648 с.
9. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. Монографія.

- Національний аграрний університет./ Ред. М. К. Шикула. К.: Оранта, 2000. 389 с.
10. Жуков О. В., Задорожна Г. О., Маслікова К. П., Андрусевич К.В., Лядська І. В. Екологія техноземів: монографія. Дніпро. 2017. 442 с.
 11. Забалуєв В.О., Балаєв А. Д., Тонха О. Л., Піковська О. В. Ґрунтові деградації і технології відтворення родючості ґрунтів: Навчальний посібник Київ.: НУБіП України, 2023. 284 с.
 12. Забалуєв, В. О. Едафо-фітоценотичне обґрунтування формування та функціонування стійких агроєкосистем на рекультивованих землях Степу України. К.: Національний аграрний університет. 2005. Автореф. дис. докт. с.-г. наук
 13. Заіменко Н. В., Дідик Н. П., Елланська Н. Е., Іваницька Б. О., Павлюченко Н.А., Рахметов Д. Б., Харитонова І. П. Впровадження новітньої технології хімічної та фітомеліорації кислих і засолених ґрунтів. *Nauka innovation*. 2016. 12 (1). С. 66–77.
 14. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. К.: Аграрна наука. 2008. 245 с.
 15. Мінняйло А. А. Екологічне обґрунтування заходів із збереження біорізноманіття комах-хортобіонтів в агроландшафтах Лісостепу України. автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16 Каб. Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. К., 2011. 20 с.
 16. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України. Методичні рекомендації для впровадження у виробництво. К.: Аграрна освіта, 2008.36 с.
 17. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту Житомир: ПП Рута, 2010. 473 с.
 18. Назаренко І. І., Польчина С.М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство з основами геології: підручник Чернівці: Книги-XXI, 2006. 504 с
 19. Охорона ґрунтів: навчальний посібник / Ред. М.К. Шикула. К.: Знання,

2001. 398 с.
20. Пирожок О. Повна деградація. Хто псує український чорнозем? 2018. Он-лайн ресурс. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2018/06/4/637294/>
 21. Писаренко П. В., Горб О. О., Невмивака Т. В., Голік Ю. С. Основи біологічного та адаптивного землеробства: навчальний посібник. Полтава Оріана, 2009. 312 с. 15.
 22. Продун В. П. Сталій розвиток регіональних АПК: Монографія / Держ. Ком. стат. України: під заг. кер. Ю.М. Остапчука. К., 2011. 314 с.
 23. Сайт Національної академії аграрних наук України. Карта про вплив воєнних дій на ґрунтові умови в Україні 2022. Онлайн ресурс. Режим доступу: http://naas.gov.ua/newsukraine/?ELEMENT_ID=7625
 24. Танчик С.П., Манько Ю.П., Бабенко А.І. Методологія диференційованої класифікації сучасних систем землеробства в Україні. Посібник українського хлібороба. 2013. 1. С. 85–88.
 25. Тихоненко Д. Г., Горін М. О.. Ґрунтознавство: Підручник К.: Вища освіта, 2005. 703 с.
 26. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах: / Ред.. С. М. Рижук, В. В. Медведєва. Харків, 2003. 214 с.
 27. Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторекультивациї у сучасних системах землеробства. Монографія. Вінниця: Друк, 2022. 1200 с.
 28. Шматько В. Г., Нікітін Ю. В. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навчальний посібник. К. Національна академія управління. 2005. С. 17–45.
 29. Ali A., Zinnert J. C., Muthukumar B., Peng, Y., Chung S. M., Stewart C. N. Physiological and transcriptional responses of *Baccharis halimifolia* to the explosive “composition B” (RDX/TNT) in amended soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 2014. 21. С. 8261-8270.
 30. ACME Mapper 2.0 –

[http://mapper.acme.com/?ll=50.09,30.01&z=13&t=S&marker0=50.09,30.01,
%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A1%D0
%BD%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B](http://mapper.acme.com/?ll=50.09,30.01&z=13&t=S&marker0=50.09,30.01,%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A1%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B)

31. Buka S., Tkachuk V., Kondratiuk V., Tonkha O., Slobodyanyuk, N. (). Prospects for agribusiness in Ukraine over the next 5 years. *International Journal of Environmental Studies*, 2022. 80 (2), C. 291–298. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2157630>
32. Chatterjee S., Deb U., Datta S., Walther C., Gupta K. Common explosives (TNT, RDX, HMX) and their fate in the environment: Emphasizing bioremediation. *Chemosphere*, 2017. 184. P. 438-451, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.008>.
33. Groom C. A., Halasz A., Paquet, L., Morris, N., Olivier, L., Dubois, C., & Hawari, J. (). Accumulation of HMX (octahydro-1, 3, 5, 7-tetranitro-1, 3, 5, 7-tetrazocine) in indigenous and agricultural plants grown in HMX-contaminated anti-tank firing-range soil. *Environmental science & technology*, 2002. 36(1), 112–118.
34. Kucher A., Anisimova O. Theoretical aspects of definition of economic efficiency of application of soil-protecting innovations. *News of agrarian sciences. Special issue*. 2016. 10. P. 87–91.
35. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/7239/5-1-0-1935>

ДОДАТОК А



Рис. А.1. Супутникова карта НДГ «Великоснітинське ім. Олександра Музиченка» [30]

**Агрокліматичні характеристики НДГ Великоснітинське ім.
О.В. Музиченка в 2023-2024 роках [2]**

місяць року	декада	Сума опадів, мм		Відносна вологість повітря, %		Температура повітря, °С	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024
Квітень	I	23	16	77	79	7,2	10
	II	11	24	75	80	9,9	10,4
	III	0	57	53	75	10,9	9,8
Травень	I	10	7	57	69	12,1	11,3
	II	15	15	67	67	14,6	14,8
	III	78	40	74	73	14,8	15,3
Червень	I	60	3	75	63	14,7	17,2
	II	71	12	81	73	16,1	18,7
	III	5	0	75	65	22,0	19,5
Липень	I	0	37	63	69	20,2	18,9
	II	54	9	70	71	20,1	21,0
	III	32	3	71	66	20,2	21,4
Серпень	I	10	8	77	61	20,1	20,1
	II	17	0	72	67	21,0	23,8
	III	40	41	81	68	17,2	18,8