

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

**А М А Р А Н Т :  
СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА  
ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
ВИРОЩУВАННЯ**

Монографія

Харків – 2018

УДК 633.39:(631.527:631.5)  
А61

*Рекомендовано до друку рішенням  
ученої ради ХНАУ ім. В.В. Докучаєва  
(протокол № 2 від 15 травня 2017 р.)*

Автори:

**Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, М.А. Бобро, Л.О. Мірошниченко,  
С.В. Лиманська, О.В. Гудим, Н.Б. Гудковська, Ю.В. Дуда**

Рецензенти:

- Л.Н. Кобизєва**, д-р с.-г. наук, ст. наук. співробітник, заступник директора з наукової роботи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва;  
**С.І. Попов**, д-р с.-г. наук, професор, ст. наук. співробітник Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва;  
**А.О. Рожков**, д-р с.-г. наук, професор, завідувач кафедри рослинництва Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва

А61 Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, М.А. Бобро та ін. – Харків: ХНАУ, 2018. – 362 с.

ISBN 978-966-2741-70-4

Висвітлено господарське значення амаранта, історію культури, її ботанічну характеристику, систематику, генетику ознак і молекулярну генетику. Розкрито біологічні та фізіологічні особливості амаранта, хвороби і шкідників. Сформульовано наукові основи вирощування культури в умовах Лівобережного Лісостепу України. Наведено характеристику листостеблової маси і зерна амаранта, їх хімічний склад, позитивні властивості та перспективи використання. Доведено ефективність селекційної роботи з амарантом, доцільність використання для одержання вихідного матеріалу радіаційного та хімічного мутагенезу.

Розраховано на наукових працівників і виробничників, які займаються селекцією, вирощуванням та переробкою зеленої маси і зерна амаранта. Видання також буде корисним для аспірантів і студентів.

**УДК 633.39:(631.527:631.5)**

© ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, 2018  
© Гопцій Т.І., Воронков М.Ф., Бобро М.А.  
та ін., 2018

ISBN 978-966-2741-70-4

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів і скорочень.....	6
Вступ.....	8
Розділ 1. РОЛЬ АМАРАНТА У СВІТОВИХ КОРМОВИХ І ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСАХ.....	10
1.1. Історія, систематика, походження та умови природного існування.....	10
1.2. Стан, перспективи та проблеми введення в культуру амаранта в Україні.....	17
Розділ 2. ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ ЗЕРНОВИХ ВИДІВ АМАРАНТА І ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦІЙНИХ ПРОГРАМАХ РОСЛИНИ.....	45
2.1. Генетичні маркери в генетико-селекційних програмах амаранта.....	45
2.2. Особливості алозимної мінливості зернових видів амаранта .....	52
2.3. Міжвидовий і внутрішньовидовий поліморфізм ізоферментів амаранта.....	59
2.4. Використання молекулярно-генетичних маркерів для оцінки генетичного різноманіття зернових видів роду <i>Amaranthus</i> L. ....	62
2.4.1. RAPD-аналіз поліморфізму ДНК амаранта.....	62
2.4.2. Аналіз поліморфізму міжмікросателітних послідовностей ДНК за допомогою ISSR-маркерів....	69
2.5. Оцінка внутрішньовидового і внутрішньопопуляційного поліморфізму ДНК амаранта з використанням RAPD- і ISSR-маркерів.....	74
2.6. Генетична дивергенція зернових видів амаранта.....	77
2.6.1. Оцінка диференційної здатності ізоферментних маркерів в амаранта.....	77
2.6.2. Аналіз філогенетичних відносин між зерновими видами з використанням RAPD-маркерів.....	80
2.6.3. Використання ISSR-маркерів для диференціації генотипів колекції амаранта.....	83
2.6.4. Комплексна оцінка філогенетичних відносин зернових видів амаранта за біохімічними і молекулярними маркерами.....	86

Розділ 3. БІОЛОГІЧНИЙ, АДАПТИВНИЙ І ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОДУ <i>AMARANTHUS</i> L. ТА ШЛЯХИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	89
3.1. Система запилення в амаранта .....	91
3.2. Мегаспорогенез і розвиток жіночого гаметофіту.....	92
3.3. Мікроспорогенез і розвиток чоловічого гаметофіту ....	93
3.4. Біологія цвітіння та плодоутворення.....	99
3.5. Морфобіологічні особливості та вимогливість амаранта до факторів довкілля.....	103
3.6. Рівень реалізації біологічного потенціалу амаранта залежно від метеорологічних факторів.....	128
3.7. Екологічна пластичність і стабільність продуктивності видів амаранта.....	149
3.8. Інтродукційна стійкість і перспективність введення в культуру деяких видів амаранта.....	156
Розділ 4. ОСОБЛИВОСТІ ПОЛІПШЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО ЦІННИХ ОЗНАК АМАРАНТА У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ВВЕДЕННЯМ ЙОГО В КУЛЬТУРУ В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	164
4.1. Види вихідного матеріалу та його одержання .....	164
4.2. Характер успадкування деяких морфологічних і господарсько цінних ознак в амаранта.....	175
4.3. Особливості поліпшення господарсько цінних ознак в амаранта.....	177
4.4. Індукований мутагенез і його значення для селекції амаранта.....	186
4.4.1. Вплив мутагенних факторів на ріст і розвиток рослин $M_1$ .....	192
4.4.2. Особливості цитологічного аналізу хромосомних перебудов у корінцях амаранта під впливом мутагенних факторів і розробка методики приготування тимчасових давлених препаратів.	203
4.4.3. Вплив мутагенних факторів на виникнення морфозів та мутацій у рослин амаранта .....	210
Розділ 5. ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ ВИДІВ АМАРАНТА, ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ УМОВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ, ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ.....	220

