

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ С
(УНУ)

Факультет плодовоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

«___» (_____) 2025 року

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти бакалавр

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВИРОЩУВАННЯ
АМАРАНТУ ЗА ПРИНЦИПАМИ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Виконала: студентка 4 курсу, групи 41-з-ек
спеціальності Е2 Екологія
СОКОЛОВСЬКА Галина Борисівна

Керівник: НІКІТІНА Ольга, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Роль недооцінених культур у забезпеченні продовольчої безпеки та сучасні підходи до охорони ґрунтів	5
1.1. Глобальні виклики продовольчої безпеки та потенціал недооцінених культур	5
1.2. Обґрунтування необхідності впровадження органічного землеробства	9
РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкт та методика проведення досліджень	13
2.1. Умови проведення досліджень	13
2.2. Характеристика об'єкта досліджень	14
2.3. Методика проведення досліджень	15
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень	18
3.1. Агроекологічна характеристика ґрунтів у межах піддослідного господарства	18
3.2. Екологічні аспекти вирощування амаранту як основи для органічного землеробства	20
ВИСНОВКИ	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27
ДОДАТКИ	30

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах глобальних кліматичних змін, виснаження природних ресурсів та інтенсифікації сільського господарства виникає необхідність пошуку нових підходів до ведення агровиробництва. Особливо актуальним є впровадження органічного землеробства, яке базується на екологічно безпечних технологіях і спрямоване на збереження та відновлення природної родючості ґрунтів. У цьому контексті вирощування малопоширених культур, таких як амарант, має значний потенціал. Завдяки своїм агробіологічним властивостям амарант здатний покращувати структуру

ґрунтів, накопичувати органічну речовину та забезпечувати високий рівень біомаси. Саме дослідження агроекологічних умов вирощування цієї культури в системі органічного землеробства є важливим як для наукової спільноти, так і для практиків.

Об'єкт дослідження. Система органічного землеробства на базі піддослідного господарства в умовах Уманського району.

Предмет дослідження. Агроекологічні умови вирощування амаранту та вплив технологій обробітку ґрунту на родючість і показники ґрунтового середовища в умовах органічного землероб

Мета дослідження. Наукове обґрунтування доцільності впровадження культури амаранту у систему органічного землеробства з використанням технології No-till як інструменту підвищення родючості ґрунтів та зменшення негативного впливу на довкілля.

Наукова та практична цінність. Наукова новизна дослідження полягає в аналізі агроекологічних показників ґрунту при вирощуванні амаранту за традиційною та No-till технологіями, а також у вивченні їх впливу на вміст гумусу, азоту та інших поживних елементів. Практична значимість полягає в можливості адаптації отриманих результатів у діяльність малих та середніх фермерських господарств, які прагнуть перейти до органічного виробництва та зберегти екологічний баланс.

Структура та обсяг дипломної роботи. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту. Дипломна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків. Список використаних джерел нараховує 27 джерела.

РОЗДІЛ 1

РОЛЬ НЕДООЦІНЕНИХ КУЛЬТУР У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОХОРОНИ ҐРУНТІВ (Огляд літератури)

1.1. Глобальні виклики продовольчої безпеки та потенціал недооцінених культур

Проблема нестачі поживних речовин та низької доступності їжі є серйозним викликом у всьому світі [1], що підтверджується регулярними голодними кризами та маложивленням, незважаючи на зростання виробництва продовольства. За оцінками, основні потреби, зокрема їжа, недостатньо забезпечуються: 27,7 % в Африці, 7 % в Азії, 1,2 % у Північній Америці та Європі і 6,4 % у Південній Америці [2].

Для забезпечення сталості ООН розробила Цілі сталого розвитку (SDGs) [3], а SDG 2 має на меті створення світу без голоду до 2030 року. Глобальний огляд показав, що близько 828 мільйонів людей страждають від нестачі їжі та поживних речовин [4]. При цьому близько двох мільярдів людей уразливі до недостатнього споживання основних і другорядних поживних речовин, що часто супроводжується невидимим голодом [5, 6] та негативними наслідками для здоров'я [7, 8].

Однією з основних проблем є маложивлення, яке виникає через недостачу необхідного раціону. Найбільш уразливими є діти до 5 років, вагітні жінки та немовлята, особливо в країнах, де бідність є звичайною справою.

У багатьох країнах економіка сильно залежить від сільського господарства, яке має забезпечити 70 % необхідної їжі до 2050 року або раніше [9]. Сучасна сільськогосподарська система потребує перегляду, а різноманітність виробництва продовольства має бути розширена за рахунок включення недооцінених, забутих і кліматично стійких культур, таких як амарант, тефф, кіноа та спайдер-плант (*Cleome gynandra*) [10–12].

Недооцінені культури – це сукупність природних і вирощуваних видів рослин, які мають обмежені ринкові можливості [13–15]. Ці культури, як правило, є поживними [15] і забезпечують значну користь для здоров'я [16, 17], пропонуючи доступні білкові альтернативи для фермерів, допомагаючи зберігати ґрунт та зменшуючи викиди вуглецю [18, 19].

Однією з таких недооцінених культур є амарант (*Amaranthus*), який часто називають бур'янами. Відомо понад 70 сортів амаранту, що поділяються на листові (овочеві), зернові, бур'янисті та декоративні [20, 21]. Більшість амарантів є рідними для Америки, і їхнє domestikація розпочалася ще 6000–8000 років тому. Сьогодні ця культура поширена по всьому світу, хоча в Азії, Африці, Австралії та Європі вирощуються лише 15 видів [22–24].

Амарант повернувся у фокус сільськогосподарського виробництва завдяки своїм універсальним і невід'ємним перевагам – високій поживності, низьким витратам на вирощування та стійкості до несприятливих умов [20].

Дослідження показують, що вирощування амаранту підходить для малородючих земель і має значний потенціал завдяки великій генетичній і фізичній різноманітності [25–27]. Він може рости при високих температурах, засухах, у поганих ґрунтах, а також протистояти шкідникам і іншим стресовим факторам. Фермери можуть успішно вирощувати амарант як листову, так і зернову культуру там, де інші рослини майже не ростуть [20].

Вплив кліматичних змін на глобальне сільське господарство, зокрема такі явища, як зниження врожайності, опустелювання, вирубка лісів, ерозія, погіршення якості води та виснаження водних ресурсів, широко прогнозується і може серйозно ускладнити забезпечення продовольчої безпеки у вразливих регіонах.

Поєднання зростання світового населення, підвищення цін на енергію та зростання витрат на сільськогосподарські ресурси додає додаткових труднощів у підтримці глобального рівня виробництва продовольства. Деякі з рекомендованих стратегій щодо пом'якшення наслідків змін клімату та адаптації до них включають впровадження більш різноманітних систем

виросування із залученням культур, стійких до засухи та високих температур, що дозволить краще адаптуватися до змін клімату та нових ризиків від шкідників і хвороб [2].

Глобалізація сільського господарства призвела до ситуації, коли основні зусилля з вирощування та досліджень зосереджені лише на кількох основних культурах, тоді як менш відомі види, які мають унікальні переваги для продовольчої безпеки та адаптації до змін клімату, залишаються майже невикористаними [21].

На даний момент глобальне виробництво продовольства залежить від лише дев'яти культур, які забезпечують більше ніж 75 % енергії, що надходить від рослинного походження, причому три основні зернові культури (пшениця, рис і кукурудза) складають понад половину виробництва.

