

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ У РОСЛИННИЦТВІ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»

на тему «Особливості формування продуктивності амаранту залежно від рівня удобрення»

Виконала студентка групи Аг-21 маг
спеціальність 201 «Агрономія»

Домінів Тетяна Андріївна

Керівник: доктор с.-г. наук,
професор, член-кор. НААНУ В. В. Лихочвор

Рецензент канд. с/г наук, в. о. доцент
Т.І. Багай

Дубляни 2022

УДК 582.661.21.(292.485):631.8

Особливості формування продуктивності амаранту залежно від рівня удобрення. Домінів Т. А. – Кваліфікаційна робота. Кафедра технологій у рослинництві. - Дубляни, Львівський національний аграрний університет, 2022.

86 с. текст. част., 11 табл., 6 рис., 83 джерел.

У дипломній роботі висвітлені результати досліджень, які проводилися в ННДЦ Львівського національного аграрного університету Львівського району Львівської області впродовж 2020 – 2021 рр. з вивчення формування продуктивності зернового амаранту залежно від рівня удобрення.

Амарант є однією з найдавніших рослин, яка використовувалася для харчування людини, та перспективною культурою, для використання в харчовій технології, медицині, тваринництві.

Насіння амаранту має високу поживну цінність та виявляє протипухлинний ефект і бактерицидну дію, завдяки наявності сквалену. Вегетативну масу амаранту використовують як зелений корм, для виготовлення трав'яного борошна, білково-вітамінного концентрату за термічної обробки.

За результатами проведених дослідів встановлено доцільність застосування рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ під амарант сорту Ультра, оскільки було отримано найвищий показник врожаю – 20,0 ц/га, що є на 11,5 ц/га або на 135 % вище контролю, рівень окупності застосованих добрив зерном становив 4,79 кг/кг д.р. За використання рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ вміст олійності зріс на 0,8 % і становив 6,5 %, що забезпечило найвищий вихід олії з одиниці площі - 1,30 ц/га, на 0,82 ц/га більше контрольного варіанту. Застосування рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ є економічно та енергетично вигідно, оскільки цей варіант забезпечив найвищий прибуток – 31299 грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,85.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ | 10 |
| 1.1 Історія походження амаранту | 10 |
| 1.2 Народногосподарське значення амаранту | 13 |
| 1.3 Ботанічна та біологічна характеристика амаранту | 21 |
| 1.4 Продуктивність амаранту залежно від рівня удобрення | 28 |
| Розділ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | 33 |
| 2.1 Кліматичні умови проведення досліджень | 33 |
| 2.2 Характеристика ґрунту дослідних ділянок | 38 |
| 2.3 Методичні умови проведення дослідження | 41 |
| 2.4 Характеристика досліджуваного сорту | 42 |
| 2.5 Агротехніка проведення досліджень | 44 |
| Розділ 3. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНІВ УДОБРЕННЯ | 46 |
| 3.1 Ріст та розвиток амаранту залежно від рівнів удобрення | 46 |
| 3.2 Продуктивність амаранту залежно від рівня удобрення | 50 |
| 3.3 Економічна та енергетична ефективність вирощування амаранту залежно від рівня удобрення | 55 |
| Розділ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 59 |
| 4.1 Стан ґрунту та використання земельних ресурсів | 57 |
| 4.2 Охорона атмосферного повітря | 61 |
| 4.3 Стан охорони і примноження флори і фауни | 62 |
| Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 63 |
| 5.1. Аналіз стану охорони праці та цивільної оборони в господарстві | 63 |
| 5.2. Покращення умов праці, техніки безпеки й пожежної безпеки при вирощуванні амаранту | 65 |
| 5.3. Захист населення в надзвичайних ситуаціях | 68 |

| | |
|---|----|
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ | 72 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 74 |
| ДОДАТКИ | 83 |

ВСТУП

Актуальність теми. Амарант є однією з найдавніших рослин, яка використовувалася для харчування людини, та перспективною культурою, для використання в харчовій технології, медицині, тваринництві.

Насіння амаранту має високу поживну цінність та виявляє протипухлинний ефект і бактерицидну дію, завдяки наявності сквалену. Вегетативну масу амаранту використовують як зелений корм, для виготовлення трав'яного борошна, білково-вітамінного концентрату за термічної обробки.

Амарант вирощують, переробляють й використовують для харчування в багатьох країнах світу. На сьогоднішній день нараховується понад 50 сортів, що відрізняються за хімічним складом. Сучасні дослідження підтверджують унікальні властивості амаранту.

На підвищений споживчий попит, викликаний інтересом до використання цієї зернової культури, виробники стикаються з рядом проблем, викликаних відсутністю ефективних сучасних технологій вирощування. Зокрема, відкритим є питання системи удобрення амаранту в умовах достатнього зволоження Лісостепу західного. Існують рекомендації до вирощування амаранту в країнах Азії, США, Індії, Нігерії і ін. В Україні в Реєстрі сортів нараховується 19 сортів. Площа посіву в 2020 році становила близько 20 тис. га, в основному, це в південно-східному регіоні України. В зоні Лісостепу західного площа посіву становить в межах 800 га органічного амаранту.

Питаннями технологій вирощування амаранту в Україні займалися такі вчені: Гопцій Т., Щербаков В., Когут І, Мирошніченко Т., Жаркова Г., Кадиров С., і ін.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження – вивчити в умовах достатнього зволоження закономірності формування продуктивності та якісних показників амаранту зернового сорту Ультра залежно від рівнів удобрення.

Передбачено такі завдання для досягнення мети:

- вивчити особливості росту та розвитку рослин амаранту в умовах західного Лісостепу;
- встановити особливості формування елементів структури урожаю залежно від рівнів удобрення;
- дослідити вплив досліджуваних чинників на проходження фаз росту і розвитку рослин амаранту;
- встановити вплив досліджуваних варіантів рівнів удобрення на формування врожайності й олійності амаранту;
- дати економічну та енергетичну оцінку заходів, які вивчалися.

Об'єкт досліджень - процеси розвитку, росту й продуктивність амаранту залежно від рівнів удобрення.

Предмет досліджень – рівні удобрення: контроль, $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{80}$, $N_{120}P_{40}K_{80}$, ультраранній сорт амаранту Ультра, урожайність, олійність, економічна та енергетична ефективність.

Методи дослідження: польовий – вивчення продуктивності гібридів буряка цукрового залежно від рівнів удобрення; лабораторний – аналіз якості коренеплодів; хімічний – визначення вмісту елементів живлення в ґрунті; оптичний – визначення цукристості в коренеплодах; вимірювально-ваговий – визначення біометричних показників рослин та врожайності гібридів буряка цукрового; розрахунково-порівняльний – оцінка економічної та енергетичної ефективності; статистичний – дисперсійний та графічне відображення даних за дослідками.

Наукова новизна результатів досліджень полягає встановленні впливу рівнів удобрення на процеси росту і розвитку рослин амаранту зернового, формування урожаю зерна та якісних показників. Доведено економічну та енергетичну ефективність доцільності вирощування нових гібридів із застосуванням норми добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами проведених досліджень розроблено науково-обґрунтовані рекомендації з вдосконалення елементів технології вирощування амаранту, що забезпечить

отримання в господарствах зони західного Лісостепу сталих та високих урожаїв зерна амаранту з високою олійністю.

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота викладена на 86 сторінках комп'ютерного набору. Складається із вступу, п'яти розділів, висновків і рекомендацій виробництву. Містить 11 таблиць, 5 рисунків. В списку опрацьованої літератури 83 наукових джерел. Додатки.

Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Історія походження амаранту

Найдавніше датування амаранту як одомашненої зернової культури походить від археологічних розкопок у печері в Техаукані, Пуебла, Мексика, де насіння *Amaranthus cruentus* датували 6000 років, хоча науковець Зауер відзначає, що первинне одомашнення могло статися набагато раніше і в різних місцях.

Найдавніші відомості про насіння *A. hypochondriacus* з'явилися в тих же печерах приблизно 1500 років до нашої ери, хоча це могло статися і раніше. Вважається, що родоначальником *A. cruentus* є *A. hybridus*, який наразі зустрічається в широкому діапазоні рівнин і гір у Північній, Центральній та Південній Америці. *Amaranthus hypochondriacus* має ознаки як *A. cruentus*, так і дикого виду *A. rowelli*, і може бути гібридом цих двох видів [11, 45, 68].

Походження третього виду зернового амаранту, *A. caudatus*, більш невизначене. *Amaranthus caudatus* протягом століть використовувався в високогірних Андських районах Південної Америки (Перу, Болівія, Аргентина), але час і місце одомашнення невідомі [13, 23, 31, 35, 44, 65, 80, 81].

Амарант хвостатий, можливо, був одомашнений внаслідок раннього впровадження *A. cruentus*, який потім схрещувався з диким амарантом у цьому регіоні. Вчені знайшли докази, що містять ізоферментні та RAPD -маркери, що свідчать про те, що *A. hybridus* є спільним предком усіх культурних видів зерна.

Археологічні дані показують, що одомашнене насіння амаранту з'явилося в широкому діапазоні - від Аргентини до півдня Сполучених Штатів. Зерновий амарант використовувався різними індійськими групами на південному заході США, а світле насіння *A. hypochondriacus*, датоване 1100 роком до нашої ери. Також широко розповсюджено використання листя амаранту, як з культурного, так і з дикого амаранту [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

Amaranthus види відносяться до гвоздикоцвіті порядку, *Amaranthaceae* сім'я, *Amaranthoideae* підродина і амарант роду. 1, 2 гвоздикоцвіті містить 33 родин, 692 родів та 11 155 видів. 3 Таксономічна класифікація *Amaranthaceae* була інтенсивно вивчена, а генетичні дослідження показали, що морфологічні та анатомічні ознаки відрізняються від філогенетичних відносин. 4 Дві підродини, *Amaranthaceae* та *Chenopodiaceae*, тісно пов'язані між собою і тривалий час розглядалися як одна еволюційна лінія через їх морфологічну подібність. *Chenopodiaceae* і *Amaranthaceae* разом розділені за трьома ознаками: тичиноподібне тіло, м'якоть чашолистка та колір чашолистка, але з цих підродин є численні винятки (*Amaranthoideae*, *Betoideae*, *Camphorosmoideae*, *Chenopodioideae*, *Corispermoideae*, *Gomphnoenoeae* *Suaedoideae*) із 180 родами (включаючи амарантус) та 2500 видами. 5, 6 Рід *Amaranthus* була предметом багатьох таксономічних досліджень, але все ще класифікується як «важка». Таксономія ускладнена численними гібридними формами, широким географічним розповсюдженням і невеликими та важко розпізнаними діагностичними елементами [11, 45, 68].

Рід *Amaranthus* налічує близько 60 видів, з яких 40 родом з Америки, а решта - в Африці, Азії та Європі, 8 з 17 видами з їстівними листям і 3 зерновими амарантами. Є відомості про сімдесят п'ять видів, 123-за даними Міністерства сільського господарства США (USDA), Національна система зародкових зародків рослин, 100-за даними дослідження Hanf, з яких 14 впізнавані в Австралії, 17 у Європі та 56 в Америці [33, 40, 60, 70, 71].

Нараховується 3 основні види амаранту для виробництва зерна:

Amaranthus caudatus L.

Amaranthus hypochondriacus L.

Amaranthus cruentus L.

Широко представлена така таксономічна класифікація *A. cruentus* :

Сімейство: *Amaranthaceae*, рід: *Amaranthus* L., вид: *Amaranthus cruentus* L.

Amaranthus cruentus - однорічна трав'яниста рослина, яка розмножується тільки насінням і має короткий період росту: 4–6 тижнів. Він дає один

домінуючий, великий, центральний корінь (кореневищ). Товсті стебла часто прямі та розгалужені, висотою від 0,1 до 2,0 м, ребристі та червоно забарвлені. Листя розташовані спіралью, прості, без прилистків, а їх форма змінюється від яйцеподібної до ромбічно-яйцевидної. Дрібні тонкі волоски покривають поверхні листя і стебла. Численні одностатеві квіти зелені і утворюють пальцеподібні шипи з довгою і щільною кінцевою волоть і пазушними шипами знизу. Кінцевий шип часто слабкий. Є 5 сегментів, які ланцетні, гострі, довжиною 2-3 мм, з гострим і довгим кінчиком, що змушує суцвіття відчуватися чітко колючим. Тичинки довжиною 5 мм довжиною 1 мм утворюють чоловічу квітку, а жіноча квітка-одноклітинна зав'язь, увінчана 3 рильцями. При дозріванні вся рослина може бути червонуватим. Велике і складне суцвіття складається з численних концентрованих, розташованих у пазухах, закінчених китицями та шипами. Верхня, з численними бічними сторонами, перпендикулярна, з тонкими гілками довжиною до 45 см. Приквітки довжиною 2-3 мм. Довжина суцвіття більше 50 см, характеризується високою мінливістю забарвлення. Кожне з них дає близько 50000 насіння круглої форми або частіше у формі чечевиць, діаметром 1-1,5 мм, блискучих і темно-коричневих. Лише світло або разом з високими температурами стимулюють проростання. Найбільше піднімаються температури 20/35 ° C і світло [13 , 23, 31, 35, 44 , 65 , 80 , 81].

Зерно амаранту невелике, діаметром від 0,9 до 1,7 мм. Маса 1000 насінин становить приблизно 0,6-1,0 г. Зерна лінзоподібні, колір яких варіюється від білого, рожевого, золотисто-коричневого до чорного. Оболонка насіння гладка і тонка. Зародок є кампілотропним, що обумовлено формою насіння, зігнутий і оточує перисперму, як кільце. Диплоїдний у хромосомі. Оперісперм є основним сховищем насіння. Ендосперм присутній тільки в мікропілярній зоні насіння.

Амарант належить до типу C4 NAD-ME (нікотинамід-аденін-динуклеотидзалежний яблучний фермент) типу рослин фотосинтезу. Залучення до цього шляху фотосинтезу дозволило амаранту адаптуватися від сировини (характерної для клімату високогір'я Анд) до тропічних та помірних умов.

Екологічна перевага видів, які мають цей фотосинтетичний шлях, виявляється не тільки в дуже ефективному засвоєнні CO₂, але й у більш ефективному водокористуванні. Ці рослини споживають 60% води, необхідної для виробництва біомаси, порівняно з типом C3. Це дозволяє швидкому зростанню амаранту при високих температурах та в умовах посухи. Цей механізм фотосинтезу шляху C4 забезпечує амарантовий ефективний осмотичний тиск, так що врожай можна вирощувати навіть при щорічній загальній кількості опадів 200 мм [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

Різні умови навколишнього середовища, такі як температура, освітленість та тип ґрунту, впливають на схожість насіння амаранту і таким чином впливають на врожайність зерна. Врожайність зерна амаранту в європейських умовах коливається від 500 до 3.800 кг/га і на нього сильно впливають умови вирощування, розташування та внесення добрив. 28

Відмінною рисою зерна *A. cruentus* і тим, що відрізняє його від справжнього злаку, є його високий вміст білка та його корисний амінокислотний склад. В амаранті 65% білків міститься в ембріоні і лише 35% у периспермі, а збалансований амінокислотний склад є характеристикою цієї рослини.