5.1. Строки сівби та їх вплив на формування продуктивності рослин амаранта.....	221
5.2. Щільність агроценозу і вплив норми висіву на рівень реалізації продуктивності амаранта.....	225
5.3. Рівень реалізації продуктивності амаранта залежно від застосування добрив.....	248
5.4. Польова схожість насіння амаранта залежно від агроекологічних факторів.....	271
5.5. Використання амаранта в двохукісній культурі і строки збирання зеленої маси.....	277
Розділ 6. ХВОРОБИ І ШКІДНИКИ АМАРАНТА.....	282
Розділ 7. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ТА НАСІННЯ АМАРАНТА В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	288
ВИСНОВКИ.....	298
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	303

## Перелік умовних позначень, символів і скорочень

ХНАУ – Харківський національний аграрний університет  
ім. В.В. Докучаєва

Дні × °С – градусо-дні

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ІЛП – індекс листової поверхні

$\bar{X}$  – середня арифметична

s – стандартне відхилення

Sx – абсолютна помилка середньої арифметичної

Sv – помилка коефіцієнта варіації

Фі – показник аномальності

ЛПК – ліпопротеїновий комплекс

ЕІ – етиленімін

ІП – індекс утворення виразок

МДж – мегаджоуль

ОЕ – обмінна енергія

ПА – протекторна активність

$\chi^2$  – хі-квадрат (критерій Пірсона)

b<sub>i</sub> – коефіцієнт пластичності

S<sup>2</sup><sub>i</sub> – коефіцієнт стабільності

I<sub>j</sub> – індекс середовища

6-PGD – 6-фосфоглюконатдегідрогеназа

ААТ (GOT) – аспартатамінотрансфераза

АСРН – кисла фосфатаза

ADH – алкогольдегідрогеназа

EST – анодна естераза

EDTA – ethylene diamine tetraes acid, C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>×Na<sub>2</sub>×2H<sub>2</sub>O

GDH – глутаматдегідрогеназа

G<sub>j</sub> – показник вкладу фактора

LAP – лейцинамінопептидаза

ISSR – Inter-Simple Sequence Repeats, міжмікросателітні повтори

MDH – НАД-залежна малатдегідрогеназа

ME – НАДФ-залежна малатдегідрогеназа, малік-ензим

PGI – фосфоглюкоізомераза

PVP – polyvinylpirrolidone, полівінілпіролідон

RAPD – Random Amplified Polymorphic DNA, випадково ампліфікована поліморфна ДНК

SCAR – Sequence Characterized Amplified Region, маркери до

відомих ділянок геному

SKDH – шикілат-дегідрогеназа

XDH – ксантіндегідрогеназа

БАК – білково-амінокислотного концентрату

ВТБ – вітамінно-трав'яне борошно

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ДТТ – D,L-дитіотриетол,  $C_4H_{10}O_2S_2$

ЛБК – білковий концентрат з листків

МТТ – 3-(4,5-диметилтіазолін-2)-2,5 дифенілтетразолій бромід

НАД – нікотинаміддинуклеотид

НАДФ – нікотинаміддинуклеотидфосфат

ПААГ – поліакриламідний гель

ПЛР – полімеразна ланцюгова реакція

ФМС – феназинметасульфат

## ВСТУП

Ефективне і раціональне використання рослинних ресурсів – одна з найважливіших проблем сучасності. Шляхом впровадження нових рослин можна вирішити ряд проблем сільськогосподарського виробництва, однією з яких є дефіцит білка. До таких рослин відноситься амарант – «містичне зерно ацтеків», який протягом тисячоліть був годувальником стародавніх цивілізацій американського континенту – інків і ацтеків [448].

Значну увагу вчених амарант привернув у 1972 р., коли австралійський фізіолог рослин Д. Даунтон установив, що амарант належить до групи рослин з високоінтенсивним фотосинтезом С<sub>4</sub>-типу і утворює велику кількість білка, багатого на лізин, метіонін і триптофан. Сьогодні амарант – це цінна кормова, зернова, овочева та лікарська рослина, доцільність вирощування якої підтверджена роботами багатьох науковців [14–15; 36; 39–40; 43; 68; 71–72; 74; 81; 84; 92; 165; 173; 185; 194; 204; 206; 235–237; 246–248; 270; 303; 315; 318; 320; 333; 336; 370; 396; 429; 431; 526].

Зелену масу амаранта можна використовувати у тваринництві як у свіжому вигляді, так і для приготування силосу та білково-вітамінного концентрату. За амінокислотою збалансованістю листя амаранта наближається до листя люцерни і відрізняється вищим вмістом лізину порівняно з буркуном і деякими іншими бобовими культурами. Протеїн листків амаранта близький до ідеального протеїну для відгодівлі свиней.

Білок насіння амаранта має високу харчову цінність завдяки високому вмісту амінокислот, що робить його особливо ефективним під час відгодівлі бройлерів. Також з насіння можна отримати олію, яка містить до 8 % сквалену і відрізняється бактерицидною активністю та протипухлинним ефектом.

Дослідженнями американських вчених встановлено, що в насінні амаранта міститься крохмаль, гранули якого надзвичайно дрібні, мають велику площу поверхні на 1 г, високу адсорбувальну здатність і можуть проходити через аерозольні наконечники. Тому їх можна використовувати в неалергічних аерозолях, як наповнювачі в харчових продуктах або замінювачі тальку для косметичних цілей [590].

Продукти харчування, одержані з насіння цієї рослини, запобігають шкідливим мутаціям у дітей і атеросклерозам у літніх людей. Молоді паростки і листя амаранта надзвичайно багаті на



амінокислоти, каротин, мікро- і макроелементи, вітаміни (А, С, рибофлавін і фолієву кислоту), йдуть на виготовлення дуже поживних і лікувальних салатів та інших страв. Зелень амаранта корисна ще й тим, що виводить з організму радіонукліди та важкі метали. Деякі види амаранта, з гарно забарвленими листками і звисаючим суцвіттям, здавна застосовують у декоративному садівництві.

Заслуговує на увагу амарант ще й тому, що витрачає у 2-3 рази менше води на утворення одиниці органічної речовини порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами.