Така залежність від невеликої кількості видів є серйозною загрозою для майбутньої сільськогосподарської стійкості. Наприклад, у 2007 році невиконання продовольчих потреб спричинило нестабільність цін на сільськогосподарську продукцію і завдало значної шкоди глобальним продовольчим ринкам [12].

Сучасні рівні виробництва основних продовольчих культур не відповідають прогнозованим глобальним потребам, а дослідницькі зусилля, спрямовані на збільшення врожайності, досягли плато, що не дозволяє досягти необхідного зростання[14].

Тому для зменшення навантаження на основні культури в умовах змін клімату існує нагальна потреба вивчення альтернативних культур, які можуть відігравати ключову роль у задоволенні майбутніх продовольчих потреб зростаючого населення. Серед недооцінених видів, що мають такий потенціал, є амарант [8].

Амарант добре адаптований до маргінальних земель і має значний потенціал завдяки високій генетичній різноманітності та фенотиповій пластичності [12]. Поєднання цих характеристик із стійкістю до високих

температур, засухи, поганих ґрунтових умов і мінімальним рівнем захворюваності робить амарант надзвичайно привабливим як культура для вирощування в несприятливих умовах.

Амарант може стати важливою культурою для підтримки продовольчої та харчової безпеки, забезпечуючи негайні потреби сільських громад, а також сприяючи зниженню негативних наслідків змін клімату. Завдяки відносно високим торговим цінам і зростаючій популярності на Західному ринку, амарант може стати стабільним джерелом доходу для дрібних фермерів [7].

1.2 Амарант – кліматично стійка культура з високим агроекономічним потенціалом

Види амаранту мають різні центри доместикації та походження. Проте загальна кількість видів амаранту досі залишається невизначеною, і, ймовірно, враховано лише частину наявних зразків. Найважливішими видами насіннєвого амаранту, що виникли в Америці, є такі вирощувані види:

1. *A. caudatus* L. Синоніми: *A. edulis* Spegazzini та *A. mantegacianus* Passerini.
2. *A. hypochondriacus* L. Синоніми: *A. leucocarpus* S. Wats та *A. flavus* L.
3. *A. cruentus* L. Синонім: *A. paniculatus* L.

Орієнтовний декоративний тип (*A. tricolor*) найбільш ймовірно походить з Індії, після чого був введений до Південної Америки. Різні місцеві сорти декоративних і овочевих видів були розроблені на основі цього типу. *A. tricolor* також широко вирощується у південному Китаї.

Основний овочевий тип, ймовірно, має походження з Південної Азії, а згодом поширився по тропіках та помірних зонах[25].

На даний момент не існує конкретних стандартів щодо оптимальної густоти насаджень амаранту, що залишає простір для подальших досліджень і підбору сортів, адаптованих до різних регіональних умов.

Вирощування овочевого амаранту вважається більш схильним до шкідників і хвороб, ніж насіннєвого, але й тут проблеми досить обмежені. Основні грибкові хвороби, з якими стикаються – це загнивання сходів (damping-off), яке викликане такими патогенами, як *Pythium*, *Rhizoctonia* та *Arphanomyces* spp., а також інші ураження, наприклад, в'янення молодих рослин.

Для контролю цих захворювань використовують культурні методи, оскільки спеціально затверджених фунгіцидів для амаранту не існує (Kelly and Martin 1983). Насіннєвий амарант, як правило, стійкий до шкідників, включаючи нематод, що робить його придатним для використання у сівозміні для зменшення популяції шкідників у наступних культурах [23].

Як насіннєва, так і листова частини амаранту є важливими для оцінки його вирощуваності. Урожайність насіннєвого амаранту значно варіюється залежно від сорту та умов вирощування, включаючи вологість ґрунту, родючість, хімічні та фізичні властивості ґрунту, клімат, густоту насаджень, дату посіву та рівень внесення добрив [16]. Урожайність насіннєвого амаранту на сухій землі зазвичай становить 450–700 кг/га, а під зрошенням або в умовах високої кількості опадів – 900–2000 кг/га. Максимальні показники врожайності, зафіксовані в Мексиці та Перу, складають до 7000 кг/га, тоді як у Африці – близько 3000 кг/га. Велика варіабельність врожайності, а також генетична різноманітність і фенотипова пластичність відкривають можливості для подальших досліджень і селекції сортів, пристосованих до регіональних умов [21].

Амарант є джерелом високоякісного білка, дієтичної клітковини, а також має значний вміст мінералів (кальцій, залізо, магній) та вітамінів. Він містить більше кальцію, ніж традиційні зернові культури, що робить його особливо цінним для населення з обмеженим доступом до багатих на мінерали продуктів.

Амарант використовується як зернова культура, а також як овочевий продукт. Насіння можна використовувати для приготування каш, пінованих

виробів, екструдованих продуктів та борошна для хліба і снєків, особливо для безглютенових дієт. Також амарантове борошно застосовується у виробництві традиційних продуктів харчування, що дозволяє підвищити їхню поживну цінність.

Амарант може використовуватися як корм для тварин, оскільки його включення до раціону підвищує засвоюваність поживних речовин і продуктивність худоби [2].

Амарант містить біоактивні компоненти (наприклад, сквален, флавоноїди, поліфеноли), які мають антиоксидантні, протизапальні та кардіопротекторні властивості. Деякі традиційні медичні практики використовують різні частини амаранту для лікування захворювань, а також для виготовлення натуральних барвників та косметичних засобів.

Амарант має значний потенціал для підвищення продовольчої та харчової безпеки завдяки своїй здатності рости в несприятливих умовах. Його вирощування може стати альтернативою основним культурам, що забезпечують лише частину глобальних потреб у продовольстві. Завдяки своїй стійкості до засухи, низьким вимогам до добрив і високій генетичній різноманітності, амарант може успішно вирощуватися на маргінальних землях, забезпечуючи стабільне джерело їжі та доходу для дрібних фермерів. Це особливо актуально для регіонів, де традиційні культури не забезпечують необхідного рівня виробництва через несприятливі кліматичні умови.

Вирощування насінневого амаранту також може допомогти зменшити негативний вплив кліматичних змін, завдяки його ефективному використанню води та здатності зберігати ґрунтові ресурси. Використання амаранту у ротації з іншими культурами сприятиме підвищенню родючості ґрунтів та зниженню ризиків, пов'язаних із монокультурним вирощуванням [1].

Попри численні позитивні властивості, впровадження насінневого амаранту в основну агрокультурну систему стикається з рядом обмежень. Серед головних проблем – фізичні характеристики насіння (дрібний розмір,

однорідність текстури та кольору), складність стандартизації сортових матеріалів і проблеми з механізованим посівом та збором врожаю. Ці фактори обмежують комерційну життєздатність вирощування амаранту і потребують подальших досліджень для розробки оптимальних технологій вирощування, обробки та маркетингу продукції.

Амарант є «поживною бомбою» завдяки високому вмісту білка, важливих амінокислот, мінералів і вітамінів, а також містить біоактивні компоненти, що сприяють покращенню здоров'я, зокрема кардіопротекції, протизапальним ефектам та підтримці імунної системи. Завдяки своїй стійкості до несприятливих кліматичних умов і низьким вимогам до ресурсів, вирощування насіннєвого амаранту має великий потенціал для підтримки продовольчої безпеки та адаптації до змін клімату, зокрема в регіонах, де традиційні культури не забезпечують належного рівня виробництва [10].