1.2. Народногосподарське значення амаранту

В останні роки посівні площі вирощування амаранту зростають. Кілька подій викликали пожвавлення інтересу до амаранту, включаючи докази його бажаних характеристик білка. За останні два десятиліття багато дізналися про харчові характеристики амаранту та вимоги до його виробництва.

Були розроблені поліпшені сорти, хоча ще потрібно багато роботи по селекції рослин. У США зростає комерційне виробництво амаранту, і зараз його виробництво зосереджено на Великих рівнинах, насамперед у західній частині штату Небраска.

Амарант використовувався в різних оброблених продуктах харчування, таких як хліб, крекери, крупи та печиво. Інтерес до використання зернового амаранту в інших країнах також зростає на підставі звітів міжнародних учасників на щорічних зустрічах Інституту амаранту США.

Дослідницький центр Родале (RRC) розпочав амарантовий дослідницький проект у 1976 році. За 14 років своєї діяльності селекціонери RRC зібрали колекцію зародкової плазми з приблизно 1400 приєднань та розробили багато успішних у світі сортів зерна [6, 10, 24].

Колекція зародкової плазми RRC була подарована Північно-Центральній регіональній станції впровадження рослин (NCRPIS) у 1990 році, де вона зберігається як частина Національної колекції зародкових зародків рослин США.

Комерційне виробництво зернового амаранту в Сполучених Штатах розпочалося в кінці 1970 -х років, зросло протягом 1980 -х років і з тих пір коливається. Щорічна посадка США в 1990 -х роках була дуже невеликою, зазвичай в діапазоні від 800 до 1200 га.

Як і у багатьох сільськогосподарських культур на невеликих площах, іноді надмірне виробництво траплялося, коли виробництво надто швидко зростало через рік із високими цінами та високим попитом. Відносно висока ціна амаранту, зазвичай у 10 разів вища за ціну кукурудзи на вагу, стимулювала інтерес фермерів [33, 40, 60, 70, 71].

За останні 10 років амарант також вирощували на зерно в Айові, Міннесоті, Північній Дакоті, Монтані, Канзасі, Пенсільванії та інших розкиданих місцях. Про виробництво зерна амаранту також повідомляється у зростаючій кількості країн світу, включаючи Китай, Індію, Кенію, Мексику, Непал, Перу, Росію та кілька країн Східної Європи. Найбільша площа амаранту зернового типу знаходиться в Китаї, де, як повідомляється, 150 000 га вирощується для кормового використання.

Кормове використання амаранту встановлено як у тропічній, так і в помірній зоні. У багатьох тропічних районах, де амарант споживається як овоч,

амарантовий шрот згодуюється худобі. Корм з амаранту досяг успіху як корм для тварин у помірному поясі Китаю. У Сполучених Штатах тварини завжди їли дикий амарант.

Овочеві види амаранту використовуються в Африці, Азії та Америці. *Amaranthus dubius*, *A. cruentus* та *A. tricolor* пристосовані для вирощування як листові овочі в районах з жарким кліматом і особливо в жарких, вологих тропіках, де проливні дощі під час сезону мусонів можуть створювати небезпеку для сільського господарства [11, 45, 68].

Декоративні амаранти різних видів зустрічаються у всьому світі, поширившись з Азії та Америки під час колумбійського обміну рослинами. Ці декоративні амаранти легко доступні як насіння для пересадки в США та, ймовірно, у великій частині світу. Приклади включають яскраво забарвлені рослини *A. tricolor* і рослини *A. caudatus* "Love Lies Bleeding" з пониклими мотузковими суцвіттями [13, 23, 31, 35, 44, 65, 80, 81].

У деяких районах Африки, де в раціоні сільського населення міститься багато вуглеводів і мало білка, амарант листяний є хорошим джерелом білка і використовується в значній мірі. Амарант забезпечує високу концентрацію вітаміну А, який важливий для профілактики очних захворювань у тропіках.

Незважаючи на те, що рослинний амарант містить оксалати та нітрати, вони не шкідливі для споживання за нормальних умов дієтичного харчування. Рівень оксалатів і нітратів знижується при кип'ятінні листя. При вирощуванні в стресових умовах овочеві амаранти виробляють більш високі рівні оксалатних сполук, які можуть мати несприятливі поживні наслідки для людей або тварин, якщо вживати їх у кількості більше 100 г свіжої зелені щодня.

Основне використання листяного амаранту-це приготований овоч, листя та м'які частини пагонів якого варять у кількох змінах води протягом 10-15 хвилин. При варінні листя *A. tricolor* схожі на шпинат, з тонким смаком з гладкою текстурою [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

Дослідження сенсорної оцінки, проведені на амарантових записах з Азії та Африки, показали, що слід ретельно підходити до вибору матеріалів для

виращування, оскільки харчові якості різняться між видами та сортами, що впливає на його прийнятність як овочевої культури.

Основним цукром, що міститься у вуглеводному профілі насіння амаранту, є сахароза, що в 2-3 рази перевищувало вміст порівняно з зернами пшениці та некрохмальними полісахаридними компонентами. Зразки насіння містили інозит, мальтозу, рафінозу та стахіозу, але лише у невеликих кількостях [64] У складі харчових волокон було 65% до 75% крохмалю та 4% до 5% [64, 65, 66].

Насіння амаранту містить близько 1% інозиту, невелику кількість глюкози, фруктози, інших моносахаридів (0,05-0,67%) та дисахаридів, таких як рафіноза (0,27-2,3%), сахароза (0,4-2%), мальтоза (0,02-0,36 %), і стахіоз (0,02-0,29%). Вміст рафінози вищий, ніж у пшениці, але менший, ніж у кукурудзі. 33, 37, 67 Вміст низькомолекулярних вуглеводів у *A. cruentus* та *A. caudatus* повідомляли у таких діапазонах (г/100 г): фруктоза (0,12-0,17), глюкоза (0,34-0,42), інозит (0,02-0,04), мальтозу (0,24-0,28), рафінозу (0,39-0,48), стахіозу (0,15-0,130) та сахарозу (0,58-0,75) [65 , 68].

Крохмаль - основна складова вуглеводної фракції зерна амаранту. У порівнянні з розміром крохмалю інших зерен, таких як кукурудза (від 5 до 2 мкм), пшениця (від 3 до 34 мкм) та рис (3-8 мкм), гранули крохмалю амаранту невеликі, але все ще демонструють хороші властивості желатинування. і стабільність заморожування/розморожування. 65 Ще однією перевагою крохмалю є те, що його вміст амілопектину становить 88,9-99,9%, що робить його воскоподібним типом крохмалю з деякими унікальними характеристиками, такими як висока в'язкість і желатинізація при більш високій температурі. Звичайний крохмаль містить амілазу в кількості від 17% до 24% [2, 65].

Менші гранули стійкі до дії амілаз, мають більшу здатність зв'язувати воду, більшу здатність набухати та нижчу температуру же латинізації [2, 65, 67]. Невеликий розмір зерен викликає швидке підвищення рівня глюкози в крові через поліпшення травлення та стимуляції секреції інсуліну. Зростання

глікемічного індексу свідчить про обережне вживання амарантових продуктів хворим на цукровий діабет [33].

Фізіологічна дія амаранту важливо через наявність харчових волокон [33]. Вміст клітковини насіння амаранту коливається від 2,2% до 8,1%. Фракція розчинних харчових волокон (SDF) становить 14% від загального вмісту клітковини. SDF містить пектин, уронову кислоту та неперетравлені біополімери з глюкози, арабінози, ксилози, маннози та галактози. Ці речовини під впливом бактерій, присутніх у товстому кишечнику, піддаються ферментації і виробляють оцтову, молочну, масляну та жирну кислоти. Це вносить зміни в рівень рН в кишечнику і допомагає зберегти слизову оболонку здоровою. Розчинні харчові волокна також можуть впливати на метаболізм ліпідів у печінці та периферичних тканинах шляхом зміни секреції шлунково - кишкових гормонів: інсуліну та глюкагону [60 , 69]. Розчинні харчові волокна мають гіполіпемічну дію, оскільки підвищують в'язкість тонкої кишки, зменшують всмоктування ліпідів і зв'язуються з жовчними кислотами, тим самим збільшуючи катаболізм холестерину. Нерозчинна фракція харчових волокон складається з лігніну, целюлози та геміцелюлози, які стимулюють рухову активність травного тракту, скорочують час транзиту та збільшують обсяг калу [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

Насіння амаранту багате марганцем (425,2 мг/100 г), нікелем, хромом, цинком, міддю (1,25 мг/100 г) та селеном. 56 Продукти з амаранту рекомендуються людям похилого віку, вагітним жінкам та людям з анемією або захворюваннями кісток [29 , 72]. Вміст заліза 29,35 мг/100 г в амаранті в кілька разів вище, ніж у традиційних злакових культурах [62]. Відвар цілої рослини використовується в природній медицині як в'яжучий, асептичний засіб, а також для прискорення загоєння у жінок у післяпологовому періоді, а також для лікування запалення фарингіту, гастриту та крововиливу [72]. Відповідно до баз даних про склад харчових продуктів USDA звіт, вміст мінеральних компонентів на 100 г у сирому зерні амаранту становить 159 мг для кальцію, 7,61 мг для заліза, 248 мг для магнію, 557 мг для фосфору, 508 мг для калію, 4 мг для

натрію, 2,87 мг для цинку, 0,53 мг для міді, 3,33 мг для марганцю і 18,7 мкг для селену [67].

Щодо мінерального складу, амарант має цінний рівень мінералів, споживання яких може зменшити ризик раку передміхурової залози, ішемічної хвороби серця та анемії, остеопорозу та підтримати імунну систему. Калій, знайдений як основний мінерал у зернах амаранту, важливий для запобігання гіпотензії, а також для полегшення дихальної та м'язової слабкості [62].

Рослинні продукти амаранту можуть нейтралізувати вільні радикали через наявність флавоноїдів та фенольних кислот з антиоксидантною активністю [35 , 64].

Насіння амаранту містить 5,7-9% ліпідів [61, 62] Сприятливий склад ліпідів насіння амаранту є однією з основних причин гарної поживної та оздоровчої цінності цієї рослини. Ліпідна фракція містить переважно ненасичені жирні кислоти від 67% до 80%. 34 Співвідношення насичених та ненасичених жирних кислот коливається від 0,2 до 0,5. 31,34 Серед жирних кислот домінуючою є ліолева кислота (C18: 2), вміст якої становить близько 47% від загальної кількості жирних кислот. Олеїнова кислота (C18: 1) була виявлена в кількості 24%, а пальмітинова кислота (C16: 0) - у кількості 23,4% від загальної кількості жирних кислот. Нижчий вміст пальмітинової кислоти та більший вміст олеїнової кислоти також визначили Gamel et al. Стеаринова кислота (C18: 0) утворювала 4,16% від загальної кількості жирних кислот, а α - ліноленова кислота - 0,69% від загальної кількості [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

У 1906 році Міцумару Цудзімото відокремив неомілювану фракцію від олії печінки акули, а через 10 років отримав сквален (C 30 H 50). Сквален - це дуже ненасичений тритерпеноїд вуглеводнів, що складається з 6 ізольованих подвійних зв'язків. Це масло низької в'язкості. Останні 40 років викликали величезний інтерес до сквалену як цінного з'єднання в фармації та промисловості, але рибальство *Squalus* sp. пішли настільки далеко, що деякі види (наприклад, *Squalus acanthias* , *Squalus albifrons* , *Squalus brevirostris*) є загрозливими видами. 80 Розпочато пошук альтернативного джерела сквалену,

і було виявлено, що він широко присутній як компонент неомілюваної фракції деяких рослинних олій. Оливкова олія з *Olea europaea* містить 0,6-0,7% сквалену, тоді як насіння амаранту, залежно від сорту, може містити до 8% сквалену [13, 23, 31, 35, 44, 65, 80, 81].

Щоденне споживання сквалену людьми, що живуть у середземноморських країнах, може коливатися від 30 до 200 мг і навіть 1000 мг. Мінімальна кількість сквалену для прийому - 11 мг/добу. [79, 81] Дози від 2000 до 5000 мг на день вважаються терапевтичними проти раку, а ризик раку кишечника, молочної залози та шкіри зменшується. Сквален здатний зменшити ріст пухлинних клітин і викликати зменшення наявних пухлин. В останні кілька років захисна роль сквалену була продемонстрована проти ряду канцерогенів, що викликають, наприклад, волосисто-клітинний лейкоз та рак шкіри. Сквален також посилює дію протипухлинних засобів, таких як адриаміцин, 5-фторурацил та блеоміцин. Включаючи алкилглицерини і омега-3, сквален благотворно впливає на природну імунну систему і може бути корисним при лікуванні захворювань, пов'язаних з порушенням імунної функції. [11, 45, 68].

Сквален, спожитий з їжею, всмоктується в 60-85% прийнятої дози і розподіляється між окремими тканинами. Лише невелика кількість перетворюється на холестерин (приблизно 300 мг з пулу 2400 мг). При пероральному прийомі сквалену не спостерігалось видимого впливу на рівень холестерину в сироватці крові, що пояснюється збільшенням екскреції холестерину після прийому всередину. Цей механізм викликає інгібування шляху синтезу ферменту холестерину-ГМГ Ко-А редуктази. Лише кількість, що перевищує 1 г/день, розпочинає синтез нового пулу холестерину. Токсичність не спостерігалась у разі збільшення запасу сквалену [79].

Дози до 500 мг на день корисні, регулюючи рівень накопиченого в організмі холестерину. Такі дози збільшують кількість позитивного холестерину ліпопротеїнів високої щільності та знижують рівень холестерину ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ). Прийом 860 мг на добу протягом 20

тижнів людьми з гіперхолестеринемією призвів до значного зниження загального холестерину, ЛПНЩ та тригліцеридів.

Метод холодного віджиму для отримання олії з насіння амаранту - це технологія без використання органічних розчинників. За допомогою холодного віджиму вміст сквалану та властивості олії амарантусу не змінюються. Однак це надзвичайно складно з малим розміром насіння та його низьким вмістом жиру. Розроблений метод дозволяє видобувати рідну олію, яка називається незайманою олією (*virgin*).