Сьогодні цією рослиною цікавиться весь світ. У дієтичних магазинах США вже зараз можна купити печиво, пасту, заморожені хлібці – близько чотирьох десятків продуктів, які містять добавки з амаранта. Продають також зерно, борошно, олію, крохмаль, біомасу для виробництва фуражу й етанолу. У Китаї під амарантом зайнято понад 100 тис. га. В Індії, Мексиці, Перу, Сальвадорі, Чилі, Нігерії за його допомогою намагаються вирішити проблему харчового білка [63; 431].

Експертами ООН з продовольства амарант названо найбільш перспективною зерновою культурою XXI ст. [181; 233; 411]. На думку одного з найактивніших його пропагандистів американця Лемана, питання полягає вже не в тому, чи стане амарант провідною сільськогосподарською культурою світу, а в тому, коли він нею стане.

Однак введення амаранта в культуру в умовах Лівобережного Лісостепу України вимагає визначення його місця в структурі кормових і продовольчих ресурсів, обґрунтування агроекологічних і технологічних основ вирощування, виявлення видів з високим адаптивним потенціалом та високою здатністю реалізації продуктивності, створення сортів відповідних напрямків використання, розробки технології вирощування.

## Розділ 1

# РОЛЬ АМАРАНТА У СВІТОВИХ КОРМОВИХ І ПРОДОВОЛЬЧИХ РЕСУРСАХ

Головна особливість землеробства України на сучасному етапі полягає у виробництві продукції рослинництва при обмежених витратах антропогенної енергії і збереженні довкілля від процесів деградації та забруднення [345].

Вирішення цієї проблеми можливе шляхом упровадження нових та малопоширених кормових, овочевих, зернових і лікарських рослин, агроценози яких завдяки значному адаптивному потенціалу забезпечують високий рівень реалізації продуктивності при мінімальних енергетичних витратах і здійснюють позитивний біогеоценотичний вплив на елементи родючості ґрунту. До таких рослин належить амарант – рослина забутих цивілізацій.

### 1.1. Історія, систематика, походження та умови природного існування

У книзі «Слідами Робінзона» відомий учений, академік М.М. Верзилін так описує цю рослину: «А ось дивна рослина, у якої з кінця гілля спускаються довгі пурпурно-зелені, темно-малинові або бурякового кольору оксамитові китиці-батого». Такі суцвіття характерні для амаранта хвостатого. «Амарантос» у перекладі з грецької означає «такий, що не псується». Висушений амарант може зберігатися всю зиму, за що його назвали «зимовим другом людей». У стародавніх греків амарант був символом безсмертя. А шведська королева Христина в 1653 р. навіть заснувала орден кавалерів Амаранта [401].

Виявляється, що у цієї рослини особлива біографія. Тисячоліття тому це був справжній годувальник американського континенту. «Дар богів» – так називали амарант інки і ацтеки. Адже для них він був головною культурою, яку вирощували тисячами тонн у Мексиці і Центральній Америці.

Завоювавши столицю ацтеків Теночтітлан (1521 р.), конкістадори помітили, що індіанці під час своїх ритуальних церемоній приносили в жертву богам не тільки людей, а й своєрідну кашу. Крупа з невідомого насіння була змішана з темним медом і забарвлена людською кров'ю, що уособлювало тіло і кров головного

бога ацтеків Уїтцилопочтіса. Причому ацтеки охоче з'їдали і цю кров'янисту кашу, і відварені листки з тієї ж рослини. Під страхом смертної кари іспанці заборонили сіяти «насіння диявола» і потім жорстоко переслідували всіх, хто насмілювався його вирощувати. З часом рослину, котра поряд з маїсом і бобами була одним із джерел харчування інків, майже забули [401].

Згадали про амарант на початку ХХ ст., коли вчені занепокоїлися зростанням кількості населення на планеті і почали шукати рослину, спроможну нагодувати людство. У тридцятих роках вивченням амаранта займалися і в колишньому СРСР. Зокрема, М.І. Вавилов, збираючи колекцію насіння культурних рослин світу, звернув увагу на амарант [38]. Протягом 1931–1941 рр. Г.Н. Шликов вивчав біля 260 зразків 35 видів амаранта, щоб знайти серед них нові круп'яні, кормові та силосні види [424]. На основі проведених досліджень було встановлено, що такі види амаранта, як *A. caudatus* та *A. paniculatus* мають високий рівень врожайності зеленої маси та зерна і можуть бути включені до складу культурної флори СРСР. Але наприкінці 40-х років дослідження в цьому напрямі були припинені, а амарант оголосили чужорідною рослиною, за допомогою якої агенти імперіалізму хочуть знищити колгоспні лани. Так удруге за багатотисячолітню історію амаранту було винесено смертний вирок.

Відродження цієї культури в сучасних умовах є результатом розуміння таких важливих її властивостей, як стійкість до умов довкілля, цінність зеленої маси та зерна, пристосованість до вирощування в умовах малого зрошення, що дуже важливо в наш час, коли відбувається скорочення площ під сільськогосподарськими культурами, зменшення водних ресурсів в усьому світі. У зв'язку із цим амарант почав набувати широкої популярності на Заході. Незважаючи на значний інтерес до цієї культури вчених усього світу, ще дуже багато питань, пов'язаних з біологією, генетикою, вирощуванням і селекцією амаранта, залишаються невивченими.

На думку деяких учених (Saunders, Becker [590]) родина *Amaranthaceae* (дводольні, порядок *Caryophyllales*) налічує близько 60 родів і майже 800 видів однорічних та багаторічних трав'янистих рослин. Інші науковці, зокрема Н.Г. Шликов [424], нараховують близько 850 видів. Рід *Amaranthus* включає близько 80 видів. Серед ботаніків немає одностайної думки щодо класифікації роду *Amaranthus*. Питання внутрішньовидової класифікації роду залишається невирішеним. Через ботанічну пластичність

ідентифікацію проводять на основі будови квітки, а точніше форми, розміру жіночої квітки, а також за типом листків і суцвіття.

Найчастіше використовували класифікацію, запропоновану ще в 1955 р. науковцем J.D. Sauer [587], у якій він виділяє два підроди: *Acnida* (L.) Aellen ex K.R. Robertson, який містить дводомні види, та *Amaranthus*, який включає однодомні види.