Виробничі практики, включаючи оптимальні методи посіву, управління шкідниками і захист від бур'янів, а також технології збору врожаю, можуть значно підвищити врожайність і якість амаранту. Незважаючи на деякі обмеження, зокрема через фізичні характеристики насіння та відсутність стандартизованих сортів, подальші дослідження та інновації у агротехнологіях відкривають перспективи для масштабного впровадження цієї культури [2].

Загалом, насіннєвий амарант є перспективною культурою для вирішення проблем продовольчої безпеки та адаптації сільськогосподарських систем до умов змін клімату, що може забезпечити стабільне джерело доходу для дрібних фермерів і сприяти сталому розвитку регіонів, зокрема у Східній Африці.

Амарант класифікується як рослина типу C4, що дозволяє йому мати покращену водоутримуючу здатність і ефективність фотосинтезу при високих температурах і засухах, порівняно з культурами типу C3. Це є суттєвою перевагою для вирощування в регіонах із обмеженими водними ресурсами, зокрема в Східній Африці). Вимоги до води для вирощування

насіннєвого амаранту на 53–58 % нижчі, ніж для пшениці; на 40–50 % – ніж для кукурудзи; і на 21 % – ніж для бавовни [24].

Амарант витримує повне сонце, обмежене зрошення та високі температури, вирощується у дуже різноманітних умовах – від тропічних низин до висот до 3500 м над рівнем моря у Гімалаях. Цю культуру можна вирощувати як у монокультурі, так і в системах сумісного вирощування. Наразі відсутні чіткі стандарти оптимальної густоти насаджень, що створює можливості для подальших досліджень і селекції сортів, адаптованих до різних регіональних умов [23].

Вирощування овочевого амаранту, як правило, є більш схильним до шкідників та хвороб, ніж насіннєвого, але й тут проблеми залишаються досить обмеженими. Основні грибкові хвороби, з якими стикаються – це загнивання сходів (damping-off), спричинене патогенами, такими як *Pythium*, *Rhizoctonia* і *Arphanomyces* spp. Контроль цих хвороб здійснюється переважно за допомогою культурних методів, оскільки спеціально затверджених фунгіцидів для амаранту наразі немає. Насіннєвий амарант, як правило, стійкий до шкідників, включаючи нематоди, що дозволяє використовувати його у сівозміні для зниження популяції шкідників у наступних культурах [27].

Урожайність насіннєвого амаранту значно варіюється залежно від сорту та умов вирощування, таких як вологість ґрунту, родючість, хімічні та фізичні властивості ґрунту, клімат, густина насаджень, дата посіву і рівень внесення добрив (Brenner et al. 2000; Gimplinger et al. 2008). Урожайність насіннєвого амаранту на сухій землі зазвичай складає 450–700 кг/га, а під зрошенням або при високій кількості опадів – 900–2000 кг/га. Максимальні показники врожайності, зафіксовані в Мексиці та Перу, досягають 7000 кг/га, тоді як у Африці – близько 3000 кг/га. Велика варіабельність врожайності, генетична різноманітність і фенотипова пластичність створюють перспективи для подальших досліджень і селекції сортів, адаптованих до регіональних умов.

Амарант був надзвичайно важливим продуктом харчування для ацтеків та інших давніх американських культур. Після завоювання Іспанією Мексики наприкінці 1500-х років вирощування амаранту практично зникло, але було відновлено завдяки дослідженням у США у 1970-х роках. Завдяки цим дослідженням, вирощування насіннєвого амаранту поступово поширилося по всьому світу. Сьогодні його вирощують в Індії, Африці, Непалі, Китаї, Росії, Італії, Греції та Південній Америці. У південній Африці амарант переважно зростає у дикій природі або в експериментальних умовах, оскільки його комерційне виробництво є дуже обмеженим.

Амарант – це єдина псевдозернова культура, де використовують усю рослину. Насіння амаранту вживають, готують з нього каші (наприклад, подібні до рису), розтирають в борошно або обробляють іншими способами для отримання готових продуктів. Борошно з насіння амаранту використовується в хлібопекарській промисловості, особливо для виробництва безглютенових виробів. Також його застосовують для виготовлення снєків, пластівців, екструдованих виробів та інших харчових продуктів.

У традиційних рецептах амарант використовується для приготування напоїв, таких як «чака» в Ефіопії, а також для виготовлення пива та інших продуктів у різних країнах.

У 1970-х роках амарант знову привернув увагу фермерів, зокрема в Мексиці, завдяки своїй стійкості до несприятливих погодних умов та приємному смаку. Цей відроджений інтерес пов'язують з можливістю вирощування амаранту як альтернативної культури, що сприяє збільшенню обсягів продовольства в умовах кліматичних змін. Амарант вирізняється своєю здатністю виростати як у гірських районах, так і на відкритих рівнинах, а також демонструє стійкість до засух, солоності ґрунтів та інших стресових факторів. Універсальність амаранту дозволяє його використовувати в різних сільськогосподарських системах, що робить його перспективною культурою для поліпшення продовольчої безпеки [2, 9, 20].

Останнім часом відродження амаранту в сучасному сільському господарстві пояснюється його вражаючою стійкістю до різних кліматичних умов. Новітні дослідження підтверджують давні уявлення про унікальну здатність амаранту рости в умовах засухи, солоності ґрунтів та високих температур. Завдяки використанню C4 фотосинтетичного шляху, амарант досягає високої ефективності фотосинтезу навіть при низькому рівні азоту в ґрунті, що знижує потребу в зрошенні. Ці фізіологічні адаптації дозволяють амаранту продовжувати ріст і накопичувати біомасу протягом періодів помірної засухи, що робить його цінним для підвищення продуктивності сільського господарства в умовах нестачі опадів.

Амарант є джерелом як білків, так і листя, що використовуються як овочі. Насіння амаранту містить білок, який складає від 13,1 до 21,0 % від ваги, а також важливі амінокислоти, мінерали (кальцій, залізо, магній) та вітаміни. Порівняно з традиційними зерновими, амарант містить втричі більше кальцію. Його високий поживний профіль робить його особливо корисним для людей, які мешкають у регіонах з недостатнім доступом до харчових ресурсів [17, 21].

Насіннєвий амарант є багатою поживною псевдозерновою культурою, яку характеризують високий вміст антиоксидантів, корисних жирних кислот (наприклад, сквален), флавоноїдів та інших біоактивних компонентів. Регулярне споживання амаранту сприяє:

- Зниженню рівня холестерину та нормалізації артеріального тиску.
- Покращенню роботи травної системи завдяки високому вмісту клітковини.
- Захисту організму від окислювального стресу завдяки антиоксидантним властивостям.
- Підтримці імунної системи та профілактиці хронічних захворювань.

Хоча амарант має високу харчову цінність, він також містить антинутрієнти, такі як фітинова кислота, оксалати, сапоніни, інгібітори трипсину та інші сполуки, які можуть знижувати біодоступність мінералів. Ці речовини можуть перешкоджати засвоєнню заліза, кальцію, магнію та інших важливих елементів. Проте за допомогою відповідних технологій обробки (варіння, ферментації, пророщування) вміст антинутрієнтів можна значно зменшити, що покращує засвоюваність поживних речовин.

Таким чином, забезпечення глобальної продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін вимагає перегляду існуючих аграрних стратегій і активного залучення недооцінених, кліматично стійких культур, зокрема амаранту. Ця культура поєднує в собі виняткову адаптивність до несприятливих умов, високу поживну цінність і значний потенціал для вирощування на маргінальних землях, що робить її стратегічно важливою для сільського господарства майбутнього.