“Tocols”-це загальна назва групи сполук, що розчиняються в ліпідах, присутніх у всіх олійних насінні; однак їх зміст та склад різний у різних видів та сортів рослин. Насіння амаранту за своїм складом вітамінів не відрізняється від інших справжніх злаків, але в них накопичується значна кількість β - та γ -токотрієнолів порівняно з багатьма зерновими культурами. Значно вищі концентрації β -токоферолу були зареєстровані у *A. cruentus*, вирощеного в Австрії. Як згадувалося на початку, вміст токолів може бути різним у зернах різного походження: африканські овочеві типи *A. cruentus* мали значно нижчі рівні токолів, ніж зерно мезоамериканського походження [13 , 23, 31, 35, 44 , 65 , 80 , 81].

Насіння амаранту містить такі поживні речовини, як інгібітори трипсину та хімотрипсину, фенольні сполуки, включаючи сапоніни та дубильні речовини, фітати та фітогемаглютиніни. Їх вміст різний, такий самий або нижчий, ніж у зернових злаках чи іншій сировині. Вони часто мають подвійну дію та значення, як негативні, так і позитивні, наприклад, підсилюючи функції опору організму або виконуючи роль природних антиоксидантів. Найменш бажаною поживною речовиною в насінні амаранту є сапонін (сапонінові глікозиди). Сапоніни подразнюють травний тракт і, потрапляючи в кров, викликають гемоліз. Крім того, вони пригнічують ацетилхолінестеразу, що призводить до порушень нервової стимуляції передачі. 23

Амарант - псевдозлакова рослина з особливо високою поживною цінністю, яка визначається наявністю білків, які складаються з фракцій альбуміну,

глобуліну, глютеліну та проламіну. Насіння не містять глютену, тому їх можна вводити в раціон пацієнтів, які страждають на целиацію; велика кількість амінокислот лізину, триптофану та сірки, які підтримують високу харчову якість насіння; біоактивні пептиди та луназиноподібні пептиди, які вважаються антиоксидантними, протипухлинними, протиалергічними та гіпотензивними; основною складовою частиною вуглеводної фракції, що міститься в насінні, є крохмаль, який проявляє хороші властивості желатинізації та стабільність заморожування/розморожування, що цінується у харчовій промисловості; фізіологічний ефект амаранту важливий через наявність клітковини; зерно амаранту багате залізом, магнієм, кальцієм і калієм, що легко засвоюються; насіння амаранту не відрізняються від інших злаків за складом вітамінів, що характеризуються наявністю фолієвої кислоти, пантотенової кислоти, ніацину та вітамінів групи В, але накопичують значну кількість β - та γ -токотрієнолів; у зерні амаранту висока біологічна значимість флавоноїдів та фенольних кислот; насіння містять більше загального жиру порівняно з іншими зерновими культурами: кіноа, пшениця, ячмінь, жито та овес. Ліпідна фракція містить переважно ненасичені жирні кислоти з переважанням лінолевої кислоти. Пальмітинова та олеїнова кислоти також були виявлені в насінні амаранту. Зерно також є джерелом цінного сквалену з широкою біологічною активністю та антиоксидантними властивостями [79].

1.3. Ботанічна та біологічна характеристика амаранту.

Три зернопродуктивні види (*A. caudatus*, *A. cruentus* та *A. hypochondriacus*) мають відмінності в агрономічних показниках. *Amaranthus caudatus* вирощують на високих висотах у Південній Америці та Азії; і більшість приєднань до нього схильні до хвороб і пізнього терміну дозрівання в помірній зоні.

Його квітки мають короткі приквітки, так що суцвіття не щетинисте, стилі його розширення розділені «U» -подібною щілиною, а чашолистки тупими. *Amaranthus cruentus*-найбільш чутливий до фотоперіоду період і широко

адаптований вид зерна. Його квіти також мають короткі приквітки, але його стилі вертикальні та паралельні.

Amaranthus hypochondriacus був адаптований селекціонерами до помірних світлових періодів і не схильний до хвороб. Його квіти мають приквітки, які роблять суцвіття щетинистим [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

Два з культурних видів із Бангладешу (PI 606281 та PI 606282) наразі ідентифіковані як *Amaranthus* aff. *blitum* в онлайнній базі даних GRIN. Квітки дуже нагадують *A. blitum*, але форма росту прямостояча і поодинокі, а листя червоно-фіолетове, як у *A. tricolor*.

Amaranthus caudatus включає характерний тип рослин з помаранчевим суцвіттям. Однак деякі автори розглядають його як окремий вид, або *A. edulis* Speg. або перевал *A. mantegazzianus*. У системі типу RRC це *Edulis*. У базі даних USDA, ARS (1999) перелічено *A. caudatus* subsp. *mantegazzianus* (Pass.) Hanelt, як синонім *A. caudatus*.

Ряд досліджень стосувався філогенетичних відносин у *Amaranthus*, а останні дослідження використовували молекулярні методи. Більшість приєднань амаранту є мономорфними, але між приєднаннями існує значна різноманітність [11, 45, 68].

Із 600 фрагментів RAPD, утворених із 27 праймерів, 39,9% були поліморфними в культивованих видах зернових, 42,8% - у родоначальних, 51,0% - у овочевих та 69,5% у інших дикорослих. Дані про маркери RAPD підтверджують монофілетичне походження культурних видів зерна з *A. hybridus* як спільного предка.

Більшість видів амаранту однодомні. Квітки можуть бути кінцевими або осьовими, але завжди організовані в клубочки всередині суцвіття. Усередині клубочків перша квітка, як правило, тичинкова, а пізніші – маточкові [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

Існує два види винятків зі звичайного однодомного візерунка: дводомний вид та два види (*A. spinosus* та *A. dubius*) з окремими тичиноподібними та маточковими клубочками всередині суцвіття.

Більшість видів амарантусів $n = 16$ або $n = 17$, однак *A. dubius* незвичний тим, що має $n = 32$. Зернові амаранти є палео-аллотетраплоїдами, про що свідчать спостереження за спарюванням у їхніх гібридах.

Ці дослідження поведінки сполучення можуть бути розширені, щоб включити більше раси зернових амарантів і, можливо, пояснити їх непостійні моделі перехресної сумісності. Поза зернових амарантів поведінка спарювання була вивчена лише для кількох потенційних схрещувань.

Подолання насінневого спокою. Дикий вид амаранту та деякі рослини приналежності мають спокій насіння. Вирощені та, особливо, білонасінні типи зерна не мають спокою насіння і, як правило, проростають через 3-4 дні при температурі 21°C або вище [13, 23, 31, 35, 44, 65, 80, 81].

Місяць або більше вологої стратифікації при температурі приблизно від 2 до 5°C подолає спокій насіння. Проростання можна досягти на промокальному папері або піску. Після стратифікації насіння добре проростає при температурі 20°C (вночі) і $30-35^{\circ}\text{C}$ (вдень).

Популяціями амаранту легко керувати, оскільки рослини можна мініатюризувати, а цикл їх цвітіння прискорити, контролюючи навколишнє середовище. У теплиці насіння слід висадити приблизно на $0,5 - 1,0$ см вглиб ґрунту або пересадити пінцетом після проростання на вологий промокальний папір [11, 45, 68].

Прохолодна температура ($<20^{\circ}\text{C}$) може бути шкідливою для рослин амаранту. Рекомендується температура від 20 до 40°C . Саджанці зернових амарантів можна пересаджувати в поле через 3 тижні після посадки. Тривалість дня, коротша за 12 год, прискорить цвітіння більшості приєднань, але не *A. cruentus*. Тривале освітлення сприяє інтенсивному росту рослин.

Посібник з виробництва амаранту - хороший орієнтир для польового менеджменту. Висаджувати амарант слід після того, як ґрунт прогріється до 20°C або вище. Амарант можна вегетативно розмножувати зі стеблових живців за допомогою комерційних гормонів вкорінення.

Контрольований перехід у теплицях успішно застосовується на РРЦ. Схрещування амарантів вимагає розташування або перемішування синхронно квітучих рослин, так що, коли пилок вивільняється, він потрапляє на стилі батьківського насіння [79] .

Генетичні маркери можна використовувати для відрізнєння гібридів від рослин в результаті самозапилення. Міжспецифічні гібриди зазвичай досить відмінні, що маркери не потрібні. Червоно - зелена ознака легко використовується, але є й інші маркери. Можливе емаскуляція, але якщо є генетичні маркери, вони простіші у використанні та надійніші [3 , 12, 34, 37, 47 , 61 , 75].

Схрещування найлегше здійснити в теплиці, оскільки рослини в горщиках можна легко переміщати; фотопериодами можна маніпулювати, щоб синхронізувати цвітіння, і небажаний пилок можна виключити. Однак адаптовані типи, які мають синхронізоване цвітіння, будуть природно перетинатися між сусідніми рядами поля [6, 10, 24].

Багато видів амаранту дуже самозапилюються, що обмежує мінливість в межах приєднань. Спонтанна генетична мінливість у цих амарантів низька, що вказує на потенціал отримання корисної мінливості методами індукованої мутації. Мутанти з прикореневим розгалуженням можуть мати економічну цінність для виробництва овочів, оскільки більша кількість гілок може збільшити врожайність листя, особливо із покращеною здатністю до відростання.

Частота життєздатних мутацій збільшилася (2-8%) при збільшенні доз опромінення (3-15 КР) для шести випробовуваних генотипів амаранту, причому високі дози давали більш ранні, а менші дози-більш пізні мутанти. Ранність може бути вигідною для зернових амарантів, щоб уникнути посухи та вписатися у сівозміни [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

Амарант має бажаний спектр амінокислот для харчування людини, особливо високий вміст лізину, якого часто не вистачає в звичайних зернах.

Відповідно, Raina and Datta (1992) клонували ген високоякісного поліпептиду 304 амінокислот з *A. hypochondriacus*.

Спосіб одержання трансгенних рослин з використанням їх гена запатентований і ген функціонує в бульбах картоплі. Для ідентифікації та порівняння інших генів білка для генетичної передачі проаналізували залишки амінокислот *A. caudatus* з залишками рису, гороху, кукурудзи та ямсу.

У США зареєстровано чотири сорти амаранту: "Монтана 3" ("MT 3"), "Монтана 5" ("MT 5"), "Кількість" та "Plainsman". Кілька ліній були розроблені RRC, NU-World Amaranth та American Amaranth, і були широко розповсюджені та протестовані. Усі зареєстровані сорти походять від матеріалів, розроблених RRC. "MT 3" - це вибір з RRC 1041 ", MT 5 - вибір з" RRC 425 ", а Amont - з" MT 3 ".

"Plainsman" - став найбільш широко вирощуваним сортом амаранту в США завдяки своєму відносно високому потенціалу врожайності, стійкості до вилягання, обмеженому руйнуванню насіння, кольору насіння, терміну дозрівання [11, 45, 68].

У всьому світі було розроблено кілька інших сортів, включаючи Росію, «Пастевний 1», «Туркестанський» та «Уральський», а також у Південній Америці генотип *A. cguentus* «Анден». Основними сортами в Китаї є п'ять ліній RRC, особливо "RRC 1011" [3 , 12, 34, 37, 47 , 61 , 75].

Але щонайменше три нові лінії були нещодавно розроблені в Китаї. "Ноель В'етмейєр", "Оскар Бланко" та "Алан Гарсія" були звільнені з відбірних програм у Перу. Джоші (1985) розробив «Аннапурну» за програмою відбору в Індії [33 , 40 , 60 , 70 , 71].

Середній урожай зерна Аннапурни 22,3 кв/га, що приблизно на 69% вище, ніж у іншій селекції VL 21. Білувато -кремові насіння Аннапурни містять близько 14,5% білка. Його якість - відмінна.

Відмінними рисами Аннапурни є наступні:

1. Висота рослини: 220-225 см.
2. Цвітіння: 75 днів.

3. Термін дозрівання: 140-145 днів
4. Стовбур: Товстий, зазвичай нерозгалужений, ребристий
5. Листя: Лист широкий, темно -зелений, ланцетний (24 X 12 см).
6. Суцвіття: довге (70 см), зелене, компактне кінцеве та бічне колосок
7. Дослідна маса: 0,8-0,9 г/1000 насінин.
8. Колір насіння: кремово -білий.

Харчова цінність овочевого амаранту широко вивчена, оцінена рівною або навіть вищою за шпинат, оскільки вона значно вища за вмістом кальцію, заліза та фосфору, а також клітковини, ніацину та аскорбінової кислоти у свіжому вазі та вітаміну А, магнію та білка [79].

Овочеві амаранти мають велику різноманітність за характером росту, формою листя, кольором та розміром, розміром рослин та характеристиками суцвіть, але зазвичай вони мають широкі листя та низьку насінневу продуктивність [13 , 23, 31, 35, 44 , 65 , 80 , 81].

Основними овочевими амарантами є *A. blitum*, *A. cruentus*, *A. dubius*, *A. tricolor* та *A. hypochondriacus*. Дикі види також зазвичай збирають як листові овочі. Здається, що *Amaranthus cruentus*, *A. dubius* та *A. tricolor* перевершують інші види амаранту для використання в якості овочів, оскільки вони мають найвище співвідношення листя і стебла. Співвідношення і врожайність листових стебел також різко змінюються між сортами в межах виду.

Amaranthus blitum (синонім *A. lividus*):

Вважається, що цей вид родом з Південної чи Центральної Європи і широко поширений у Західній Африці, Індії, Південно-Східній Азії та на Тихоокеанських островах. Рослина досягає 30-50 см у висоту, а її стебла значно розгалужені.

Amaranthus cruentus:

Темнонасінний штам *A. cruentus* широко культивується як листовий у Західній Африці. Рослини переважно нерозгалужені і виростають до 1,5 м заввишки з довгими грубими листками еліптичної форми.

Amaranthus dubius:

Темне довгасте до еліптичного листя *A. dubius* нагадує шпинат і вважається делікатесом у багатьох районах Карибського басейну. Рослини ростуть великими, з багатьма бічними гілками. Листя збирають протягом сезону або збирають всю молоду рослину. Суцвіття коротке і розгалужене.

Amaranthus hybridus:

Цей вид дуже мінливий, часто великий (0,5-2,0 м заввишки) з верхньою половиною зазвичай сильно розгалуженою; листя відрізняються за формою, кольором і розміром. З цього виду в Мексиці розроблені види овочів ландрасу.

Amaranthus hypochondriacus:

Цей вид був розроблений для виробництва зерна в Мексиці і зараз є у всьому світі. Це також важливий вид овочів у Мексиці зі спеціалізованими сортами овочів.

Amaranthus thunbergii:

Цей дикорослий вид широко поширений у Ботсвані та інших частинах південної та західної Африки. Іноді її культивують.

Amaranthus tricolor:

Багато сортів виду *A. tricolor* широко розповсюджені і культивуються по всій Азії та південній частині Тихого океану. Зовнішній вигляд істотно відрізняється, але зазвичай вони ростуть кущистими, середньої висоти з відносно великим насінням. Сорти в Індії включають Пуса Кіран і Пуса Кірті.