Традиційно, підрід *Amaranthus* розділявся на дві секції: *Amaranthus* (*Amaranthotypus*) та *Blitopsis* Dumort sensu lato, яка у свою чергу також поділяється на дві секції – *Blitopsis*, яка містить види з нерозкривним плодом та  $n=17$ , і *Puxidium*, до якої входять види з розкривним плодом та  $n=16$ . У систематиці амаранта перспективним напрямом є вивчення запасних білків насіння. Білки зерна амаранта складаються, в основному, з легкозасвоюваних альбумінів і глобулінів (близько 50 %), лугорозчинних глютелінів (20,8 %) і спирторозчинних проламінів (12 %). На основі електрофоретичного аналізу білків деяких видів рослини встановлено ступінь дивергенції форм амаранта. Підтверджено філогенетичну спорідненість видів *A. paniculatus*, *A. hybridus* та *A. lividus*, спорідненість *A. caudatus* і *A. edulis*. Передбачено спорідненість *A. powellii* і *A. deflexus* [132]. На основі кластерного аналізу RAPD (Random Amplific Polymorphic DNA) науковці D.U. Tansue, D.J. Fairbanks et. al. [612] визначили три основних зернових види амаранта: *A. caudatus*, *A. cruentus* і *A. hypochondriacus*.

Аналіз електрофореграм глютелінової фракції білка дозволив Е.К. Партасу [289] встановити різницю між зразками, що належали до *A. caudatus*. Унаслідок схрещувань між ними можна поліпшити і створити, як вважають автори, генетично стабільні форми амаранта.

Науковці J.M. Pita і J.B. Martinez-Laborde [572] вважають, що для ідентифікації видів амаранта можна застосовувати довжину і центральну ширину сім'ядольної пластинки.

Згідно з класифікацією, розробленою американськими вченими [503; 531; 590; 622], амарантові характеризують так:

Клас	Dicotyledon
Група	Thalaniflorae
Порядок	Caryophyllales
Родина	Amaranthaceae
Рід	Amaranthus
Вид	<i>A. albus</i> <i>A. andancalius</i>

- A. angustifolius
- A. blitum (A. lividus, A. oleraceus)
- A. caudatus (A. edulus, A. mantegazzianus)
- A. cruentus (A. paniculatus)
- A. dubius
- A. graecizats
- A. hybridus
- A. hypochondriacus (A. leucocarpus, A. lucosperma, A. flavus)
- A. palmeri
- A. retroflexus
- A. ruber
- A. spinosus
- A. tricolor (A. gangeticus, A. mongostanus)
- A. viridis (A. ascendeus, A. gracilis)

У 1996 р. С.Л. Мосякін та К.Р. Робертсон запропонували підродовий ранг (підрід *Albersia* Kunth Gren. & Dodr) для секції *Blitopsis* sensu lato. Це внутрішньовидова класифікація з трьома підродами (*Acnida*, *Amaranhus*, *Albersia*). Плутанина в літературі, присвяченій амарантовим, виникає внаслідок того, що автори не враховують таксономічних синонімів. Так, вид *A. hypochondriacus* є синонімом до видів *A. leucocarpus*, *A. leucosperm*, *A. flau*; вид *A. blitum* – синонімом до *A. lividus* і *A. oleraceus*; вид *A. caudatus* – синонімом до *A. edulis*, *A. mantegazzianus*; вид *A. tricolor* – синонімом до *A. gangeticum* і *A. mangostanus* та ін.

Вирішенню питань таксономії родини амарантових могло б сприяти каріологічне вивчення, адже каріотип амаранта досліджено ще недостатньо. З літературних джерел відомо, що види амаранта – алотетраплоїди з основним числом  $n=8$  та  $n=9$ , більшість видів мають другорядні основні числа, де  $n=16$  і  $n=17$  [501].

Каріологічне вивчення амаранта багатьма вченими не дає повного уявлення про каріотип усіх існуючих видів, але відомо, що серед вивчених є види, які мають  $2n=32$ , 34, 38, 64, а також види, для яких характерний внутрішньовидовий поліморфізм, і види з різним числом хромосом [27] (табл. 1.1).

На основі каріологічного вивчення й аналізу вмісту ДНК Е.І. Greizerstein, L. Poggio [500] довели, що *A. caudatus* містить  $2n=32$  хромосоми, *A. cruentus*  $2n=34$ , *A. hypochondriacus*  $2n=32$  хромосоми і *A. mantegazzianus*, відповідно,  $2n=32$ . Було встановлено, що ці види

мають по одній парі сателітних хромосом, але значно відрізняються за вмістом ДНК, що може свідчити про їх різну генетичну природу.

Таблиця 1.1

**Кількість хромосом основних видів амаранта**

Вид	2n	Автор, рік
<i>A. acutilocus</i>	32	Grant W.F., 1959
<i>A. albus</i>	32	Heiser, Whitaker, 1948; Mulligan, 1957
	34	Sharma A.K., 1965
<i>A. angustifolius</i>	32	Miege, 1960; Grant W.F., 1959
<i>A. arenicola</i>	32	Grant W.F., 1958
<i>A. asplundii</i>	34	Grant W.F., 1958
<i>A. atropurpureus</i>	34	Sharma A.K., Banik, 1965
<i>A. aureus</i>	32	Grant W.F., 1959
<i>A. australis</i>	32	Murrey, 1940; Grant W.F., 1959
<i>A. berlandiery</i>	34	Grant W.F., 1959
<i>A. blitum (lividus)</i>	16	Malik N.A., Ahmad, 1963; Takagi, 1933,
	34	Grant W.F., 1959
<i>A. caudatus (edulis, mantegazzianus)</i>	32	Takagi, 1933; Grant W.F., 1959
	32	Cardenas, 1948
<i>A. chlorostachis</i>	34	Гріф (невиданий) Grant W.F., 1959
<i>A. crispus</i>	34	Grant W.F., 1959
<i>A. cruentus (paniculatus)</i>	32	Takagi, 1933
	34	Grant W.F., 1959
<i>A. deflexus</i>	34	Grant W.F., 1959
<i>A. dubius</i>	64	Grant W.F., 1959
<i>A. emarginatus</i>	38	Mitra K., 1964
<i>A. gangeticus (mongostanus)</i>	34	Sharma A.K., 1965
	32	Grant W.F., 1959
<i>A. giganteus</i>	34	Sharma A.K., 1965
<i>A. gracilis</i>	34	Covas, 1954
<i>A. graecizans</i>	32	Grant W.F., 1959
<i>A. hybridus</i>	32	Murrey, 1940
<i>A. leucocarpus</i>	32	Grant W.F., 1959
<i>A. muricatus</i>	34	Covas, 1954
<i>A. palmeri</i>	32, 34	Grant W.F., 1959
<i>A. poligamus</i>	34	Sharma A.K., Banik, 1965
<i>A. powelii</i>	34	Grant W.F., 1959
<i>A. quitensis</i>	32	Grant W.F., 1959
<i>A. retroflexus</i>	18	Polya, 1949
	32	Heiser, 1948
	34	Grant, 1967