1.2. Обґрунтування необхідності впровадження органічного землеробства як одного з напрямів відновлення ґрунтових ресурсів

На сьогодні процес деградації ґрунтів є однією з найактуальніших екологічних загроз, що пов'язана з інтенсивним та необґрунтованим використанням ґрунтового покриву. Такий вплив призводить до ряду негативних наслідків: зниження природної родючості, зменшення активності ґрунтової мікробіоти та погіршення загального екологічного стану окремих територій. Серед основних чинників, що спричиняють деградаційні процеси, можна виділити ерозійні явища, виснаження ґрунту та його забруднення (рис. 1.1).



Рис 1.1 Головні чинники, що призводять до деградації ґрунтів

Однією з найбільших проблем деградованих ґрунтів є їхня низька здатність утримувати вологу, що особливо критично в умовах сучасних кліматичних змін і частих посух. Це зумовлює необхідність частішого поливу, використання систем зрошення та внесення більших доз добрив для підтримки урожайності [2].

Крім того, ерозія та виснаження ґрунту ведуть до суттєвого зниження біорізноманіття, оскільки умови існування для багатьох видів рослин і тварин змінюються настільки, що стають непридатними для життя.

З метою захисту та відновлення ґрунтового середовища доцільно впроваджувати сучасні технології в агровиробництво (1.2).

Серед них важливе місце займають мінімальний та нульовий обробіток ґрунту. Вони передбачають зменшення кількості механічних втручань у ґрунт, обмежуючись лише поверхневим обробітком, що дозволяє знизити негативний вплив на структуру та біологічну активність ґрунту.



Рис 1.2. Сучасні підходи до охорони ґрунтів та підвищення їхньої якості

Застосування технології нульового обробітку передбачає повну відмову від традиційних механічних втручань у ґрунт. Посів проводиться прямо в необроблене ґрунтове середовище, що дозволяє зберегти його природну структуру [4]. Серед ключових переваг цієї практики – утворення захисного шару на поверхні завдяки залишкам рослин, який ефективно протидіє процесам ерозії та деградації. Обмежене втручання в ґрунт сприяє збереженню цінної агрономічної структури, що покращує водо- та повітропроникність, а також підтримує активність ґрунтової мікрофлори й фауни. Крім того, технологія допомагає зменшити парникові викиди.

Впровадження сівозміни й вирощування покривних культур також позитивно впливає на збереження ґрунтових ресурсів і покращення їхніх властивостей. Завдяки різноманітним кореневим системам, структура ґрунту покращується, знижується ступінь ущільнення, підвищується його здатність до утримання води й повітря. Ротація культур з різними поживними потребами сприяє накопиченню рослинних залишків у ґрунті, що зменшує ризик виникнення водної та вітрової ерозії. Також спостерігається зменшення чисельності шкідників і поширення хвороб, що дозволяє скоротити використання хімічних добрив і засобів захисту рослин [12].

Органічні добрива — це природного походження речовини, що утворюються внаслідок розкладання залишків рослинного або тваринного походження. До таких добрив належать перегній, компост, торф, зелена маса сидератів тощо. Вони сприяють утворенню стабільної грудкуватої структури ґрунту, покращують його аерацію та здатність утримувати вологу, а також насичують його органічною речовиною, яка служить джерелом пожив для рослин та мікрофлори. Наявність органіки активізує розвиток ґрунтових мікроорганізмів, що беруть участь у процесах мінералізації та підвищують родючість. Крім того, органічні добрива підтримують фізичну структуру ґрунту та знижують небезпеку його ерозії [7].

Біодеструктори — це мікробіологічні засоби, які застосовуються для розкладання рослинних залишків. Завдяки вмісту корисних мікроорганізмів, ці препарати сприяють перетворенню органічних решток у гумус, зменшують чисельність шкідливих мікроорганізмів у ґрунті та на рештках, а також покращують структуру ґрунту. Використання біодеструкторів позитивно впливає на водний режим, повітрообмін і створює оптимальні умови для активного функціонування ґрунтової мікробіоти [8, 9, 10].

Амарант здатний не лише компенсувати дефіцит основних поживних речовин серед уразливого населення, але й забезпечити нові можливості для доходу дрібним фермерам, особливо в країнах, які найбільше потерпають від змін клімату. Подальше вивчення агротехнічних особливостей, вдосконалення сортів та популяризація амаранту як альтернативної продовольчої культури є ключем до сталого розвитку і продовольчої стабільності у XXI столітті.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Умови проведення досліджень

Дослідження було проведено в ТОВ «Щедра нива», яке знаходиться у Черкаській області, Уманського району, в селі Русалівка,

Клімат регіону – помірно континентальний. Середня температура: від -4 °С взимку до +25 °С влітку. Річна кількість опадів: 500–600 мм. Рельєф переважно рівнинний з невеликими підйомами; на території господарства – родючий чорнозем.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем середньої родючості з високим вмістом гумусу.

Основні культури, що вирощуються в господарстві представлені: зернові: пшениця, ячмінь, кукурудза; олійні: соняшник; бобові: нут.

Ґрунтовий покрив не має виражених ознак деградації, хоча деякі ділянки потребують додаткового відновлення.

Наявна невелика кількість пестицидного забруднення, яке знаходиться в межах допустимих норм.

У 2024 році погодні умови в Русалівці були загалом сприятливими для сільськогосподарських культур. Зима характеризувалася помірними морозами та короткочасними відлигами, що створило добрі умови для перезимівлі озимих культур. Весна була теплою з поступовим підвищенням температури, що сприяло активній вегетації рослин.

У травні спостерігалися заморозки на початку місяця та посуха в середині, що могло негативно вплинути на деякі культури. Літо було спекотним із періодичними зливами, особливо наприкінці липня. Осінь видалася теплою та сухою, що забезпечило сприятливі умови для сівби та початкового розвитку озимих культур. У листопаді та грудні погодні умови залишалися помірними, що позитивно вплинуло на стан озимих посівів.

2.2 Характеристика об'єкту досліджень

Амарант (*Amaranthus* spp.) належить до родини Амарантових (*Amaranthaceae*) (раніше вважався частиною роду *Chenopodium*) та порядку *Caryophyllales*, що налічує близько 70 видів квіткових рослин із понад 400 різновидів. Цю культуру можна вирощувати у тропічних і субтропічних зонах з середньорічною кількістю опадів. Амарант зустрічається як дієцеїчний (роздільно розташовані чоловічі та жіночі рослини) та як моноцеїчний (обидва типи репродуктивних органів знаходяться на одній рослині). Дієцеїчні форми є корінними для Північної Америки, тоді як моноцеїчні широко поширені по всьому світу. Дієцеїчні амаранти характеризуються більш компактним зростанням та кустистістю. Рослини амаранту відзначаються високою ефективністю фотосинтезу завдяки використанню C4-фотосинтетичного шляху – властивості, яка зазвичай притаманна травам, але не типова для двудольних. Зазвичай рослини мають висоту від 0,4 до 1,5 м (іноді до 3,0 м), а листя мають яйцеподібну форму, з різними відтінками зеленого (іноді з відтінками червоного). Розмір насіння амаранту коливається від 0,9 до 1,7 мм, а вага одного насіння становить від 0,6 до 1,3 мг. Ці насіння значно менші за зерно пшениці (близько 30–70 разів менші)

Рід *Amaranthus* налічує близько 400 видів, з яких лише невелика частина знаходиться у вирощуваному стані. Серед основних категорій видів виділяють:

- Зернові амаранти (вирощуються для насіння);
- Листові (овочеві) амаранти (використовуються як зелена маса);
- Декоративні види;
- Бур'янисті види.