Амарант - універсальна культура з довгою історією одомашнення та використання. На сьогоднішній день з цією рослиною було проведено лише незначний обсяг досліджень та селекції рослин, переважно зернового типу використання. Амарант є важливою рослиною для різних популяцій людей у всьому світі, але його використання можна значно покращити шляхом подальшого розведення та досліджень [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

За наявності різноманітної колекції зародкової плазми можна досягти швидкого прогресу за невеликі вкладення в проекти скринінгу та розведення. Дослідження амарантових дослідників і фермерів по всьому світу дали міцну основу для подальшого розвитку цієї цінної рослини.

1.4 Продуктивність амаранту залежно від рівнів удобрення

Амарант — рід родини Амарантові. Види амаранту є найбільш поширеними листовими овочами низинних тропіків Азії та Африки (Schippers, 2000). Культивування різних видів амаранту набуває все більшого значення в Нігерії та інших частинах африканського континенту, де доступні види вирощують заради їх листя. За даними Becker and Saunders (1984), тварини їдять більше тих, у яких є шипи (*A. spinosus*). Види амаранту можуть виростати до 100 см у висоту з кольором від зеленого до фіолетового або рожевого. Амарант потребує родючого ґрунту, добре забезпеченого органічними речовинами для хорошої продуктивності. Як і будь-яка зернова культура, амарант реагує на хорошу родючість ґрунту. У більшості ситуацій азот виявився обмежуючим поживним елементом ґрунту (Weber, 1989), що призвело до невеликої кількості досліджень впливу азотних добрив на амарант, особливо в США. Наприклад, у дослідженні в Арканзасі з одним зерновим сортом та одного овочевого сорту, спостерігалася реакція врожайності насіння на азотні добрива в одному досліджуваному середовищі, а також спостерігалася, що маса насіння збільшується у відповідь на кількість азоту. Майєрс (1998) також повідомив, що додавання азотних добрив викликало кілька значущих реакцій у зростанні та розвитку зернового амаранту. Азотні добрива підвищували врожайність зернадля всіх трьох сортів, випробуваних у всіх трьох середовищах. Дослідження Tindall et al. (1987) показали, що внесення 168 кг N га⁻¹, 112 кг P₂O₅ га⁻¹ і 168 кг K₂O га⁻¹ достатньо для правильного росту і розвитку амаранту. Далі вони заявили, що азот слід застосовувати 2-3 рази в розділених дозах [33, 40, 60, 70, 71].

За словами Шипперса (2000), немає точних даних про врожайність різних африканських видів амаранту. Однак хороша продуктивність амаранту вимагає оптимальних умов, які включають розумне використання таких ресурсів, як добрива. Застосування правильного добрива в достатніх кількостях та у

відповідні часи під час росту культур значно підвищить урожай амаранту і, відповідно, економічну віддачу для фермерів [11, 45, 68].

У Нігерії через те, що добрива дорогі, а іноді й дефіцитні, можуть стати причиною того, що фермери вносять недостатньо для гарного росту. Це пов'язано з тим, що дослідницькі роботи, як правило, недостатні щодо потреби амаранту в добривах в Нігерії і особливо в екологічній зоні гвінейської савани. Крім того, добриво NPK 27:13:13, використане в цьому дослідженні, є досить новим на ринку (найпоширенішим типом є NPK 15:15:15), хоча воно використовується для вирощування зернових культур, що вимагає високих рівнів азоту, як і раніше, повідомлено для *Amaranthus*. Тому є необхідність дослідити реакцію деяких з доступних видів амаранту до цього нового складного добрива як процесу визначення необхідної норми внесення в екологічних умовах Гвінейської савани в цій країні. Таким чином можна визначити мінімальний рівень внесення цього добрива для підвищення гарного росту та врожайності зерна у видів амаранту. Існує гіпотеза, що всі застосовувані норми дадуть хороший ріст, а види подібні у своїй реакції на норми добрив.

Тому дослідження було проведено з метою дослідження впливу доз складних добрив (NPK 27:13:13) та їх роздільного внесення на вегетативний ріст та врожай зерна трьох видів амаранту. Це дослідження надасть інформацію про реакцію виду та норму добрива, що підходить для росту видів *Amaranthus*. Це може дати інформацію про підхід із зменшенням витрат у вирощуванні амаранту [33, 40, 60, 70, 71].

Види амаранту реагують на хорошу родючість ґрунту, як і інші зернові культури; N, P і K є найбільш бажаними поживними речовинами. Отже, низький рівень цих елементів у ґрунті савани міг бути причиною низького зростання, що спостерігається у виду *Amaranthus* на контрольних ділянках у цьому дослідженні. Види амаранту на контрольних ділянках мали найнижчі значення вимірних параметрів росту та врожайності зерна. Це відповідало нашим очікуванням кращого зростання за рахунок внесення азотних добрив.

Недостатність поживних речовин у рідному ґрунті може бути додатково підтверджена хорошою реакцією всіх видів амаранту на першу дозу добрив NPK навіть при 125 кг га⁻¹ порівняно з контрольним лікуванням. Більш високі показники росту, які показали види *Amaranthus* при обробці NPK 250 1 кг га⁻¹ порівняно з 125 кг га⁻¹ при 4 та 5 WAP, показали, що внесення добрив на 125 кг га⁻¹ було недостатнім для їхнього росту [13, 23, 31, 35, 44, 65, 80, 81].

Застосування добрива NPK на площі 250 кг га⁻¹, здається, забезпечує достатню кількість живильних речовин для видів *Amaranthus* до 5 WAP, демонструючи дещо вищі значення росту, ніж у 125 кг га⁻¹ після першої дози добрива з цією швидкістю. Також на 4 WAP види *Amaranthus* загалом показали порівнянні значення росту коренів і пагонів при обробках добривами NPK 250 1, 250 2 і 500 кг га⁻¹. Це суперечить нашим очікуванням лінійної реакції зі збільшенням норми добрив. Подібний звіт також показав, що врожайність, а також інші характеристики, що реагують на азот у амаранту загалом вирівнювалися на рівні 90 кг га⁻¹ і не був змінений надалі шляхом подвоєння норми добрив до 180 кг га⁻¹. Можливо, це вказує на те, що внесення разової дози добрива на 500 кг га⁻¹ при посіві може перевищувати потребу, навіть якщо ця норма давала найвищі значення параметрів росту при 4 та 5 WAP у видів *Amaranthus*. З іншого боку, одноразове застосування 500 кг га⁻¹ NPK в порівнянні з 125 і 250 2 кг га⁻¹ з другою дозою дало нижчі значення параметрів росту і врожайності у амаранту .видів під час експерименту. Тому реакція виду на норми добрив не була лінійною. Окрім можливості, що норма NPK 500 кг га⁻¹ була занадто високою для рослини на початковій стадії росту, значна частина його могла бути змита стоком під час опадів або навіть вилучена з доступу до кореня рослини. Цей звіт був подібний до звіту Scholberg et al. (2000), які вказали, що рослина томатів використовує лише близько 10% азоту, внесеного перед посадкою під час початкового періоду росту, і що може знадобитися зменшити кількість добрив перед посадкою до 20% від поточні обсяги виробництва [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

Внесення другої дози добрива на площі 125 і 250 2 кг га⁻¹ прискорило ріст і розвиток рослин. Про це свідчить той факт, що обробка 125 кг га⁻¹ NPK після внесення другої дози давала вищі значення параметрів росту, ніж 250 1 кг га⁻¹ при 6 та 7 WAP. Крім того, обробка 250 2 кг га⁻¹ NPK дала більший ріст амаранту на 6 і 7 WAP, ніж усі інші види дослідження. Це можна пояснити тим, що рослина на цій стадії росту при застосуванні другої дози (5 WAP) швидко зростала і максимально використовувала внесені поживні речовини і, таким чином, можливо, обмежувала втрачену частку. За даними Henson і Bliss (1991), азот, внесений під час вегетативної стадії (приблизно через 4 тижні після появи сходів) *Phaseolus vulgaris* (L.), дає вищий урожай насіння, ніж азот, внесений під час посадки, цвітіння або під час засипання стручків [11, 45, 68].

Реакція кореня виду *Amaranthus* на внесення добрив (особливо другої дози) не була як така драматичною. Наприклад, обробки 250 2 та 500 кг га⁻¹ NPK дали порівнянний ріст коренів при 4 і 5 WAP, і навіть при 6 WAP значення росту коренів все ще були трохи вищими при 500 кг га⁻¹, ніж 250 2 кг га⁻¹ лікування NPK. Ця реакція відрізнялася від реакції сходів на внесені добриво. Це, можливо, показало, що N мав менший вплив на ріст коренів або підтримував ріст пагонів краще, ніж ріст коренів, або вимагав більш тривалого проміжку часу, ніж пагон, перш ніж його вплив на ріст коренів. За даними Лібмана та Девіса (2000), реакції коренів і пагонів на збагачення поживними речовинами часто відрізняються у різних видів рослин [33, 40, 60, 70, 71].

Більш високий ріст і врожайність зерна у видів *Amaranthus* на ділянці II, ніж на I, ймовірно, були пов'язані з вищою родючістю ґрунту на ділянці II, ніж на ділянці I, до внесення добрив на кожній ділянці. Майерс заявив, що дослідження з зерновим амарантом у тропічних регіонах показали непостійну реакцію врожайності на добриво N, що відображає різноманітність середовища та умов, за яких проводилися дослідження [3, 12, 34, 37, 47, 61, 75].

Реакція видів *Amaranthus* на норми добрив загалом була такою, як і очікувалося. Таким чином, вища висота рослин, ріст пагонів, суха маса/10 рослин і на гектар і загальна маса насіння/10 рослин (дані не включені), хоча з

найменшою кількістю листків, хоча і більшою площею листків у *A. hybridus*, ніж у інших видів, була якраз прояв його генотипової ознаки. Цей вид, який зазвичай вважається покращеним, зазвичай виглядає більш пишним, ніж інші види. Однак це спостереження суперечило висновку Elbehri et al. Вони повідомили, що лінії амаранту по-різному реагували на внесені азотні добрива і що *A. cruentus* лінії максимізували врожайність при нижчих рівнях внесеного азоту.

З іншого боку *A. hybridus* var. *cruentus* показав найвищі значення свіжої маси коренів, вмісту води в пагонах, маси 1000 зерен та загальної маси зерна/га. Спостереження за *A. spinosus* на відміну від них показали, що *Amaranthus hybridus* var. *cruentus* генетично схильний виробляти більші та важчі зерна порівняно з іншими видами. На завершення, це дослідження показало, що внесення цього комплексного добрива (NPK: 27: 13: 13) у різних нормах зазвичай стимулювало ріст цих видів амаранту, у кращому випадку на рівні 250 2 кг га⁻¹ Лікування NPK. Проте було б добре оцінити реакцію виду на норми, нижчі за 250 2 кг га⁻¹ обробку NPK. Відповідь *A. hybridus* var. *cruentus* до внесених добрив показав, що зростання цього виду в південній частині країни (хоча вважається більш родючим, ніж на півночі), а також на півночі, можна було б збільшити із застосуванням цього добрива NPK, що призведе до краща економічна віддача, особливо при застосуванні в двох розділених дозах.

Розділ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні умови проведення досліджень

На території Львівської області літо є комфортним, з мінливою хмарністю, а зима морозною, сніжною, вітряною, переважно хмарною. Протягом року температура звичайно коливається від -5°C до 24°C , і рідше, нижче -15°C або вище 30°C . Теплий сезон триває 3,8 місяці, з 17 травня до 10 вересня, при середньодобовій температурі $+19^{\circ}\text{C}$. Найспекотніший місяць є липень, із середньодобовою температурою $+24^{\circ}\text{C}$ і найнижчою 14°C . Холодний сезон триває 3,5 місяців, від 21 листопада до 9 березня, при середньодобовій високій температурі нижче 5°C . Найхолодніший місяць року є січень із середньою температурою -5°C і найвищою 0°C . Відсоток вкритого хмарами неба є із значними сезонними коливаннями протягом року. Весняна розпочинається близько 28 квітня, триває впродовж 5,5 місяців, закінчуються близько 11 жовтня. Найсвітлішим місяцем року є липень, впродовж якого в середньому 60% часу небо чисте, переважно ясне чи з мінливою хмарністю. Більш хмарна частина року розпочинається приблизно 10 жовтня і триває 6,5 місяців, закінчується приблизно 25 квітня. Найхмарніший місяць року є грудень, впродовж якого в середньому 65% часу небо вкрите хмарами.

Більш вологіший сезон триває 3,5 місяця, з 30 квітня по 10 серпня, і ймовірність того, що певний день буде дощовим, перевищує 25%. Найвологіший місяць регіону є червень, в середньому 10,5 дня з не менше 1,06 мм опадів.

Посушливий сезон триває 8,5 місяців, з 10 серпня по 30 квітня. Місяць з найменшою кількістю вологих днів - січень, в середньому 5,3 дня з не менше 10 мм опадів. Найбільша кількість дощових днів припадає на червень, у середньому 10,2 дня. Найбільш поширена форма опадів впродовж усього року є дощ, з максимальною вірогідністю 37% на 11 червня. У Львівській області спостерігаються сезонні коливання місячної кількості опадів. Впродовж року

йдуть дощі. Найбільша кількість опадів припадає на липень, середня кількість опадів становить 70 мм. Місяць з найменшою кількістю опадів у вигляді дощу - лютий, середня кількість опадів 13 мм. У регіоні також спостерігаються сезонні коливання снігопадів. Сніговий період року триває 5,3 місяці, з 29 жовтня по 3 квітня, з снігопадом, щонайменше, 253 мм. Найбільше снігу припадає на лютий, середня кількість снігу становить 94 мм.

Безсніжний період року триває 6,9 місяців, з 1 квітня по 30 жовтня. Протягом року тривалість дня коливається. У 2021 році найкоротшим днем — 21 грудня, 8 годин 5 хвилини світлового дня; найдовшим днем є 21 червня, світловий день триває 16 годин 24 хвилини. Ранній схід сонця розпочинається в 5:13 ранку на 16 червня, а пізній схід сонця складає 3 години 9 хвилин по тому о 8:22 ранку на 31 грудня. Ранній захід починається в 16:21 до 12 грудня, а останній захід в 5 годин, 16 хвилин тому в 21:37 вечора до 25 червня. Перехід на літній час спостерігається впродовж 2021 року, починається весною 28 березня, тривалістю 7,1 місяця і закінчується восени 31 жовтня.