У той же час дослідження генетичного потенціалу амаранта дозволило вченим виділити основні види, які становлять інтерес для виробництва, а тому вимагають більш детального генетичного і селекційного вивчення [35; 176–178; 470; 503; 552; 588; 608].

Амарантові надають перевагу високій температурі повітря і яскравому світлу. Дикорослі амарантові часто трапляються на пасовищах і обабіч доріг; вони відрізняються значною життєздатністю і конкурують з іншими рослинами. Амарантові розповсюдилися з тропічної зони в напівпосушливі регіони. Імовірно, вони походять з тропіків, але добре пристосувалися до помірного клімату. Культурні види вирощують у тропічній, субтропічній і помірній зонах із теплим кліматом. Деякі зернові види ростуть і в напівзасушливих зонах з сезонним підвищенням вологості, однак не далі 30° широти від екватора; інакше для вирощування необхідне додаткове освітлення рослин. Більшість видів відчувають себе краще в умовах жаркого і теплового клімату, однак види, адаптовані до холоду, культивують навіть у Непалі на висоті 3000 м над рівнем моря [590; 610].

Батьківщиною амарантових вважають Центральну і Південну Америку, тоді як види, вирощувані на зелень, походять з Південно-Східної Азії.

Форми з білим насінням здавна культивують як зернові. Зерно цих видів має надзвичайно поживні властивості, що робить його цінним під час використання в харчуванні людей. Легкі сніданки, хліб, макаронні та інші вироби, які містять зерно амаранта або борошно з нього, доступні в магазинах здорової їжі в США, Індії, Мексиці, Непалі, Перу. У США зернові амаранти вирощують на площі 2000–3000 га в штаті Небраска. Зерно амаранта в цих країнах використовують як джерело крохмалю та скваленової олії [626]. Найпоширенішими зерновими видами вважають *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* [444; 508; 515; 562; 606; 626]. Вид *A. cruentus* походить з Південної Мексики і Гватемали, його вирощують на заході Африки, у країнах Карибського басейну, Північній і Південній Америці, в Азії – і на зелень, і на зерно, переважно в теплих вологих районах на висоті не більше 2000 м над рівнем моря. В індіанців, що проживають на Південному Заході Сполучених Штатів і Мексики, *A. cruentus* використовують як джерело барвників.

Вид *A. caudatus* росте в Південній Америці на висоті від 200 до 3500 м над рівнем моря. В умовах короткого дня ці рослини краще

від інших пристосувалися до холоду. У Південній Америці це одна з найважливіших культур [588; 604].

Вид *A. hypochondriacus* являє собою центральноамериканський зерновий вид, який вирощують у Гімалаях, в Індії, у Мексиці, на Південному Заході Сполучених Штатів Америки. До типових зернових видів належать також *A. viridis*, *A. spinosus* і *A. hybridus*.

Види, які вирощують для зелені, як правило, нагадують шпинат. До цих видів належать *A. tricolor*, *A. dubius*, *A. lividus*, *A. palmeri*. Молоді рослини мають ніжне стебло і м'ясисті листки, а дорослі рослини – дрібне суцвіття і характеризуються невисокою продуктивністю насіння (200–500 кг/га) [432; 543; 591; 627]. Молоді зернові рослини також дають їстівну зелень [461; 518; 541–545; 548–549; 569; 573–574; 585; 606; 624].

Вид *A. tricolor*, що походить з Південної Азії або Індії, розповсюдився торговими або міграційними шляхами. Більшість різновидностей цього виду, які використовують на зелень, являють собою рослини з широкими листками; різновидності з вузькими листками вирощують на зерно, а також як декоративні рослини.

Вид *A. dubius*, як і попередній, часто вирощують на зелень і культивують у Центральній Америці, Індонезії, Індії, у Південній і Центральній Європі, у невеликій кількості – в Африці.

Декоративні види мають яскраве забарвлення – від білого до рожевого і темно-червоного. Трапляються форми з оранжевим, рудим та зеленим забарвленням суцвіть і листків. Форма суцвіття – від звисаючої до прямостоячої.

Рід *Celosia* родини амарантових, який часто використовують у квітникарстві, часто помилково приймають за *Amaranthus*, оскільки особливості їх культивації, захворювання, шкідники дуже схожі. Рід *Celosia* поширений в Центральній і Західній Африці.

Більшість видів амаранта однорічного циклу розвитку становлять дикі види, що вважаються гербіцидостійкими бур'янами. Серед них найбільш поширеним у світі і найбільш шкочинним є вид *A. retroflexus* [438].