Амарант добре росте при температурі від 18 до 35 °C, при цьому оптимальна температура для посіву – мінімум 18 °C. Незважаючи на те, що рослина може давати задовільні врожаї при лише 500 мм опадів на рік, додаткове зрошення

бажане у сухий сезон. Амарант віддає перевагу середньо-важким, розпушеним, пухнастим ґрунтам із рН від 5.0 до 8.0. Вибір ґрунтів із низьким вмістом глинистих частинок допомагає уникнути утворення корок, що негативно впливає на сходи.

У досліді використовувався сорт амаранту "Ацтек", занесений до реєстру сортів рослин України у 1998 році. Оригіном є Інститут кормів Української академії аграрних наук. Сходи мають рожевий колір, листя зворотно-яйцеподібне, темно-зелене, без антоціанових жилок. Стебло прямостояче, висотою 86-120 см, при дозріванні стає жовтим. Суцвіття – прямостояча щільна волоть червоно-рожевого кольору. Насіння дископодібної форми, блідо-жовте. Маса 1000 насінин – 0,71 г. Вегетаційний період триває 144 дні. Сорт придатний для механізованого збирання, стійкість до осипання оцінюється в 4,5 бали, стійкість до посухи – 4 бали. Урожайність насіння складає 11,6 ц/га. Напрямок використання – на зерно та корм, особливо при післяукісних посівах амаранту. Сорт середньостиглий.

2.3. Методика проведення досліджень

Попри те, що насіння амаранту є дуже дрібними, це не перешкоджає застосуванню звичайної сільськогосподарської техніки для його вирощування. Для досягнення високої схожості необхідно забезпечити ґрунт дрібним розпушенням, оскільки насіння потребують мінімальної глибини посіву – 3–5 мм. Надмірне заглиблення (понад 5 мм) негативно впливає на появу сходів. Амарант є адаптивною культурою, здатною рости на різних висотах (від 0 до 2400 м над рівнем моря). Хоча він може рости у складних умовах, максимальні врожаї досягаються на родючих ґрунтах. Вирощування амаранту може здійснюватися як у монокультурі, так і у системах сумісного вирощування (наприклад, разом із кукурудзою).

Через мікроскопічний розмір насіння, ґрунт повинен бути добре розпушеним. На первинну обробку рекомендується виконувати оранку на глибину 250–300

мм, після чого проводиться дискування та розпушування. При обробці раніше вирощуваних ґрунтів можливе зростання кількості бур'янів, тому важливо враховувати це при плануванні.

Насіння амаранту можна висівати безпосередньо в поле методом розсипного посіву або методом групового висіву (холими). Рекомендований рівень висіву становить 1,5–3 кг/га. Для рівномірного розподілу насіння їх можна змішувати з піском. Рядки мають бути розташовані на відстані 45–75 см, а між рослинами – 30–45 см.

Збирання насіннєвого амаранту слід розпочинати, коли колосся змінює колір з зеленого на золотистий, а насіння легко відділяються при легкому дотику. Запізнення збирання може призвести до значних втрат – іноді до 50 % і більше. Збирання проводять вручну або за допомогою комбінованих жаток.

Визначення загального вмісту азоту в ґрунті

Метод ґрунтується на мінералізації органічних сполук азоту за допомогою концентрованої сірчаної кислоти (H_2SO_4) при нагріванні, що призводить до утворення аміаку. Амоній, який утворюється в результаті реакції аміаку з кислотою, перетворюється на аміак під дією лугу, а потім поглинається розчином сірчаної кислоти відомої концентрації.

Загальна схема аналізу виглядає так:
 наважка ґрунту → озолення (H_2SO_4 із додаванням каталізаторів або сумішей, таких як H_2O_2 або HClO_4) → визначення (дистиляція за методом К'ельдаля або фотометричний аналіз) → обчислення результатів із урахуванням вмісту азоту в реагентах.

Хід аналізу: Зразок масою 3–5 г поміщають у колбу К'ельдаля, додають 20–25 мл концентрованої H_2SO_4 , ретельно змиваючи залишки ґрунту з її стінок. Далі додають каталізатор — 0,05–0,1 г селену або суміш калій сульфату з мідним купоросом, і проводять нагрівання до повного знебарвлення розчину. Можна залишити розчин на ніч для повного окислення.

Після завершення процесу мінералізації розчин дистилюють за допомогою установки К'ельдаля. Для збору аміаку у приймальну колбу наливають 50 мл 0,05 N H_2SO_4 з індикатором (метилловий червоний). Потім до розчину додають 80–100 мл 50%-ного розчину NaOH, дотримуючись обережності, щоб уникнути контакту лугу з шийкою колби.

У процесі взаємодії лугу з розчином вивільняється аміак, який негайно спрямовують у приймальну колбу. Перші 15 хвилин кипіння забезпечують вилучення більшої частини аміаку (75–85%). Завершення дистиляції перевіряється за допомогою реактиву Несслера — відсутність жовтого забарвлення свідчить про повне вилучення аміаку.

Після дистиляції трубку ополіскують дистильованою водою, а залишки сірчаної кислоти титрують 0,05 N розчином NaOH. Перед титруванням розчин прокип'ячують для видалення вуглекислого газу.

Для врахування фону проводиться контрольний дослід — аналогічний процес без додавання ґрунту, лише з реактивами, що дозволяє точно визначити вміст азоту лише в досліджуваному зразку.

Метод визначення вмісту гумусу в ґрунті

Для визначення вмісту гумусу в ґрунтових зразках використано метод Тюріна в модифікації Мочигіні, який є класичним і широко застосовується в агрохімічних дослідженнях.

Суть методу

Метод ґрунтується на окисленні органічної речовини ґрунту 0,4 н. розчином двохромовоокислого калію ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) у присутності концентрованої сірчаної кислоти (H_2SO_4). У результаті окислення гумусова органічна речовина перетворюється з утворенням CO_2 , а надлишок не витраченого $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ титрують розчином сірчастого натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) або заліза (II) сульфату (FeSO_4).

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Агроекологічна характеристика ґрунтів у межах піддослідного господарства

Збереження та покращення якісного стану ґрунтових ресурсів є однією з ключових проблем сучасного агровиробництва та екології. В умовах зростання чисельності населення та активного розвитку аграрного сектора суттєво зростає антропогенне навантаження на ґрунти. Це спричиняє їх виснаження, деградацію та забруднення, що, в свою чергу, негативно впливає на продуктивність сільськогосподарських земель, знижує врожайність і якість сільгосппродукції, погіршуючи загальний екологічний стан довкілля.

З метою забезпечення сталого розвитку аграрної сфери особливого значення набуває впровадження сучасних агротехнологій. Інноваційні підходи у веденні сільського господарства — зокрема впровадження сівозміни, використання органічних і зелених добрив, біопрепаратів (інокулянтів, біодеструкторів) — сприяють зменшенню негативного впливу на ґрунтове середовище, підвищують родючість і підтримують стабільність агроєкосистем.

Крім того, важливою є адаптація технологій точного землеробства, зокрема використання дронів і GPS-систем для моніторингу стану ґрунтів, що дозволяє ефективніше управляти ресурсами та покращити продуктивність господарської діяльності.

З огляду на сучасні тенденції, у багатьох фермерських господарствах перевага надається вирощуванню рентабельних культур. У результаті все частіше застосовується монокультура — зокрема, соняшнику, кукурудзи чи сої. У піддослідному господарстві також спостерігається аналогічна практика: протягом останніх трьох років основною вирощуваною культурою є соняшник.