Рівень вологості визначають на основі точки роси, оскільки вона визначає, чи піт випаровуватиметься з шкіри, чим охолоджує тіло. Нижчі точки роси є більш сухими, а вищі точки роси є більш вологими. На відміну від показника температури, який, як правило, значно міняється вдень й вночі, точка роси змінюється повільніше, хоча температура може знижуватися вночі, за похмурим днем, слідує задушна ніч. Рівень вологості регіону, виміряний у відсотках часу, впродовж якого рівень вологості був низьким, не змінюється суттєво впродовж року, залишається у межах 3%. Вітер, що відчувається у будь-якому місці, дуже залежить від місцевої топографії й інших факторів, а швидкість і напрям вітру змінюються ширше за середньогодинні показники.

Середня швидкість вітру має значні сезонні коливання впродовж року. Вітряна пора року триває 6 місяців, від 13 жовтня до 13 квітня, з середньою швидкістю вітру понад 9,7 миль в годину. Найвітряний місяць року є січень із середньогодинною швидкістю вітру 11,7 миль за годину. Спокійний час року триває 6,0 місяці, від 12 квітня до 12 жовтня. Найбезвітряний місяць року є

серпень, з середньогодинною швидкістю вітру 3,95 м/с. Переважний середньогодинний напрямок вітру змінюється впродовж року. Вітер найчастіше дує з сходу на 1,7 тижні, від 24 квітня до 6 травня, з піком 26% 2 травня. Вітер найчастіше з півдня на 1,4 тижні, від 6 травня до 15 травня, з піком 26% на 7 травня. Вітер найчастіше є західного напрямку впродовж 11 місяців, від 15 травня до 24 квітня, з піковим 51% 1 січня.

Вегетаційний період звичайно триває 6,0 місяців (180 днів), приблизно від 19 квітня до 18 жовтня, зрідка розпочинається до 1 квітня або після 9 травня і рідко закінчується до 30 вересня або після 8 листопада. Дні зростання є мірою накопичення тепла, що використовуються для прогнозування розвитку рослин і визначається як інтеграл тепла вище базової температури. Перші весняні цвітіння рослин можуть з'явитися приблизно 25 квітня, лише зрідка до 15 квітня або після 9 травня.

Середньодобова сонячна енергія зазнає сезонних коливань впродовж року. Найяскравіший період року триває 3,6 місяців, з 1 травня до 21 серпня, з середньою енергією щодня вище 5,3 кВт. Сонячний місяць року є червень, з енергією в середньому 6,3 кВт. Похмурий період року триває 3,5 місяців, з 28 жовтня до 16 лютого, з середньою енергією нижче 1,9 кВт. Похмурий місяць року є грудень, в середньому 0,9 кВт.

За даними метеопосту м. Дубляни температурні показники в 2020 і 2021 роках були вищими середньобагаторічних даних. Середньомісячний показник за березень був вищим середньобагаторічного на 2,3°C - 2020 року, і на 0,7°C вищим - березня 2021 року (табл. 2.1).

Такий температурний режим дає змогу провести посів амаранту за оптимальних термінів – 25 квітня 2020 року та 4 травня 2021 року.

Середньорічна і середньомісячна показники температури повітря, °С

| Місяць | Середні багаторічні дані | 2020 р. | 2021 р. |
|----------|--------------------------|---------|---------|
| Січень | -3,8 | +0,8 | -1,5 |
| Лютий | -2,3 | +2,5 | -2,4 |
| Березень | 1,4 | +4,4 | +2,1 |
| Квітень | 8,1 | +8,8 | +6,1 |
| Травень | 14 | +10,9 | +12,7 |
| Червень | 16,9 | +18,5 | +18,5 |
| Липень | 18,6 | +18,7 | +21,7 |
| Серпень | 17,8 | +19,8 | +17,2 |
| Вересень | 13,4 | +15,0 | +12,7 |
| Жовтень | 8,4 | +10,6 | +7,9 |
| Листопад | 2,7 | +3,7 | +4,3 |
| Грудень | -1,8 | +1,0 | |
| За рік | 7,9 | 9,6 | 9,0 |

Незначні відхилення від середньобагаторічних показників температури показали температурні режими літніх місяців у роки проведення досліджень. Температура літніх місяців й у вересні та жовтні 2020 року були дещо вищими

Річна і місячна сума опадів, мм

| Місяць | Середні багаторічні дані | 2020 р. | 2021 р. |
|----------|--------------------------|---------|---------|
| Січень | 27,1 | 36 | 50 |
| Лютий | 30,5 | 81 | 121 |
| Березень | 31,5 | 36 | 51 |
| Квітень | 41,6 | 10 | 41 |
| Травень | 69,2 | 138 | 51 |
| Червень | 83,6 | 140 | 95 |
| Липень | 88,3 | 81 | 47 |
| Серпень | 71,8 | 58 | 144 |
| Вересень | 58,4 | 115 | 108 |
| Жовтень | 37,4 | 52 | 67 |
| Листопад | 39,2 | 17 | 40 |
| Грудень | 33 | 57 | |
| За рік | 611,6 | 821 | 815 |

від середньобагаторічних показників, що мало позитивний вплив на формування рівня урожайності амаранту. Дещо вищою були температурні показники літніх місяців у 2021 році, зокрема, у червні і липні, відповідно на 1,6 і 3,1°C. Місяці осені 2021 року були теж із незначними відхиленнями.

Дослідне поле кафедри технологій у рослинництві ЛНАУ знаходиться у зоні достатнього вологозабезпечення. Проте, березень і квітень 2020 року були дещо засушливими – випало відповідно 36 й 10 мм та 51 й 41 мм опадів у 2021 році (табл. 2). Тоді як у травні і червні 2020 року спостерігались зливи, і випало 138 і 140 мм, що на 68,8 і 56,4 мм більше середньобагаторічного показника. Це мало негативний вплив, разом із пониженою температурою (10,9°C) на формування рослин амаранту і на врожайність. Тоді, у травні 2021 року зафіксували менше на 18,2 мм кількість опадів стосовно середньобагаторічних даних. Липень і серпень 2020 році знаходилися майже на рівні середніх багаторічних показників температурного режиму. У 2021 році липень видався посушливим – випала вдвічі менша кількість опадів, у серпні – вдвічі більше відносно норми. Більш вологий, на 56,6 й 49,6 мм, був місяць вересень 2020 і 2021 році. Загалом, в 2020 році випало 821 мм, в 2021 році – 815 мм, за середнього багаторічного показника 611,6 мм.

Нерівномірний розподіл опадів впливав на формування продуктивності амаранту, проте гідротермічні умови були сприятливими для росту та розвитку.

2.2 Характеристика ґрунту дослідних ділянок

Польові досліді з вивчення формування продуктивності амаранту закладалися на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві ЛНАУ.

Ґрунт дослідних ділянок є темно-сірий опідзолений легкосуглинковий, що становить 12,2 % загальної площі Львівської області.

З північного заходу на південний схід ґрунт України можна поділити на три великі групи: зону піщаних опідзолених ґрунтів; центральний пояс, що складається з чорного чорнозему; і зона каштанових ґрунтів.

Опідзолений тип ґрунту займає близько п'ятої частини території країни, переважно на півночі та північному заході. Цей ґрунт утворився в результаті поширення після льодовикових лісів на райони степу; більшу частину такого ґрунту можна обробляти, хоча він вимагає додавання добрив для отримання високого врожаю.

Чорнозем центральної України, один з найродючіших ґрунтів у світі, займає майже дві третини площі країни. Цей ґрунт можна розділити на три великі групи: на півночі - пояс глибоких чорноземів, товщиною близько 1,5 метра й багатий на гумус; на південь і схід — зона звичайних чорноземів, які багаті на гумус, товщиною близько 1 метр; і най південніший пояс, який є ще тоншим і має менше гумусу. У різних височинах, на північному та західному периметрах глибокого чорнозему вкрапленнями є суміш сірих лісових ґрунтів та опідзоленого чорнозему, який разом займає значну частину території України. Усі ґрунти є родючі, за достатньої кількості вологи. Однак, їх інтенсивне розорення, особливо крутих схилів, призвело до змиву.

Підзоли можуть виникати, практично, на будь-якому материнському матеріалі, зазвичай походять із багатих кварцом піщаників, або осадових уламків магматичної породи за високої кількості опадів [5]. Більшість підзолистих ґрунтів є дещо бідним ґрунтом для сільського господарства через вміст піщаної частини, що призводить до низького вмісту вологи і поживних речовин. Деякі з них є піщаними і надмірно дренованими. Інші мають неглибоку зону вкорінення і поганий дренаж ґрунту. Низький рН також спричиняє проблеми, а саме дефіцит фосфору. Найкраще сільськогосподарське використання темно-сірого опідзоленого ґрунту це є пасовища, хоча добре дреновані суглинки можуть бути продуктивними для посівів, якщо використовувати вапно як добриво .

Горизонт E, що має товщину 4 - 8 сантиметрів, має низький вміст оксидів заліза, алюмінію і гумусу. Він утворювався у вологих і прохолодних умовах, особливо, коли вихідний матеріал, граніт або піщаник, багатий на кварц. Знаходиться під шаром органічного матеріалу, який утворився в процесі розкладання, має товщину 5 - 10 сантиметрів. У середині є тонкий горизонт 0,5 - 1 сантиметра. Горизонт вибіленого ґрунту переходить у червоний або червоно-бурий горизонт (підзолистий B). Колір найяскравіший у верхній частині і змінюється на глибині 50 - 100 сантиметрів поступово до частини ґрунту, яка не зазнає впливу процесів.

Показник щільності ґрунту дослідної ділянки становив $1,25 \text{ г/см}^3$, а повітроємність знаходилася в межах 5,7 – 9,0%. Загалом, ґрунт характеризується цілком сприятливими властивостями для вирощування амаранту (рис. 2.1). Застосування мінеральних добрив щороку забезпечило ґрунт достатньою кількістю елементів живлення, про що свідчить агрохімічний аналіз ґрунту.

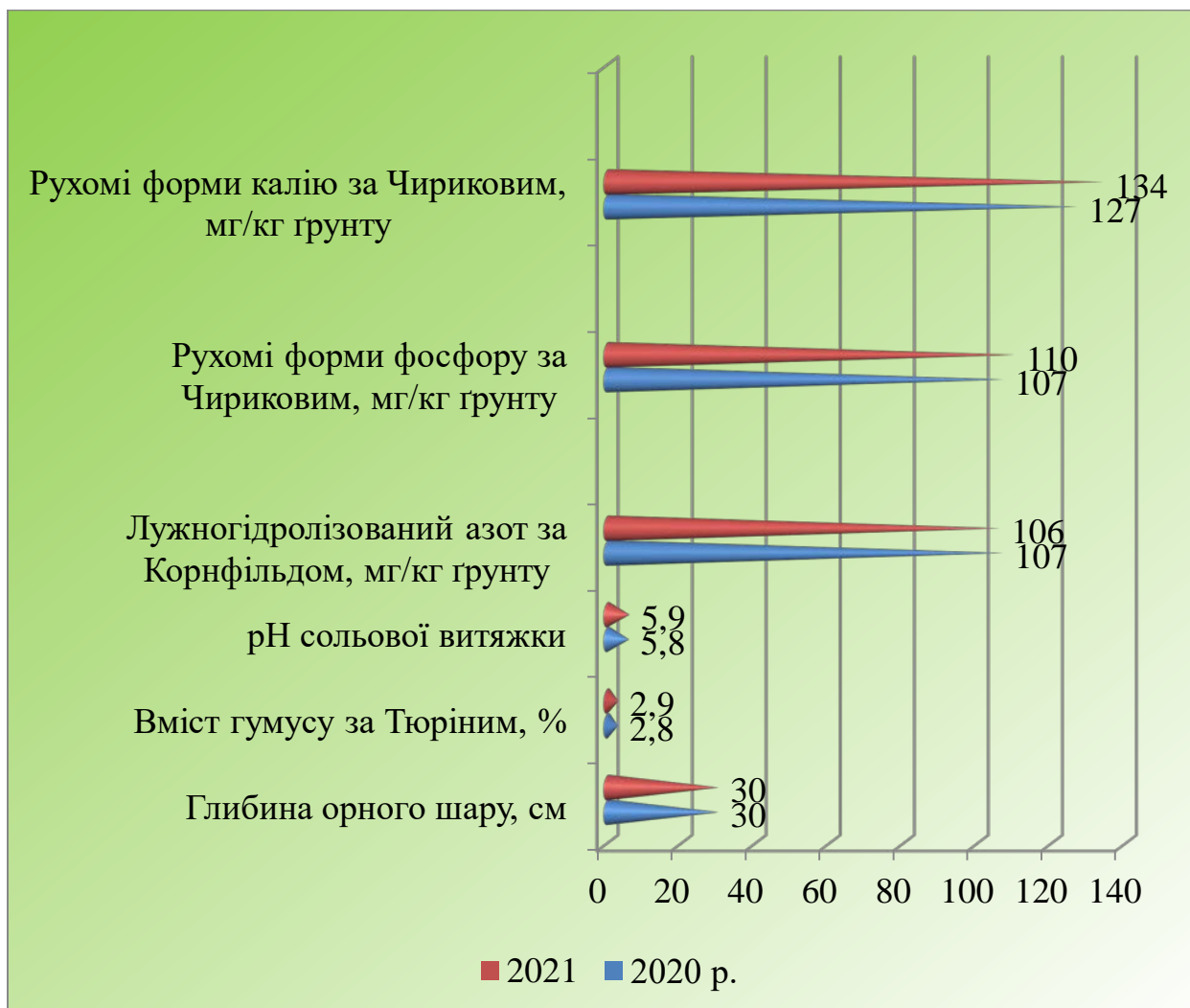


Рис. 2.1. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідних ділянок.

2.3 Методичні умови проведення дослідження

Програмою дослідження передбачено вивчення впливу рівнів удобрення на формування продуктивних і якісних показників амаранту в умовах західного Лісостепу.

Дослід проводили у польовій сівозміні впродовж 2020 й 2021 рр. Попередником усі роки досліджень була озима пшениця. В дослідженнях застосовували такі рівня удобрення: контроль, $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{80}$, $N_{120}P_{40}K_{80}$ та сорт, рекомендований для вирощування у зоні Лісостепу західному, Ультра.

Дослідні варіанти розміщувалися у трьох повтореннях. Загальна площа дослідної ділянки становила 81 м^2 , облікова 54 м^2 .

Програмою досліджень було передбачено такі обліки та спостереження: агрохімічний аналіз ґрунту у шарі 0-30 см на наявність доступних форм легкогідролізованого азоту, рухомих форм фосфору й калію та визначення вмісту гумусу; спостереження за ростом й розвитком рослин амаранту. Встановлювали фенофази: сходи, появу першої пари листків, бутонізація, цвітіння, дозрівання; визначення густоти рослин амаранту методом суцільного підрахунку на кожній ділянці у фазі сходів й на час збирання врожаю; визначення структури врожаю амаранту [18].