Для України амарант – нова культура, але в останні роки її видовий склад урізноманітнюється внаслідок розширення торгових і економічних зв'язків з різними країнами світу. Особливо чітко це прослідковується в портах світового значення. Дослідженнями, проведеними С.Г. Коваленко, С.П. Петрик і І.П. Ружицькою [175] в портах м. Одеси, було встановлено, що у XVIII ст. на території Одеси



був відомий лише один вид амаранта – *A. retroflexus* L. У 1866 р. було зафіксовано два нові види: *A. albus* L. та *A. deflexus* L. А майже через сто років, у 1974 р., виявлено ще *A. blitoides* S. Wats., *A. lividus* L., *A. caudatus* L. і *A. paniculatus* L. У 1989–1990 рр. було знайдено три нові види цього роду: *A. graecizans* L., *A. hypochondriacus* L. та *A. palmeri* S. Wats. Таким чином, розширення видового складу амаранта на території України вимагає більш детального вивчення цієї рослини, визначення її місця в культурних ценозах.

## 1.2. Стан, перспективи і проблеми введення в культуру та вирощування амаранта в Україні

Амарант належить до високоврожайних високобілкових культур. Унікальність рослини полягає ще й у тому, що на відміну від інших сільськогосподарських культур, вона витрачає найменше води на утворення 1 г сухої речовини (амарант – 260 г, просо – 300 г, кукурудза – 370 г, ячмінь – 520 г, пшениця – 550 г, соняшник – 600 г, жито – 630 г, конюшина – 640 г, квасоля – 700 г, люцерна – 840 г), що робить її перспективною для вирощування в зоні недостатнього та нестійкого зволоження, до якої належить і Лівобережжя України.

Зелена маса амаранта, урожайність якої в умовах помірного клімату може становити 1000 ц/га і більше, відрізняється високою поживною цінністю і збалансованістю за амінокислотним складом, що відкриває широкі перспективи у використанні зеленої маси та продукції з неї у тваринництві.

Вперше аналіз амарантових листків було проведено А. Бутеном у 1873 р. Ця рослина набула в ті часи комерційної цінності, оскільки господарки використовували її листки для чищення посуду, пояснюючи їх властивість знімати нагар наявністю рослинної кислоти. Бутен провів аналіз *A. blitum* і встановив, що його листки нейтральні. Нейтральність він пояснював наявністю солі  $\text{KNO}_3$  (насправді рослина кисла). Пізніше він провів аналіз *A. atropurpuricum* та *A. ruber*, де також знайшов велику кількість нітрату калію [448–449]. У 1874 р. на основі цих досліджень А. Броссе і А. Бутен запропонували цю рослину як добриво [455]. Так почалося вивчення амаранта. Хімічні особливості листків амаранта слід розглядати в контексті надзвичайної пластичності рослини. Ця пластичність обумовлює значну розбіжність даних про мінливість хімічного складу в процесі розвитку рослин і його залежність від

клімату, живлення, агрохімічних умов вирощування, виду, стану листків на час збирання. Відомо, що в зеленій масі амаранта міститься від 13 до 20 %, а в деяких зразках – 24 % сухої речовини, що значно більше, ніж у рослин шпинатної групи, до яких він належить [349]. При цьому вміст сухої речовини значною мірою залежить від виду. Так, у дослідях Л.П. Солоненко та ін. [353] найбільший вміст сухої речовини (24 %) було встановлено у зразка, який належав до виду *A. graecizans*, 13 % містив зразок виду *A. paniculatus*. У стеблах у середньому міститься 18 %, а в суцвіттях – 20 % сухої речовини (межі мінливості становлять 11,1–31,0 %). Причому, як було встановлено зазначеними авторами, розмах внутрішньовидової мінливості за вмістом сухих речовин був значний і наближався до розмаху міжвидової мінливості. Прикладом може бути амарант волотистий (*A. paniculatus*), у якого вміст сухої речовини у зразка К-67 становив 23,3 %, а у зразка К-25 – 13 %.

Амарант належить до високобілкових культур, оскільки за вмістом білка він переважає не тільки злакові, а й цілий ряд бобових культур. У суцвіттях амаранта накопичується від 20 до 50 % білка, у листках – 21–47 %, у стеблах його міститься від 7 до 16 % у перерахунку на суху речовину [238; 353].

Визначено, що в зеленій масі амаранта загальна кількість білків у білковій фракції становить: 11,8 % – у фазі бутонізації і 13,1 % – у фазі цвітіння. Вміст білка сильно варіює, максимальну його кількість зафіксовано у водорозчинній і лугорозчинній фракціях. Білкові фракції амаранта розподілені таким чином: альбуміни – 15–35 %; глобуліни – 8–20 %; глютеліни – 25–50 %; проламіни – 17–25 %.

Максимальну кількість альбумінів і глютелінів мають *A. cruentus*, *A. caudatus* [351]. Мінімальний вміст спостерігають у *A. tampala* і деяких сортів *A. hypochondriacus*.

Аналіз білкових фракцій за амінокислотним складом показав, що, на відміну від білків злаків, білки амаранта мають більший вміст незамінних амінокислот. За поживністю фракція проламінів поступається іншим білкам і має найнижчий амінокислотний індекс (0,94). В інших білкових фракціях амінокислотний індекс більший від одиниці. Найвище його значення відмічають у фазі бутонізації. До складу розчинних білків (альбуміни, глобуліни) входить велика кількість лізину – до 6 %, метіоніну – 2,2 %, лейцину – 8,1 %, треоніну – 5,2 %, у той час як більшість зелених кормів має дефіцит цих незамінних амінокислот. У білку амаранта знайдено також багато

аргініну – 7,9 %, аланіну – 8,4 %, глютамінової кислоти – 9,3 % і аспарагінової кислоти – 9,8 % [156; 599]. Водночас збільшення кількості протеїну в листках амаранта відбувається не за рахунок зміни інтенсивності приросту незамінних амінокислот, а завдяки зміні вмісту гліцину і серину. Метаболізм гліцину тісно пов'язаний з метаболізмом треоніну і серину при включенні амонію в процес обміну.

Аналіз листків, а також листостеблової маси різних ярусів, проведений Л.С. Прокопенком [306], свідчить про те, що листки амаранта верхніх ярусів, розташовані ближче до точки росту, мають вищий вміст протеїну, ніж листки нижніх ярусів, які сформувалися на 30–40 днів раніше. Цю закономірність підтверджено також результатами аналізу всієї рослини. Залежно від виду, в амаранта відзначено різницю за вмістом протеїну, хоча за амінокислотним складом суттєвої відмінності немає [405].