Відповідно до даних, наведених у таблиці 3.1 екологічного паспорту, ґрунти на території с. Русалівка характеризуються сприятливими агрохімічними показниками, що свідчить про їх високу родючість та добрий стан для сільськогосподарського використання.

— Гранулометричний склад оцінено на 85 балів зі 100. Переважають пилувато-глинисті частинки, що забезпечує добру структуру ґрунту, оптимальну водо- і повітропроникність.

— Вміст гумусу становить 4,2 %, що відповідає високому рівню гумусованості (82 бали). Такий вміст притаманний типовим чорноземам, які є одними з найродючіших ґрунтів.

— Показник кислотності (рН) має нейтральне значення (приблизно 6,8), що оцінено в 78 балів. Це сприяє кращому засвоєнню поживних речовин рослинами.

— Вміст легкогідролізованого азоту коливається в межах 80–90 мг/кг, що вважається середнім рівнем забезпеченості (75 балів). Азот є ключовим елементом для росту і розвитку культур.

— Вміст рухомого фосфору становить 45–60 мг/кг, що є достатнім для більшості сільськогосподарських культур (70 балів).

— Обмінний калій знаходиться в межах 70–80 мг/кг, що також відповідає середньому рівню (72 бали), важливий для стійкості культур до стресів.

— Забезпеченість органічною речовиною оцінена в 80 балів. Вміст перевищує 4 %, що вказує на високий рівень органічної речовини, позитивно впливає на структуру, біологічну активність і водоутримання ґрунтів.

Таблиця 3.1

Показники еколого-агрохімічної оцінки ґрунтів (у балах)

Показник	Оцінка (бали / 100)	Характеристика рівня
Гранулометричний склад (структура ґрунту)	85	Добре структурований, переважають пилувато-глинисті фракції
Вміст гумусу (%)	82	4,2% – високий рівень, чорнозем типовий
pH сольової витяжки (кислотність)	78	6,8 – нейтральна реакція ґрунтового розчину
Вміст легкогідролізованого азоту (мг/кг)	75	80–90 мг/кг – середній рівень забезпеченості
Вміст рухомого фосфору (мг/кг)	70	45–60 мг/кг – достатній
Вміст обмінного калію (мг/кг)	72	70–80 мг/кг – середній
Забезпеченість органічною речовиною	80	Висока (більше 4%)

Але застосування традиційних форм землеробства, орієнтованих переважно на вирощування високорентабельних культур без дотримання принципів сівозміни, призводить до погіршення агрохімічного стану ґрунтів. Може спостерігатися тенденція до зниження вмісту гумусу, основних макроелементів — азоту, фосфору, калію — а також мікроелементного складу. У зв'язку з цим актуалізується необхідність впровадження елементів органічного землеробства та відновлювальних агротехнологій як стратегічного напрямку стабілізації й покращення родючості ґрунтів господарства.

3.2. Екологічні аспекти вирощування амаранту як основи для впровадження органічного землеробства

Для успішного впровадження органічного землеробства необхідно вжити низку основних заходів, які дозволять ефективно відновити ґрунтове середовище.

Ми пропонуємо вирощування амаранту, С4 культури, за технологією No-till. Ця культура протягом свого розвитку накопичує значну кількість надземної та підземної маси, що може бути використана як сидерат із застосуванням біодеструкторів. Це сприятиме накопиченню великої кількості органічних решток і їх перетворенню на гумус.

Для проведення дослідження ми організували польовий експеримент у 2024 році на базі піддослідного господарства, де вивчали традиційну технологію вирощування культури та метод No-till.

Посів амаранту був проведений 15 квітня 2024 року, з нормою висіву 1,00 млн. насінин на гектар і використанням широкорядного способу сівби з міжряддям 45 см. Після сівби виконувалося коткування посівів. Боротьба з бур'янами здійснювалася механічним методом. Повторюваність операцій становила три рази, а розташування ділянок було послідовним.

Фенологічні спостереження під час росту та розвитку рослин показали, що основні процеси онтогенезу залежали від обраної технології вирощування. Згідно з результатами нашого дослідження, висота рослин амаранту змінювалася в залежності від застосованої технології вирощування (рис. 43.1).

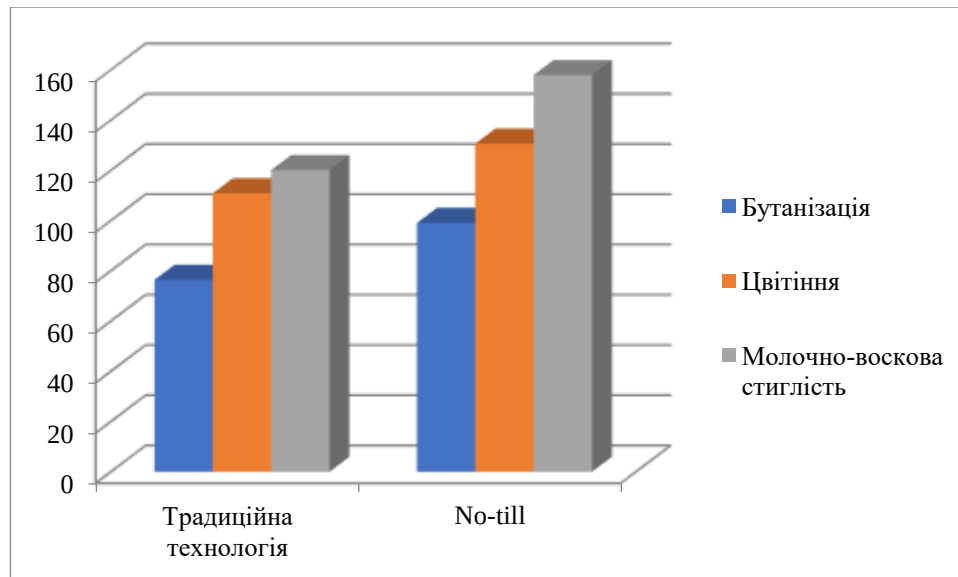


Рис. 3.1. Залежність висоти рослин амаранту від технології вирощування впродовж вегетаційного періоду, см. (2024р)

Наші дослідження показали, що протягом вегетаційного періоду висота рослин амаранту змінювалась залежно від застосованої технології вирощування. Зокрема, на ділянках, де амарант вирощували за традиційною технологією, спостерігали нижчі показники висоти у порівнянні з посівами, виконаними за технологією No-till.

Так, у фазі бутонізації висота рослин становила 76,4 см за традиційної технології та 99,1 см за No-till, що на 22,7 см більше. У фазі цвітіння приріст висоти становив відповідно 34,5 см і 31,5 см для кожної з технологій.

У фазі молочно-воскової стиглості спостерігалася найбільша висота рослин: 120,1 см при традиційній технології вирощування та 157,9 см при застосуванні No-till. Отже, за традиційного методу висота була меншою на 37,8 см у порівнянні з No-till.

Окрім цього, у ході нашого дослідження ми також проаналізували вплив технології вирощування на показники урожайності зеленої маси амаранту (рис. 3.2).