Облікували врожайність шляхом зважування зерна з кожної дослідної ділянки [31].

Статистична обробка одержаних даних проводилася методом дисперсійного аналізу на персональному комп'ютері [45].

2.4 Характеристика досліджуваного сорту

Сорт Ультра – це ранньостиглий сорт, рекомендований для вирощування у зоні Степу, Лісостепу та Полісся, зернового напряму використання. Оригігатор сорту: Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, зареєстрований в 1998 році. Вид *A. hybridus*. Рослини заввишки 165 см. Листя зелене, опушення відсутнє, суцвіття - напівстисла компактна світло-зелена волоть, при дозріванні - жовтого кольору. Насіння біле. Потенціал урожайності насіння - 2,7 т/га.



Рис. 2.2. Амарант сорт Ультра.



Рис. 2.1. Насіння амаранту сорту Ультра.

2.5 Агротехніка проведення досліджень

Вирощування амаранту проводили за технологією для умов зони достатнього зволоження західного Лісостепу. Після збирання попередника проводили дискування стерні Кейс-210 + БДВП-4,2. Під основний обробіток ґрунту вносили фосфорно-калійні добрива у вигляді тукосуміші та хлористого калію. Азотні добрива застосовували у вигляді аміачної селітри на весні під передпосівну культивуацію. Оранку проводили на глибину 28 – 30 см трактором

Кейс-210 в агрегаті з плугом ПНО-5-40. Рано навесні при першій можливості увійти в поле було проведено закриття вологи ХТА-150+12 БЗТ-1 та кілька поверхневих обробітків. Передпосівну культивуацію проводили на глибину загортання насіння Кейс - 210+ Європак. Для сівби використовували ручну сівалку, висівали широкорядним способом з шириною міжрядь 45 см. Норма висіву становила 0,8 кг/га.

Питання боротьби в посівах амаранту із бур'янами є актуальним, адже немає зареєстрованих гербіцидів для використання у посівах амаранту. Оскільки, наявність бур'янів є одним з головних чинників, що стримує зростання продуктивності та не дає змоги розкрити потенціал амаранту [52]. Догляд за посівами складався із боротьби з бур'янами міжрядними обробітками, ручними прополованнями. Застосовували гербіцид Фюзилад Форте 1 л/га. Для боротьби із шкідниками застосовували інсектицид Актара. Збирання врожаю проводили 15 жовтня.

РОЗДІЛ 3.

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНІВ УДОБРЕННЯ

3.1 Ріст та розвиток амаранту залежно від рівнів удобрення

Вивчаючи ріст та розвиток рослин зернового амаранту, виділяли наступні фенофази: сходи, бутонізація, цвітіння, дозрівання. Настання фенологічних фаз сортів зернового амаранту та тривалість міжфазних періодів у наших дослідженнях змінювалися за роками. Це було зумовлено як погодними умовами, які визначали тривалість вегетаційного періоду, так і рівнями удобреннями. У першу половину вегетації рослини амаранту зростають досить повільно. У другій половині вегетації картина суттєво змінюється. Середньодобовий приріст рослин амаранту може становити 3-4 см. На тривалість періоду посів – сходи впливала кількість опадів, сума температур та прогрівання ґрунту на глибині залягання насіння у передпосівний період.

Усі досліджувані варіанти встигали пройти цикл розвитку від насіння до насіння (табл. 3.1)

Таблиця 3.1

Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту Ультра, 2020 р

| Рівень удобрення | Дата настання фенофази | | | | Тривалість вегетаційного періоду, днів |
|--|------------------------|-------------|----------|--------------------------|--|
| | сходи | бутонізація | цвітіння | Дозрівання (збирання) | |
| контроль | 16.05 | 24.06 | 25.07 | 27.08 | 104 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 16.05 | 24.06 | 25.07 | 1.09 | 109 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 16.05 | 24.06 | 26.07 | 5.09 | 113 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 16.05 | 25.06 | 29.07 | 9.09 | 117 |

Виявлено, що найшвидше проходили фенологічні фази росту і розвитку рослини на контрольному варіанті. Тривалість вегетаційного періоду становила 104 дні у 2020 році, та 105 днів у 2021 році (табл. 3.2). Застосування мінеральних добрив відтягувало настання фенологічних фаз. Так, варіанти

Таблиця 3.2

**Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту
Ультра, 2021 р**

| Рівень удобрення | Дата настання фенофази | | | | Тривалість вегетаційного періоду, днів |
|--|------------------------|-------------|----------|--------------------------|--|
| | сходи | бутонізація | цвітіння | Дозрівання (збирання) | |
| контроль | 18.05 | 26.06 | 27.07 | 29.08 | 105 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 18.05 | 26.06 | 27.07 | 3.09 | 109 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 18.05 | 28.06 | 29.07 | 7.09 | 113 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 18.05 | 29.06 | 30.07 | 11.09 | 117 |

досліді із рівнем удобрення N₈₀P₄₀K₈₀ та N₁₂₀P₄₀K₈₀ вступали у фенофази пізніше відносно контролю. Найдовшу тривалість вегетаційного періоду 117 днів, було відмічено за рівня удобрення N₁₂₀P₄₀K₈₀ у роки досліджень. На 4 дні швидше збирали ділянки на варіантах із рівнем удобрення N₈₀P₄₀K₈₀, та на 8 днів варіанти із нормою удобрення N₄₀P₂₀K₄₀



Рис. 3.1. Фаза бутонізації амаранту.

Кількісним і якісним відображенням росту і розвитку рослин, їх життєдіяльності є структура урожайності, яка демонструє, з чого складається величина урожаю.

Встановлено, що рівні удобрення впливали на формування елементів структури врожаю амаранту. Висота рослин та довжина волоті на контрольному варіанті становила 95,5 та 48,6 см, що є найменшими показниками по досліді (табл. 3.3). Застосування мінерального удобрення в нормі $N_{40}P_{20}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{80}$ спричинило збільшення довжини рослин до 103,7 та 106,4 см, а довжини волоті – до 52,6 і 62,1 см відповідно. Найвищі рослини було отримано на дослідній ділянці із рівнем мінерального удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$: висота рослини становила 113,2 см і довжина волоті – 64,5 см, що є на 17,7 і 15,9 см більше контрольного варіанту.

**Елементи структури врожаю сорту амаранту Ультра залежно від
рівнів удобрення, 2020 – 2021 рр.**

| Рівень удобрення | Висота рослини, см | Довжина волоті, см | Маса насіння однієї рослини, г | Маса 1000 насінин, г |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| контроль | 95,5 | 48,6 | 14,5 | 0,718 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 103,7 | 52,6 | 18,4 | 0,721 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 106,4 | 62,1 | 23,8 | 0,724 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 113,2 | 64,5 | 29,4 | 0,725 |

Пропорційно до застосування рівнів мінерального удобрення збільшувалася маса насіння з однієї рослини амаранту. За контрольного варіанту вага зерна становила 14,5 г/рослину, на 3,9 і 9,3 г більше отримали із застосуванням норми N₄₀P₂₀K₄₀ та N₈₀P₄₀K₈₀ відповідно. На дослідній ділянці із внесеною нормою мінерального удобрення N₁₂₀P₄₀K₈₀ було отримано найбільшу масу зерна з однієї рослини амаранту – 29,4 г/рослину, що є 14,9 г/рослину, або у 2 рази, більше контрольного варіанту.

Такий елемент структури урожаю, як маса 1000 насінин є дуже важливим для будь-якої культури, оскільки він характеризує такі показники: крупність насіння і його виповненість. Дані показники впливають на кількісні та якісні ознаки урожаю та використання насіння для посіву. Суттєвої різниці за масою 1000 насінин відмічено не було, всі варіанти дослідів знаходилися в межах 0,718 – 0,725 г. Можемо відмітити лише тенденцію до збільшення маси 1000 насінин за удобрених варіантів.

3.2 Продуктивність амаранту залежно від рівня удобрення

На врожайність зернового амаранту сорту Ультра значний вплив мали погодні умови вегетаційного періоду. Урожайність 2021 року була вищою, ніж 2020 року, оскільки в цей рік склалися більш сприятливі агрометеорологічні умови для вирощування амаранту. Зокрема, у 2020 році за вегетаційний період випало на 130 мм опадів більше відносно середньобагаторічного показника, за середньої температури 15,2 °С. Особливо дощовими видалися період травень – червень.

В 2020 році на контрольному варіанті без мінерального удобрення було отримано 8,2 ц/га зерна (табл. 3.4). За використання мінеральних добрив у нормі $N_{40}P_{20}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{80}$ урожайність зростає до 13,8 та 17,1 ц/га або на 68,3 та 108,5 %.

Таблиця 3.4.

Врожайність амаранту сорту Ультра залежно від рівня мінерального удобрення, 2020 рр.

| Рівень удобрення | Урожайність, ц/га | Приріст урожайності зерна, + | |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|-------|
| | | ц/га | % |
| контроль | 8,2 | - | - |
| $N_{40}P_{20}K_{40}$ | 13,8 | 5,6 | 68,3 |
| $N_{80}P_{40}K_{80}$ | 17,1 | 8,9 | 108,5 |
| $N_{120}P_{40}K_{80}$ | 19,3 | 11,1 | 135,4 |

$НІР_{05}$, ц/га: 2020 р. – 0,53

При застосуванні норми добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$ рівень врожайності насіння амаранту зріс порівняно з контролем на 11,1 ц/га або на 135,4 %, і становив 19,3 ц/га.

Впродовж вегетаційного періоду 2021 року погодні умови були більш сприятливі для вирощування амаранту. За вегетаційний період випало на 73 мм

опадів більше середньо багаторічного показника за середньої температури 14,9°C.

Врожайність зерна амаранту у 2021 році була вищою, ніж у 2020 році, проте закономірність між варіантами збереглася. Найнижчий показник урожайності було отримано за природньої родючості ґрунту на контролі – 8,8 ц/га (табл. 3.5). На 5,7 та 8,8 ц/га зріс рівень урожайності на удобрених варіантах досліду із застосування норм добрив $N_{40}P_{20}K_{40}$ і $N_{80}P_{40}K_{80}$ відповідно. За рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ було отримано найвищий рівень урожайності – 20,6 ц/га, що на 11,8 ц/га або на 134,1 % більше контролю.

Таблиця 3.5.

Врожайність амаранту сорту Ультра залежно від рівня мінерального удобрення, 2021 рр.

| Рівень удобрення | Врожайність, ц/га | Приріст урожайності зерна, + | |
|-----------------------|-------------------|------------------------------|-------|
| | | ц/га | % |
| контроль | 8,8 | - | - |
| $N_{40}P_{20}K_{40}$ | 14,5 | 5,7 | 64,8 |
| $N_{80}P_{40}K_{80}$ | 17,6 | 8,8 | 100 |
| $N_{120}P_{40}K_{80}$ | 20,6 | 11,8 | 134,1 |

HP_{05} , ц/га: 2021 р. – 0,43

В середньому за роки досліджень урожайність сорту амаранту Ультра коливалася від 8,5 до 20,0 ц/га залежно від рівня удобрення. На контролі було отримано найменший урожай зерна – 8,5 ц/га (табл. 3,6). За рівнів удобрення $N_{40}P_{20}K_{40}$ і $N_{80}P_{40}K_{80}$ врожайність зросла на 5,7 та 8,9 ц/га або на 67 та 105 % відносно контрольного варіанту. Найвищий показник врожаю було отримано за норми добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$ – 20,0 ц/га, що є на 11,5 ц/га або на 135 % вище контролю.

**Врожайність амаранту сорту Ультра та окупність добрив залежно від
рівня мінерального удобрення, 2020–2021 рр.**

| Рівень удобрення | Врожайність, ц/га | Приріст урожайності зерна, + | |
|--|-------------------|------------------------------|-----|
| | | ц/га | % |
| контроль | 8,5 | - | - |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 14,2 | 5,7 | 67 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 17,4 | 8,9 | 105 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 20,0 | 11,5 | 135 |

За результатами розрахунку окупності внесених згідно схеми дослідження мінеральних добрив найкращий показник було отримано за норми добрив N₄₀P₂₀K₄₀ – 5,70 кг/кг д.р (рис. 3.1). За удобрення нормою N₁₂₀P₄₀K₈₀ рівень окупності становив 4,79 кг/кг д.р. Найнижчий показник – 4,45 кг/кг д.р. забезпечив рівень удобрення N₈₀P₄₀K₈₀.

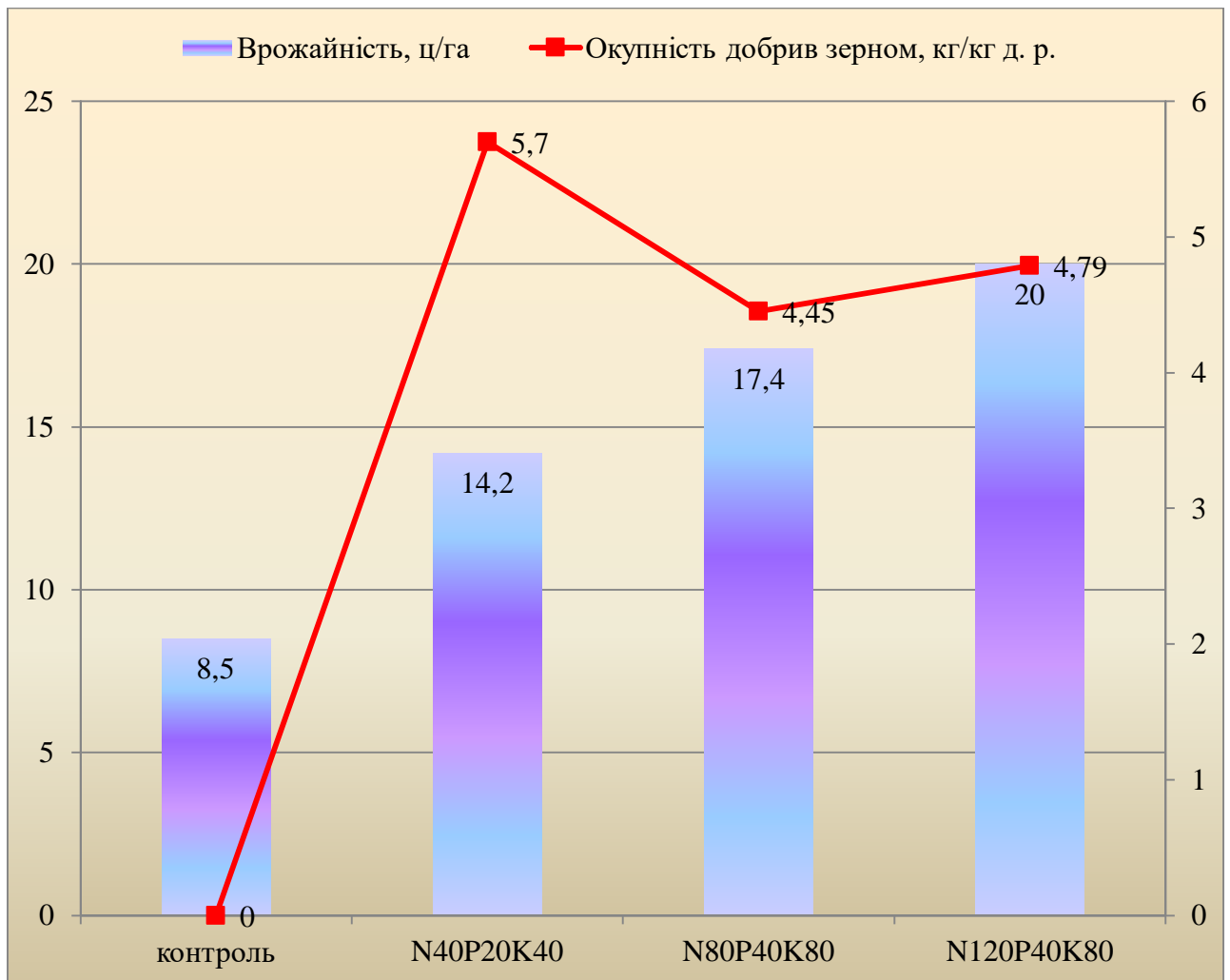


Рис. 3.1. Окупність добрив зерном амаранту сорту Ультра, кг/кг д. р.