Вміст каротину в зеленій масі амаранта значно варіює. Сира маса листків містить 1,92–11,0 мг %, суха – 10,61–66,52 мг % каротину. У суцвіттях міститься каротину в п'ять-шість разів менше, ніж у листі. В стеблах знайдено мінімальну кількість каротину – 0,21–1,92 мг % у сирій масі і 1,49–8,89 мг % у перерахунку на суху речовину [349]. Зелені пігменти амаранта представлені хлорофілами *a* і *b*. Вміст хлорофілу *a* в листках амаранта може змінюватись від 32 до 256 мг/100 г сирої речовини, а кількість хлорофілу *b* – від 5 до 74 мг/100 г сирої речовини [156].

Хлорофіл, як відомо, відіграє значну роль у дієтичному харчуванні, оскільки при систематичному застосуванні в їжу зеленого листя в свіжому вигляді підвищується кількість гемоглобіну та еритроцитів у крові.

Листки амаранта багаті на кальцій, залізо, калій. Склад листків амаранта такий: Са – 146–486 мг/100 г сирої маси; Р – 45–123; Fe – 2,2–16,0; Na – 3–11; К – 411–575 мг/100 г сирої маси. Науковець J. Elias наводить дані про вміст різних речовин у листках амаранта: вітаміну А – 6,5–7,715 од., тіаміну 0,01–0,08 мг, рибофлавіну – 0,14–0,42 мг, ніацину – 0,3–1,8 мг, аскорбінової кислоти – 12–120 мг/100 г сирої маси [485].

Дослідники Л.П. Солоненко, Н.Б. Железнова, А.В. Железнов [353] виявили значну різноманітність амаранта за вмістом аскорбінової кислоти. Одні види містять у листках 21 мг %, інші – понад 70 мг %, у стеблах – від 7,9 до 38,5 мг %, у суцвіттях – від 16,28 до 46,20 мг %. У перерахунку на суху речовину вміст аскорбінової

кислоти коливається від 111,34 до 443,90 мг % – у листках, від 32,55 до 186,05 мг % – у стеблах і від 78,94 до 300,16 мг % – у суцвіттях. Мінливість за вмістом вітаміну С спостерігається як між окремими видами, так і в межах видів амаранта.

За вмістом аскорбінової кислоти амарант не може конкурувати з такими рослинами, як шипшина (плоди), чорна смородина, волоський горіх, які містять 2000–3000 мг % вітаміну С, а більш близький до капусти, молодій картоплі, цибулі, яблуку і лимону.

Кількість цукру у рослин амаранта коливається в широких межах залежно від виду (0,49–4,52 % – у листках, 0,37–3,34 % – у суцвіттях, 0,34–7,48 % – у стеблах у сирій масі, що в перерахунку на суху речовину становить 3,0–13,25, 2,0–15,0 і 3,0–24,25 % відповідно. За середніми даними, найбільше цукрів міститься в стеблах – 13,93 %, у листках – 10,69 %, у суцвіттях – 7,26 %.

У листках амаранта знайдено також широкий спектр так званих вторинних метаболітів, серед яких переважають флавоноїди, фітоаглютеніни, стероли, алкалоїди та ауксини [186; 454]. Ці сполуки є біологічно активними речовинами, які й обумовлюють широке застосування амаранта в народній медицині [469; 525; 538]. У червонолистих форм амаранта синтезується фіолетово-червоний пігмент – амарантин, який відсутній у зелених форм.

Слід відзначити, що фенольні й індольні сполуки, а також амарантин синтезуються в шикіматному напрямі та мають спільних попередників Д-глюкозу і хоризмову кислоту. У амарантину і фенольних сполук спільними попередниками є префенова кислота і тирозин [61].

Молекула амарантину утримує дегідроіндольне і дегідропіридинове кільце, з'єднане бета-вуглеродним містком, а вуглеводною частиною є глюкоза і глюкуронова кислота. Присутність гетероциклічних кілець у молекулі амарантину свідчить про його високу біологічну активність.

Завдяки порівняльному вивченню вмісту індольних та фенольних сполук у червоно- і зеленолистих видів амаранта виявлено спільну закономірність: кількість фенольних сполук до кінця періоду вегетації дещо збільшується, тоді як вміст ауксинів і амарантину не змінюється або змінюється незначно.

Водночас між зелено- і червонолистими видами амаранта було знайдено значну відмінність за вмістом індольних сполук, причому червонолисті форми містили в 1,3–1,9 раза менше ауксинів, ніж

зелені види. У листках червонолистих форм також містилося в 1,2–1,5 рази менше фенольних сполук. У червонолистої різновидності *A. gangeticus* було визначено найбільший вміст амарантину при низькому вмісті індолів і фенолів [61].

Як вважають П.Ф. Кононков та ін. [186], синтез амарантину в стадії вегетативного розвитку амаранта є конкурентним стосовно до синтезу індольних (ростових гормонів) і фенольних сполук, що призводить до уповільнення ростових процесів червонолистих видів і, відповідно, до зменшення габітусу та висоти рослин порівняно з зеленими видами (в 1,5–2,0 рази).

Порівняння амаранта за вмістом основних сполук з лікарськими рослинами свідчить про те, що за вмістом ліпідів, білка і клітковини амарант близький до м'яти [182].

Порівняно з гірчаком та їжником, у листках амаранта було знайдено більше ліпідів і білка, але клітковини – менше. Найбільше флавоноїдів і пектину містилося в листках *A. cruentus*. За вмістом флавоноїдів останній можна порівняти з м'ятою. Однак м'ята і гірчак містять менше пектину. Надземна частина амаранта містить до 10 % пектинів у перерахунку на суху речовину [361]. Амарантовий пектин є сумішшю трьох фракцій лінійних полімерів галактурона і розгалужених поліцукрів, до макромолекули яких входять залишки галактуронової кислоти і нейтральні цукри [42].

Висока комплексоутворювальна здатність молекул пектину стосовно до більшості важких металів і токсичних для організму речовин робить його сполуки особливо цінними як харчові добавки.