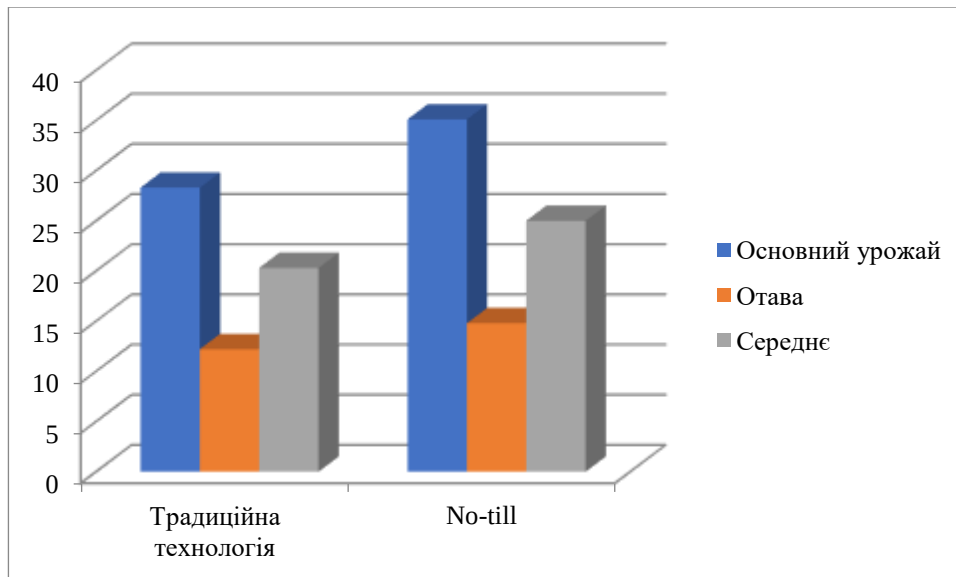


Рис 3.2 Вплив технології вирощування врожайність зеленої маси амаранту, т/га, см (2024 р.)

За результатами дослідження встановлено, що впродовж онтогенезу амарант інтенсивно нарощує вегетативну масу, і цей процес значною мірою залежить від застосованої технології вирощування. Зокрема, при використанні традиційної технології вдалося отримати 28,3 т/га зеленої маси.

Зважаючи на здатність амаранту утворювати отаву, було додатково отримано ще 12,2 т/га зеленої маси, тоді як середній показник становив 20,3 т/га.

При застосуванні технології No-till урожайність зеленої маси, як основної, так і з отави, виявилася вищою порівняно з традиційною технологією — приріст склав близько 18,8%.

З'ясовано, що завдяки застосованим агротехнічним заходам відбулося поліпшення показників основних поживних елементів (рис. 3.3).

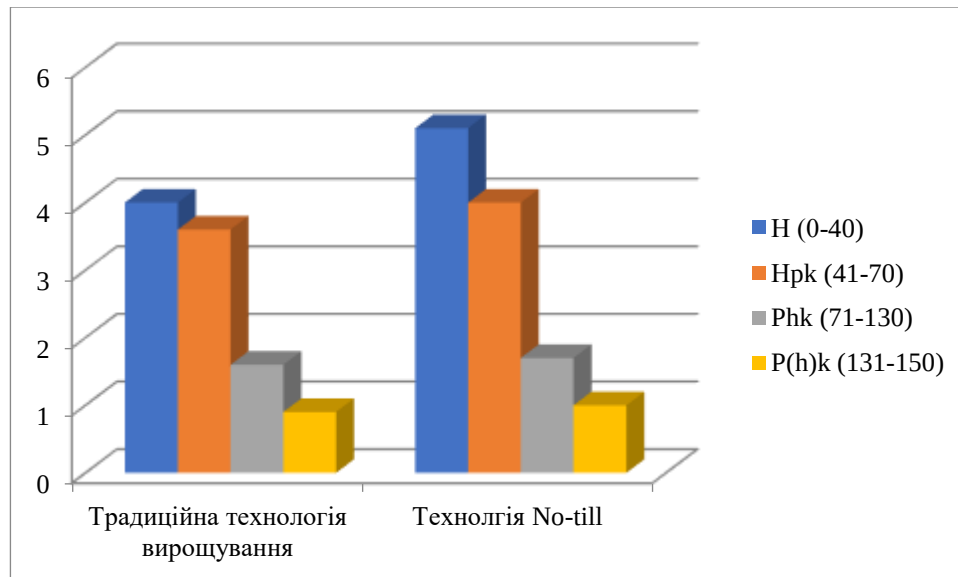


Рис 3.3. Показники гумусу за вирощування амаранту залежно від технології вирощування (2024 р), %

У процесі вирощування амаранту за традиційною технологією було зафіксовано поступове зменшення вмісту гумусу залежно від глибини ґрунтового профілю. Лабораторний аналіз показав, що на глибині 0–40 см вміст гумусу коливався від 4,0% (традиційна технологія) до 5,1% (технологія No-till), що на 1,1% перевищувало показники на ділянках із традиційною обробкою.

У нижчих шарах ґрунту відмічалось подальше зниження цього показника. Зокрема, на глибині 41–70 см вміст гумусу становив 4,0% при No-till і 3,6% за традиційної технології. На більших глибинах рівень гумусу вирівнювався та залишався приблизно однаковим для обох методів вирощування.

З огляду на отримані результати, можна зробити висновок, що вирощування амаранту за технологією No-till сприяє підвищенню вмісту гумусу, особливо у верхніх шарах ґрунту, у порівнянні з традиційною системою обробітку.

Крім того, у межах нашого дослідження було проаналізовано вплив застосованих факторів на рівень забезпечення ґрунту азотом (рис.3.4).

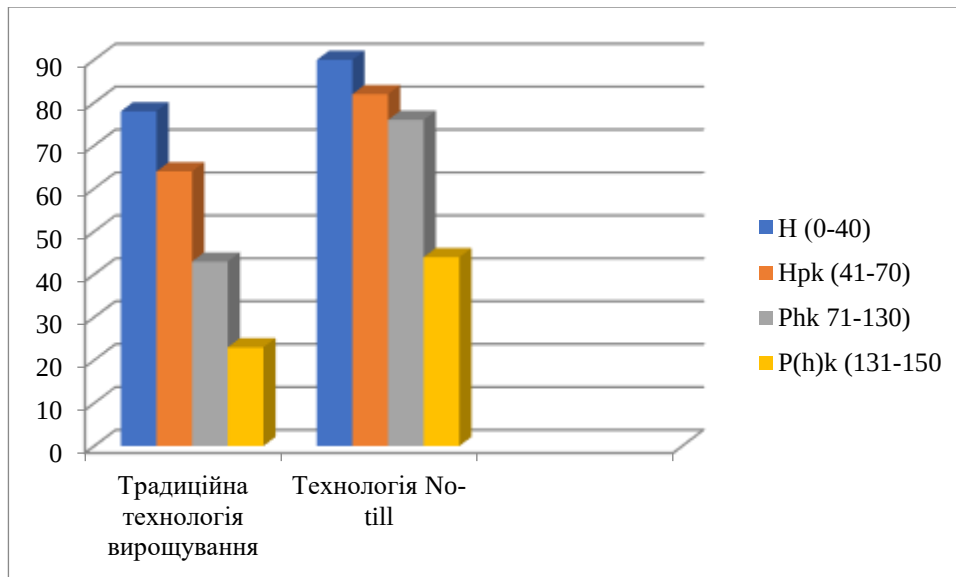


Рис. 3.4 Показники легкогідролізованого азоту за вирощування амаранту залежно від технології вирощування (2024 р), мг/кг ґрунту

Графік, представлений на рисунку 3.4, ілюструє рівень вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунті під час вирощування амаранту залежно від застосованої технології обробітку у 2024 році.

Згідно з даними, технологія No-till забезпечила вищий вміст легкогідролізованого азоту, у порівнянні з традиційною технологією. Найбільші значення спостерігалися у верхньому горизонті ґрунту (0–40 см), що свідчить про позитивний вплив мінімального обробітку на азотний режим ґрунту.