Насіння амаранту містить унікальну за своїм складом олію, хоча її вміст у насінні різних видів не перевищує 7-10%. Амарантова олія містить сквален ($C_{30}H_{50}$) - терпеновий вуглеводень, що є важливим компонентом при приготуванні препаратів для косметичного та лікувального призначення, а також для мастильних матеріалів комп'ютерних дисків. Сквален відноситься до найважливіших біологічних активних з'єднань та виконує в організмі роль регулятора ліпідного та стероїдного обміну, будучи попередником цілого ряду стероїдних гормонів, холестерину та вітаміну Д. Сквален - обов'язковий компонент сальних залоз підшкірної клітковини людини і завжди виявляється у шкірних виділеннях.

За результатами наших досліджень встановлено, що на вміст олії в насінні амаранту мали вплив рівні удобрення. Найменшу олійність було отримано на контрольному варіанті – 5,7 % (табл. 3,7). На 0,4 та 0,5 % збільшився вміст олії у насінні амаранту за удобрення мінеральними добривами у нормі $N_{40}P_{20}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{80}$. За використання рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ вміст олійності зріс на 0,8 % і становив 6,5 %.

Інтегральним показником продуктивності амаранту є вихід олії з 1 га. За даними врожайності та олійності зерна амаранту на контрольному варіанті досліді було отримано найнижчий показник – 0,48 ц/га (табл. 3,7). На 0,39 та

Таблиця 3.7

Олійність насіння і вихід олії з одиниці площі амаранту сорту Ультра залежно від рівнів удобрення, 2020 - 2021 рр.

| Рівень удобрення | Олійність насіння, % | Відхилення, % + | Вихід олії з одиниці площі, ц/га | Відхилення, ц/га + |
|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| контроль | 5,7 | - | 0,48 | - |
| $N_{40}P_{20}K_{40}$ | 6,1 | 0,4 | 0,87 | 0,39 |
| $N_{80}P_{40}K_{80}$ | 6,2 | 0,5 | 1,08 | 0,60 |
| $N_{120}P_{40}K_{80}$ | 6,5 | 0,8 | 1,30 | 0,82 |

0,60 ц/га збільшився збір олії за рівнів удобрення $N_{40}P_{20}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{80}$ і становив 0,87 та 1,08 ц/га. Найвищий рівень виходу олії з одиниці забезпечила норма мінерального удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ - 1,30 ц/га, що є на 0,82 ц/га більше контрольного варіанту.

Отже, за результатами досліджень встановлено, що застосування мінерального удобрення подовжувало тривалість вегетації від сходів до

збирання на 6 - 13 днів порівняно з контрольним варіантом. Рівень мінерального удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ забезпечив найвищі показники елементів структури урожаю та продуктивності.

3.3 Економічна та енергетична ефективність вирощування амаранту залежно від рівня удобрення

За сучасних умов ринку актуальним є пошук оптимального шляху використання мінерального удобрення у технології вирощування сільськогосподарських культур. В інтенсивних технологіях найвитратнішою статтю мінеральні добрива.

Економічну ефективність вирощування амаранту формує система показників: вартість продукції з 1га, грн., виробничі затрати на 1 га, грн., собівартість 1 ц продукції, грн., чистий прибуток з 1га, грн., Рівень рентабельності, %.

З огляду на врожайність зерна амаранту на контрольному варіанті було отримано найнижчі показники економічної ефективності. Виходячи з ринкових цін на зерно амаранту станом на 2021 рік – 25 грн/кг було отримано такі показники: вартість продукції – 21250 грн, виробничі затрати – 11600 грн. і отримали чистого прибутку у розмірі 9650 грн (табл. 3.8). Собівартість 1 ц зерна на контролі була найвищою і становила 1365,0 грн, та найнижчий рівень рентабельності - 83,2 %.

Найвищу економічну ефективність забезпечив рівень удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$. Вартість продукції становила 50000 тис. грн. Виробничі затрати за цінами на мінеральні добрива 2020 – 2021 рр. на цьому рівні удобрення становили 18701 грн, відповідно, чистого прибутку було отримано 31299 грн. Собівартість була за цього рівня удобрення була найнижчою по досліді і становила 935,1 грн, тоді як рівень рентабельності був найвищим - 167,4 %.

Таблиця 3.8

Економічна ефективність вирощування амаранту залежно від рівнів удобрення, 2020-2021 рр.

| Рівень удобрення | Врожайність, ц/га | Вартість продукції з 1га, грн. | Виробничі затрати на 1 га, грн | Собівартість 1 ц продукції, грн | Чистий прибуток з 1га, грн | Рівень рентабельності, % |
|--|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| контроль | 8,5 | 21250 | 11600 | 1365,0 | 9650 | 83,2 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 14,2 | 35500 | 14579 | 1026,7 | 20921 | 143,5 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 17,4 | 43500 | 16555 | 951,4 | 26945 | 162,8 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 20,0 | 50000 | 18701 | 935,1 | 31299 | 167,4 |

Таблиця 3.9

Енергетична ефективність вирощування амаранту залежно від рівнів удобрення, 2020-2021 рр.

| Рівень удобрення | Врожайність, ц/га | Енергоємність урожаю з 1 га, млн ккал | Витрати енергії на 1 га, млн ккал | Коефіцієнт енергетичної ефективності, К _{еє} |
|--|----------------------|--|--------------------------------------|--|
| контроль | 8,5 | 4,75 | 2,89 | 1,64 |
| N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀ | 14,2 | 7,93 | 4,54 | 1,75 |
| N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀ | 17,4 | 9,71 | 5,36 | 1,81 |
| N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀ | 20,0 | 11,17 | 6,03 | 1,85 |

Визначання енергетичної ефективності є невід'ємною частиною аналізу технології вирощування сільськогосподарських культур.

Коефіцієнт енергетичної ефективності є основним показником, який показує співвідношення показника енергії отриманої продукції до кількості витраченої на її вирощування.

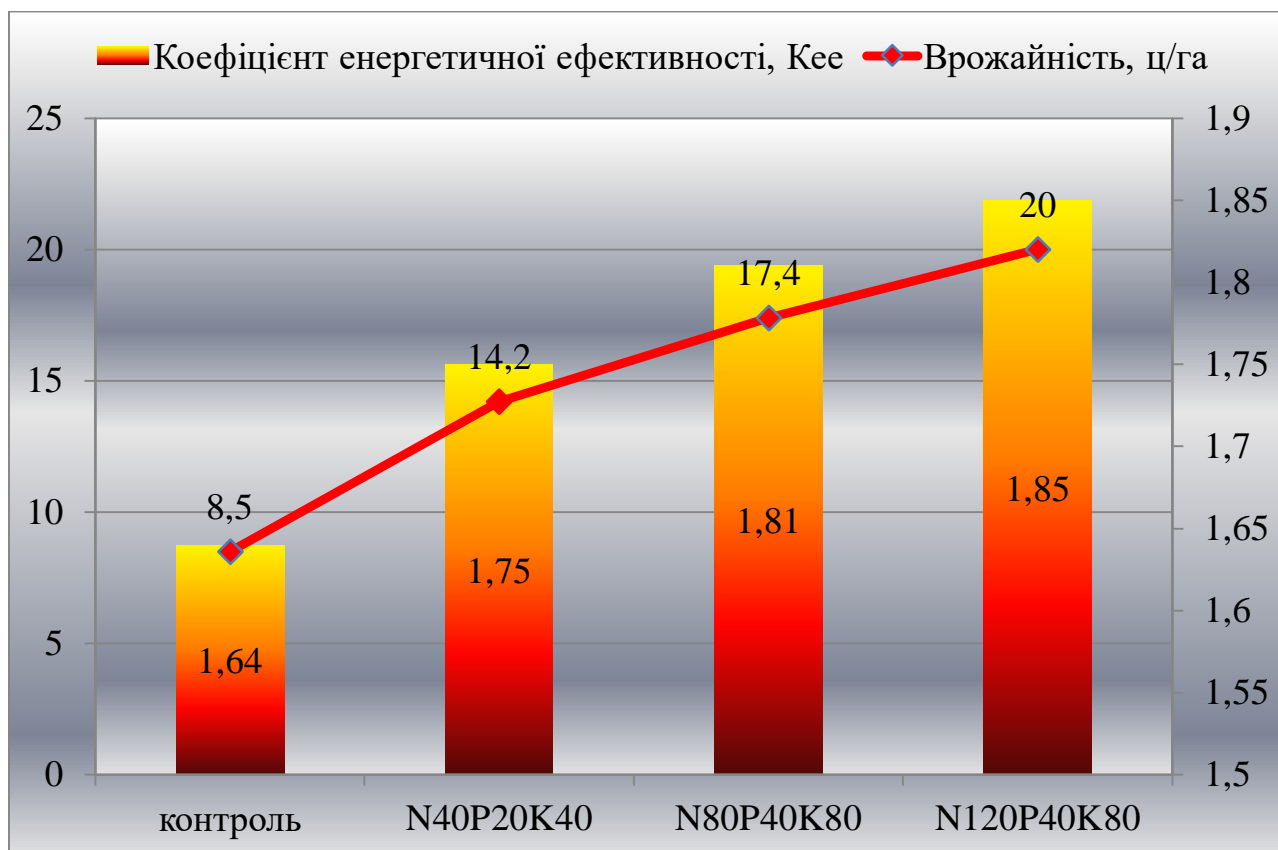


Рис. 3.2. Коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування амаранту залежно від рівнів удобрення, 2020 – 2021 рр.

За результатами наших досліджень, найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності було отримано на варіанті із рівнем удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ – 1,85, що є на 0,21 більше контрольного варіанту. Дещо нижчі показники Кее – 1,81 та 1,75 було отримано за рівня $N_{80}P_{40}K_{80}$ та $N_{40}P_{20}K_{40}$. Найнижчий коефіцієнт енергетичної ефективності забезпечив контрольний варіант – 1,64 (рис. 3.2).

Отже, згідно результатів дослідження, застосування рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ є економічно та енергетично вигідно, оскільки цей варіант забезпечив найвищий прибуток – 31299 грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,85.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На проходження фаз вегетації амаранту мали вплив метеорологічні умови та фон удобрення. Усі досліджувані варіанти встигали пройти цикл розвитку від насіння до насіння. Виявлено, що найшвидше проходили фенологічні фази росту і розвитку рослини на контрольному варіанті. Найдовшу тривалість вегетаційного періоду 117 днів, було відмічено за рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ у роки досліджень.

Встановлено, що рівні удобрення впливали на формування елементів структури врожаю амаранту. Найвищі рослини було отримано на дослідній ділянці із рівнем мінерального удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$: висота рослини становила 113,2 см і довжина волоті – 64,5 см, що є на 17,7 і 15,9 см більше контрольного варіанту. З цього ж варіанту було отримано найбільшу масу зерна з однієї рослини амаранту – 29,4 г/рослину, що є 14,9 г/рослину, або у 2 рази, більше контрольного варіанту.

На врожайність зернового амаранту сорту Ультра значний вплив мали погодні умови вегетаційного періоду. Найвищий показник врожаю було отримано за норми добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$ – 20,0 ц/га, що є на 11,5 ц/га або на 135 % вище контролю.

За результатами розрахунку окупності внесених згідно схеми досліді мінеральних добрив найкращий показник було отримано за норми добрив $N_{40}P_{20}K_{40}$ – 5,70 кг/кг д.р. За удобрення нормою $N_{120}P_{40}K_{80}$ рівень окупності становив 4,79 кг/кг д.р. Найнижчий показник – 4,45 кг/кг д.р. забезпечив рівень удобрення $N_{80}P_{40}K_{80}$.

На олійність насіння амаранту мали вплив рівні удобрення. Найменшу олійність було отримано на контрольному варіанті – 5,7 %. На 0,4 та 0,5 % збільшився вміст олії у насінні амаранту за удобрення мінеральними добривами у нормі $N_{40}P_{20}K_{40}$ та $N_{80}P_{40}K_{80}$. За використання рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ олійність зросла на 0,8 % і становила 6,5 %, вихід олії - 1,30 ц/га.

Застосування рівня удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$ є економічно та енергетично вигідно, оскільки цей варіант забезпечив найвищий прибуток – 31299 грн/га та коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,85.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Західного Лісостепу на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах ННДЦ Львівського НАУ для отримання врожайності зерна амаранту на рівні 20,0 ц/га і більше, олійності 6,5 % та виходу олії 1,30 ц/га, доцільно висівати ультраранній сорт Ультра за рівня мінерального удобрення $N_{120}P_{40}K_{80}$.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Артеменко С. Ф., Дудка М. І. Організація зеленого конвеєра. *Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України*. Київ : Аграрна наука, 2004. С. 386–389.
2. Борона В. П., Карасевич В. В. Шкідливість бур'янів і боротьба з ними в посівах амаранту *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 63–64.
3. Бугайов В. Д., Юрчак А. Я., Прокопенко Л. С. Деякі особливості вирощування амаранту мітелчатого на кормові цілі. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 43–45.
4. Варламова К. А., Приходько Е. А., Приходько Ю. А. Модель посівного кормопроизводства с привлечением нетрадиционных кормовых культур. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 6. С. 77– 80.
5. Варламова К. А., Приходько Ю. А., Приходько Е. А. Интенсивные кормовые культуры в системе полевого кормопроизводства. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2001. Вип. 47. С. 122–124.
6. Войташенко Д. П., Лавренко С. О. Вплив строку сівби на ріст та розвиток рослин амаранту зернового напрямку в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Айлан, 2006. Вип. 44. С. 89–93.
7. Войташенко Д. П. Оптимізація елементів технології вирощування амаранту зернового напрямку в умовах південного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 / Херсонський держ. аграр. ун-т. Херсон, 2008. 16 с.
10. Войташенко Д. П. Технология вирощування амаранту зернового напрямку в умовах півдня України. *Географічні інформаційні системи в аграрних університетах* : матеріали міжнар. наук.-метод. конференції. Херсон : Айлант, 2006. С. 17.

11. Гопцій Т. И., Воронков Н. Ф., Григорьев В. И. Амарант : возделывание, перспективы использования. *Укр. НТИ*. Харьков, 1992. 29 с.
12. Гопцій Т. И., Наумов Г. Ф. Амарант – высокобелковое растение. *Вестник агропромсовета*. Харьков, 1990. № 2. С. 13–14.
13. Гопцій Т. І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція : монографія. Харків, 1999. 273 с.
14. Горбенко І. Я., Шуль Д. І., Лук'яненко Л. І. Вплив мінеральних добрив та строків скошування на хімічний склад і поживність зеленої маси амаранту. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 56–57.
15. Горбенко І. Я., Шуль Д. І., Оринян І. Р. Кукурудзо-амарантові сумішки. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : перша Всеукраїнська наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 56–57.
16. Гусев М. Г., Войташенко Д. П. Продуктивність амаранту зернового напрямку залежно від способу сівби та норми висіву. *Зрошуване землеробство*. Херсон : Айлант, 2006. Вип. 46. С. 109–112.
17. Демідась Г. І. Проміжні культури – важливий резерв збільшення виробництва рослинного білка. *Корми і кормовиробництво* : міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2002. Вип. 48. С. 43–46.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416с.
8. Дудка М. І. Вплив строків збирання амаранту на його насінневу продуктивність в умовах північного Степу України. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2001. № 17. С. 76–77.
9. Дудка М. І. Кормова продуктивність ранніх ярих агрофітоценозів залежно від видового складу при вирощуванні на зелений корм в північному Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2014. № 7. С. 84–89.

19. Дудка М. І. Кукурудза + амарант на зелений корм. *Агроном*. 2014. № 4 (46). С. 190–193.
20. Дудка М. І. Порівняльна урожайність одновидових і сумісних пізніх ярих агрофітоценозів з амарантом при вирощуванні на зелений корм в північному Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2014. № 6. С. 57–60.
21. Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив строків збирання і висоти скошування на кормову продуктивність і отавність амаранту. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2003. №№ 21–22. С. 101–105.
22. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія. 2005. 288 с.
23. Ковбасюк П. Амарант в інтенсифікації кормовиробництва. *Пропозиція*. 2002. № 10 С. 38–39.
24. Ковбасюк П. Високопродуктивний зелений конвеєр – гарантія повноцінної годівлі тварин. *Пропозиція*. 2000. №7. С. 33–36.
25. Когут С. Г., Яковенко Т. М. Оптимізація площі живлення та її конфігурації для росту рослин амаранту у Південному Степу. *Аграрний вісник Причорномор'я : зб. наук. праць Одеського ДАУ*. Одеса, 2004. Вип. 26. Ч. 2. С. 41–44.
26. Криворученко О. М., Гопцій Т. І., Воронов М. Ф. Вихідний матеріал для створення сортів лійного амаранту. *Современные вопросы создания и использования сортов и гибридов масличных культур* : сб. тезисов международной конференции. Запорожье, 2002. С. 23.
27. Мамаджанова М. К., Сафаров К. С. Водный режим и продуктивность амаранта. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*: материалы IV междунар. симпоз. (Москва). Москва : Изд-во Рос. университета дружбы народов, 2001. Т. 1. С. 79–83.

28. Мартиросян В. В., Диденко У. Н. Пищевая и биологическая ценность семян амаранта. *Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг)* : материалы I Международной наук.-практ. конф., Москва : Арес, 2002. С. 186–188.
29. Маткевич В. Т., Маткевич А. П., Смалиус В. М. та ін. Стан і перспективи розвитку кормовиробництва в північному Степу України. *Корми і кормовиробництво*: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2003. Вип. 50. С. 10–15.
30. . Медведовський О. Н., Ярошенко С. І. Технологія сумісного вирощування кукурудзи та амаранту на силос. *Аграрна наука – виробництво*. 2000. № 4. С. 16.
31. . Панюкова О. О., Войташенко Д. П. Удобрення амаранту. *Методичні рекомендації по ефективному використанню добрив*. Херсон : Айлант, 2005. 18 с.
32. Папкова С. Н. Фонофорез амарантового масла при лечении некоторых заболеваний слизистой оболочки полости рта. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования* : материалы второго междунар. симпозиума. РФ. Пущино, 1997. С. 152–153.
33. Петриченко В. Ф. Наукові основи розвитку адаптивного кормовиробництва в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 1. С. 5–10.
34. Підгорна Л. Г., Дудка М. І. Вплив способів сівби і норм висіву на кормову і насіннєву продуктивність тифону. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 148–152.
35. Підпалій І. Ф., Когут В. Ф., Клекот М. І. Післяжнивні посіви на зрошуваних землях Центрального Лісостепу УРСР. *Корми і кормовиробництво*. 1991. Вип. 31. С. 38–41.
36. Пістун І.П. Охорона праці в сільському господарстві (рослинництво): навчальний посібник / І.П. Пістун, А.П. Березовецький, С.А. Березовецький. -Суми: Університетська книга, 2009. - 368 с.

37. Підпалій І. Ф., Шелест В. К., Когут В. Ф., Клекот М. І. Кормові культури на меліорованих землях Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 1999. Вип. 46. С. 154–161.
38. Побережна А. А., Радченко Л. Г., Мацютевич В. С. Трансформування посівів кормових культур і виробництва кормів та кормового білку в період реформування АПК. *Корми і кормовиробництво*. 2002. Вип. 48. С. 206–209.
39. Рахметов Д., Рибалко Я. Амарант знову нагадує про себе. *Пропозиція*. 2005. № 2. С. 67–68.
40. Рудишин В. К. Способи посіву амаранту волотистого. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : перша Всеукраїнська наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 48.
41. Рудишин В. К., Дерев'янський В. П., Молдован В. Г. Ріст та розвиток рослин амаранту волотистого залежно від строку посіву *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 49–50.
42. Рябошапка Н. Н., Савенко Н. М., Кушнір В. М. и др. Экономический справочник растениевода юга Украины. Одесса : Маяк, 1985. 191 с.
43. Самохин Г. М. Редька масличная – перспективная кормовая культура. Новые культуры в народном хозяйстве и медицине. Киев : Наукова думка, 1976. Ч. 2. С. 50–51.
44. Слонов Л. Х., Шугушева Л. К. Эколого-физиологические особенности интродуцирования образцов амаранта. *Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье* : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. Симферополь, 1998. С. 238.
45. Снеговой В. С. Промежуточные культуры и урожай последующих культур. *Земледелие*. 1984. №3. С. 53.
46. Снеговой В., Кузьменко А. Промежуточные посевы в Молдавии. *Корма*. 1976. № 4. С. 38.

47. Тетерина Е. Н. Предварительное изучение продуктивности амаранта метельчатого в богарных условиях юга Украины. *Кормовые растительные ресурсы – фактор НТП в кормопроизводстве*. Киев, 1989. С. 51.
48. Тимонин А. К. О строении устричного аппарата некоторых представителей семейства *Amaranthus L.* *Вестник Московского университета*, 1984. Сер. 16. № 2. С. 16–19.
49. Тимонин А. К. Строение первичной проводящей системы стебля некоторых видов *Amaranthus L.* *Вестник Московского университета*, 1984. Сер. 16. № 2. С. 19–23.
50. Тимонин А. К. Строение устьичных аппаратов вегетативных органов некоторых видов *Amaranthaceae L.* *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. биол.* Москва, 1985. Т. 90. Вып. 3. С. 84–89.
51. Тищенко К. Н., Никитин Д. Б., Кунаева Л. К. Некоторые физиолого-биохимические характеристики углеводного и азотного метаболизма на свету у представителей рода *Amaranthus*. *Вестник Ленинградского ГУ*, 1989. Сер. 3. Вып. 3. С. 70.
52. Турцева Н. В., Шамова И. Г. Исследование динамики накопления пигментов у амаранта багряного при разной плотности посева. *Изучение и оптимизация агроэкосистем в условиях повышения их продуктивности и устойчивости* : сб. научн. трудов Казанского университета. Казань : Казанск. ун-т, 1989. С. 9–10.
53. Фисун М. Н., Гринько С. В. Амарант на пойменных почвах. *Амарант: агроэкология, переработка, использование*. Казань, 1991. С. 5–6.
54. Фисун М. Н., Гринько С. В., Куныжев Р. Использование амаранта в полевом кормопроизводстве. *Возделывание и использование амаранта в СССР* : сб. научн. трудов Казанского университета. Казань : Казанский ун-т, 1991. С. 56–60.
55. Цандур М. О. Погляди на сучасне та майбутнє кормовиробництво. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 6. С. 5–6.

56. Царик З. А. Перспективы использования зерна амаранта в производстве мясных изделий. *Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье* : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. Симферополь, 1998. С. 667.
57. Черенков А. В., Краснєнков С. В., Дудка М. І. Продуктивність і отавність амаранту при різних строках збирання на зелений корм. *Бюлетень Інституту зернового. господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2002. №№ 18–19. С. 96–100.
58. Черенков А. В., Рибка В. С., Компанієць В. О., Кулик А. О., Ковтун О. В. Нормативно-методичний довідник по обґрунтуванню виробничих затрат в зерновому господарстві Степу України /за ред. Черенкова А. В., Рибки В. С. Дніпро : ДУ Інститут зернових культур НААН України. 2017. 244 с.
59. Шевченко Е. М. Возделывание амаранта без орошения на чернозёмных почвах Саратовского правобережья. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования* : материалы второго междунар. симпозиума. РФ. Пущино, 1997. С. 149.
60. Шелест В. К., Підпалій І. Ф., Бернадський І. В. Норма висіву насіння, ширина міжрядь та чутливість до зрошення амаранту волотистого в Центральному Лісостепу. *Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі* : перша Всеукраїнська наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 40–41.
61. Шлапунов В. Н., Лукашевич Т. Н. Зелёный конвейер может «работать» дольше. *Кормопроизводство*. 1984. № 6. С. 27–28.
62. Шлефрин В. И., Селиванова Т. И. Экономическая оценка эффективности производства и использования кормов. *Кормопроизводство*. 1992. № 4. С. 2–6.
63. Шмалько Н. А., Бочкова Л. К., Росляков Ю. Ф. Перспективы использования вторичных продуктов комплексной переработки семян амаранта в хлебопечении. *Хранение и переработка зерна*. 2004. № 1 (55). С. 47–48.

64. Щербаков В. Я., Яковенко Т. М., Когут С. Г. Вирощувати амарант – економічно вигідно. *Пропозиція*. 2003. № 3. С. 34–35.
65. Якунін О. П., Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив способів розміщення і співвідношення компонентів на продуктивність сумісних посівів кукурудзи з амарантом на зелений корм. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2005. №№ 26–27. С. 209–212.
66. Ярошевич М. И. Высокобелковая кормовая культура амарант. *Сельское хозяйство Белоруссии*. 1989. № 4. С. 11.
67. Ярошевич М. И., Клещукевич Б. Б., Лобан С. Е. Амарант – перспективная кормовая культура. Минск : Бел. НИИНТИ, 1988. 4 с.
68. Ярошенко В. В., Терещенко П. К. Яровые промежуточные посевы повышают продуктивность полей. *Кормопроизводство*. Киев : Урожай, 1982. № 4. С. 25–27.
69. Abbot J. A., Campbell T. A. Sensory evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.). *Hort. Science*. 1982. Vol. 17. P. 409–410.
70. Acar W., Vohra P. Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens. *Poultry Science*. 1988. Vol. 67 (8). P. 1166–1173.
71. Amaranth: origin, botany and varieties India. <https://www.biologydiscussion.com/vegetable-breeding/amaranth-origin-botany-and-varieties-india/68696>. Дата звернення 24.09.2021
72. Bachthaler G., Ullsperger A., Rees H. Biologische, aecologische und pflanzenbauliche Einflüsse auf Entwickelung und verbreitung des Ackerkrautes Rauhaariger Amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Naechrichtenbe. Deut Pflanzenschutzd.* 1988. Vol. 4. № 118. P. 161–170.
73. Baltensperger D. David and Frickel Glen. Nebraska proso, sanflower and amaranth variety tests. 1991. 13 p.
74. Becker R. Preparation, composition and nutritional implications of amaranth seed oil. *Cereal Foods World*. 1989. Vol. 34. P. 950–953.
75. Becker R., Wheeler E., Lorenz K. A composition study of amaranth grain. *J. Food Sci.* 1981. Vol. 46. P. 1175–1180.

76. Betschart A. A. *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J. Food Sci.* 1981. Vol. 46. P. 1181–1187.
77. Bressani R. Development of 100 % amaranth food. *Rodale Press.* 1984. № 6. P. 8–19.
78. Broekaert W. F., Marien W., Terras F. R. G. Antimicrobial peptides from *amaranthus caudatus* seeds with sequence homology to the cysteine glycine – rich domain of chitin binding proteins. *Biochemistry.* 1992. Vol. 31. N 17. P. 4308–4314.
79. Bykov O., Koshkin V., Catsky J. Carbon dioxide compensation concentration of C₃ and C₄ plants depends on temperature. *Photosynthetic.* 1981. Vol. 15. P. 113.
80. Chaboud A., Rougier M. Secretions mucilagineuses et role dans la rhizosphere. *Ann. Boil.* 1981. V. 20. N 4. P. 313–326.
81. Chairatanayuth P. Inclusion of amaranth crop residue in diets for cattle. *Ruminant feeding systems utilizing fibrous agriculture residues* / In Dixon R. M. (ed) Proceedings of the Fifth Annual Workshop of the Australia – Asian Fibrous Agricultural Residues Research Network held in Balai Penelitian Ternak, Ciawi, Bogor, 13–17 April, 1985. International Development Program of Australian Universities and Colleges Ltd. Australia, Canberra. 1986. P. 131–135.
82. Connor J. K., Gartner R. G. W., Runge R. M. *Amaranthus edulis*: an ancient food source re-examined. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry.* 1980. Vol. 20 (103). P. 156–161.
83. Correa A. Estuda da hroteina e de qutros contirudentes da semente de algumas especies del amaranto. Brazill : Federal Univ., 1983. 78 p.