У свою чергу, при застосуванні традиційної технології рівень легкогідролізованого азоту був нижчим, що може бути пов'язано з більшим мінералізаційним навантаженням і меншою здатністю ґрунту утримувати доступні форми азоту.

Таким чином, графік демонструє, що технологія No-till сприяє збереженню азоту в ґрунті, що є важливим фактором для підвищення родючості та екологічної стабільності агроєкосистем.

У ході наших досліджень з'ясовано, що вирощування амаранту із застосуванням технології No-till сприяє покращенню ключових показників ґрунтової родючості та підвищенню вмісту основних поживних елементів.

Проведені дослідження засвідчили, що ґрунти піддослідного господарства в межах с. Русалівка характеризуються високим агрохімічним потенціалом, типовим для чорноземів. Високі бали за основними показниками — вміст гумусу, нейтральна кислотність, добра структурованість, наявність основних елементів живлення — свідчать про природну родючість і придатність до ефективного сільськогосподарського використання.

Однак спостережувана тенденція до тривалої монокультури, зокрема вирощування соняшнику без ротації культур, зумовлює поступове виснаження ґрунтів, зниження вмісту поживних речовин і загрозу деградації ґрунтового покриву. Це вимагає переходу до адаптивного, екологічно збалансованого землеробства з елементами органічного підходу.

Результати експериментального дослідження щодо вирощування амаранту показали значні переваги використання технології No-till у порівнянні з традиційною системою обробітку. Було встановлено:

- збільшення висоти рослин амаранту та приросту зеленої маси при No-till;
- підвищення вмісту гумусу у верхніх шарах ґрунту;
- вищий рівень легкогідролізованого азоту в оброблюваному горизонті;
- покращення водоутримуючих і екологічних характеристик ґрунтів.

Отже, впровадження No-till-технології у вирощуванні таких малопоширених, але високоадаптивних культур, як амарант, може стати ефективним інструментом для стабілізації родючості ґрунтів, зниження антропогенного навантаження та розвитку органічного землеробства в умовах кліматичних змін і виснаження ресурсів.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У процесі вирощування амаранту в умовах органічного землеробства було встановлено, що технологія No-till сприяє підвищенню вмісту гумусу та зменшенню втрат азоту з ґрунту, що є важливим для підтримки сталого агровиробництва.

2. Застосування технології No-till позитивно впливає на агрофізичні властивості ґрунту, зокрема покращує структуру, зменшує ущільнення та підвищує вологозабезпечення верхніх горизонтів ґрунтового профілю.

3. Амарант як культура має високий потенціал для використання в системах органічного землеробства завдяки своїй стійкості до посухи, низьких вимог до агрохімікатів та здатності до біологічного нагромадження біомаси.

4. Аналіз агрохімічних показників показав, що амарант сприяє активному накопиченню органічної речовини, покращуючи азотний та вуглецевий баланс ґрунту.

Отже, рекомендується запровадження технології No-till при вирощуванні амаранту як базової практики органічного землеробства, що дозволяє зберегти родючість ґрунту та зменшити втрати вологи; використання амаранту як сидерату для відновлення гумусового шару та покращення біологічної активності ґрунтів та планування сівозмін із включенням амаранту як проміжної або основної культури, що дозволяє урізноманітнити агробіоценоз і зменшити тиск монокультури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О. М. Органічне землеробство. К.: Агроосвіта, 2018. 216 с.
2. Білик І. П. Екологія аграрного виробництва.—Львів: Світ, 2020. 324 с.
3. Клименко С. М. Основи агроєкології: навч. посіб. Харків: Факт, 2019. 252 с.
4. Рибалко І. В. Вплив технологій обробітку на родючість ґрунтів. Агроєкологічний журнал. 2020. № 2. С. 45–50.
5. Савчук В. М. Амарант – культура майбутнього. Вінниця: Нова книга, 2021. 200 с.
6. Турченко В. Ф. Біологічні особливості та технології вирощування амаранту. Вісник аграрної науки. 2022. № 4. С. 27–33.
7. FAO. Organic agriculture: what does it mean? – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
8. Jacobsen S.-E. et al. The global potential of amaranth as a staple crop. – Agronomy, 2020. Vol. 10(9). P. 1336.
9. Ziervogel G, Ericksen PJ. Adapting to climate change to sustain food security. Wiley Interdiscip Rev Clim Change. 2010;1:525–40. <https://doi.org/10.1002/wcc.56>.
10. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The state of food security and nutrition in the world 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. 2019. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>.
11. FAO, UNICEF, IFAD, WFP, WHO. The state of food security and nutrition in the world 2022: repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable 2022. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>.
12. Harding KL, Aguayo VM, Webb P. Hidden hunger in South Asia: a review of recent trends and persistent challenges. Public Health Nutr. 2018;21:785–95. <https://doi.org/10.1017/S1368980017003202>.
13. Мельничук Д. О. Органічне землеробство в умовах змін Київ: НААН, 2019. 224 с.

14. Шевченко О. В. Агротехнологічні аспекти вирощування амаранту в умовах Лісостепу України Наукові праці Уманського НУС. 2021. № 2. С. 48–53.
15. Іщенко О. М. Гумус як основа родючості ґрунтів: навчальний Полтава: Астроя, 2020. 138 с.
16. Гудзь С. П. Вплив елементів органічної технології на стан чорноземів Центральної України // Землеробство. 2020. № 1. С. 21–27.
17. Пархоменко І. М. Біологічне землеробство: сучасні підходи та перспективи Херсон: Олді-плюс, 2021. 118 с.
18. Козлов Ю. М. Екологічне агровиробництво в системі сталого розвитку // Екологія та ресурси. 2019. № 3. С. 33–38.
19. Ситник І. М. Перспективи використання амаранту в біологічному землеробстві. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2022. № 4. С. 61–66.
20. Harouna DV, Venkataramana PB, Ndakidemi PA, Matemu AO. Under-exploited wild Vigna species potentials in human and animal nutrition: a review. Global Food Secur. 2018;18:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.002>.
21. Tyagi R, Pandey A, Varaprasad K, Paroda R, Khetarpal R. Proceedings and recommendations of regional expert consultation on underutilized crops for food and nutritional security in Asia and the Pacific, Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions (APAARI); 2018.
22. Brenner, D. M., D. D. Baltensperger, P. A. Kulakow, J. W. Lehmann, R. L. Myers, M. M. Slabbert, and B. B. Sleugh, 2000:
23. Genetic resource and breeding of amaranths. Plant Breed. Rev. 19, 227–285.
24. Bressani, R., 1990: Grain amaranth its chemical composition and nutritive value. In: Proc Fourth Amaranth Symposium Minnesota Extension Service, Minnesota Agricultural, University Minnesota, St Paul. Cai, Y., and H. Corke, 1999: Amaranthus betacyanin pigments applied model food systems. J. Food Sci. 64, 869–873.

25. Cai, Y., S. Mei, and C. Harold, 2005: Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends Food Sci. Technol.* 16, 370–376.
26. Derman, M., S. R. Sayers, R. W. Lynch, T. Charlton, H. Bothwell, and F. Mayet, 1977: Iron absorption from a cereal-based meal containing cane sugar fortified with ascorbic acid. *Br. J. Nutr.* 38, 261–269.
27. Devereux, S., 2009: Why does famine persist in Africa? *Food Sci.* 1, 25–35. Downton, W. J., 1973: *Amaranthus edulis*: a high lysine grain amaranth. *World Crops* 25, 20–25

ДОДАТКИ