Поряд з біологічно важливими сполуками: флавоноїдами, вітамінами і пектинами харчову цінність рослинному продукту надають хімічні елементи.

Відомо, що велике значення для нормального обміну речовин має кремній, який поряд з кальцієм необхідний для нормального функціонування організму людини. Вміст кремнію в листках амаранта досить високий. Більше 50 % кремнію зв'язано з органічними компонентами рослинної тканини (білками, ліпідами, клітковиною) [182].

Значну увагу науковців до амаранта привернуло відкриття, що нітрати можуть перетворюватися в рослинах у нітрозаміни. Однак до останнього часу чинники, що впливають на перетворення нітратів у нітрозаміни, невідомі. Деякі дослідники вважають, що рівень нітратів в амаранті приблизно такий, як і в листках шпинату. Але при

значному внесенні добрив, особливо азотних, або при стресах кількість нітратів у дорослих рослин може досягти кількох процентів [491; 582]. В умовах гарного забезпечення нітратами рослини не накопичують їх у листках [423]. Автори пояснюють це функціонуванням у амаранта  $C_4$  – шляху фотосинтезу, який забезпечує відновлення нітратів і більш інтенсивне їх включення у білок.

Одержані дані підтверджують відсутність протипоказань для використання листків амаранта в дієтичному харчуванні. В результаті вивчення зміни вмісту нітратів у різних видів амаранта, які вирощуються на зелень, було встановлено, що рівень вмісту нітратів залишається приблизно однаковим.

Крім нітратів, у культурах, вирощуваних на зелень, як правило, знаходять велику кількість оксалатів. Оксалати зв'язують двовалентні катіони, особливо Ca і Zn, виключаючи їх з процесу метаболізму, і спричиняють утворення каменів у нирках.

Американськими вченими було встановлено, що загальний вміст оксалатів у видів амаранта *A. gangetscus* і *A. gracilis* становить 0,74–1,083 %. На 100 г сухої маси амаранта припадає 11,5 % загальних і 5,9 % розчинних оксалатів, а також 50 мг синильної кислоти. Однак такий вміст не можна вважати шкідливим [557]. Деякі вчені вважають, що вміст оксалатів у рослинах амаранта може залежати від видових особливостей, а також від умов вирощування та фази вегетації [478; 583; 629].

Науковці G.H. Aynilian, C.I. Abou-Chaar, W. Edgcombe [440] досліджували вміст алкалоїдів, сапоніну, таніну в надземній частині рослин різних видів амаранта. Вони встановили, що алкалоїди містяться у *A. retroflexus*, *A. gracilis*, *A. graecians*, *A. hybridus* і *A. blitoides*. Сапоніни відсутні у *A. graecians* і *A. retroflexus*, але в інших видах їх було знайдено. Танінів у досліджених зразках листків амарантового містилося дуже мало, за винятком *A. hybridus*.

Установлено також, що листки і стебла *A. retroflexus* не містять алкалоїдів і флавоноїдів, але містять невелику кількість сапонінів і танінів [477].

Вивчаючи зелену масу *A. spinosus*, американські вчені не знайшли в ній сапонінів, флавоноїдів, алкалоїдів і таніну. При цьому у рослинах родини амарантових було знайдено тритерпеноїди [476]. Зелена маса амаранта містить також білки – інгібітори протеїнази, які відіграють певну роль у захисті рослин, хоча і знижують її поживні якості [121].

У зеленій масі амаранта, переважно в листках, міститься рутин – флавоноїд, який має властивості вітаміну Р, входить до складу таких лікарських форм як троксевазин, кверсалол, флакорбін, аскорутин і, блокуючи вільні радикали, сприяє лікуванню променевої хвороби [402]. Частка рутину коливається в межах від 0,5 до 3,0 % [157]. Наковці Р.П. Девадас та інші довели, що із введенням добавок з амарантового листа в раціон молодших школярів в Індії в останніх зникали симптоми дефіциту вітамінів і мінеральних солей [474].

Також було встановлено, що амарант є прекрасним джерелом вітаміну А для дітей. Вчені спостерігали за школярами, які протягом двох місяців вживали папаю, амарант або ретинол. Було визначено, що організм засвоює 73 % β-каротину, який міститься в амаранті. При цьому спостерігали значне підвищення рівня гемоглобіну в крові. Аналогічні результати було одержано у разі вживання дітьми молодшого віку добавок з *A. tricolor* протягом 15 днів.

У дослідах з телятами, проведених американськими вченими, порівнювали корм, який складався із *A. hybridus*, зібраного через шість тижнів після сівби, і люцерни (зеленої маси). При цьому до складу корму вводили до 40 % досліджуваної добавки. Дотримувалися ізоазотності й ізокалорійності дієти. Автори встановили, що всі телята мали нормальну масу і рівень кальцію в крові. Порушень у зв'язку з наявністю оксалатів у зеленій масі амаранта не помічено. Було зроблено висновок, що поживна цінність листків амаранта така ж, як і поживність листків люцерни, що свідчить про можливість включення в денний раціон телят до 40 % зеленої маси амаранта.

У дослідах із згодовуванням зеленої маси амаранта вівцям встановлено, що амарант засвоюється краще і містить більшу кількість білка, ніж вівсяний фураж. За білковим складом амарант еквівалентний люцерні вищого гатунку [590].

В Україні поширені такі шляхи використання зеленої маси амаранта: у кормовиробництві, у фармацевтичній промисловості, у харчуванні людей.

Інтродукція овочевих форм амаранта набуває великого значення в зонах, де відчувається значний дефіцит вітамінно-білкових салатних культур [501; 518; 586]. Серед овочевих видів амаранта найпоширенішими є такі види: в Африці – *A. caudatus*; в Індії, на Південному Сході Азії, у Латинській Америці – *A. tricolor* [62].

Для споживання листки та пагони амаранта збирають у молодому віці, їх застосовують у вигляді салату або бланшують, запарюють, варять, смажать, тушкують. Варені листки амаранта можна використовувати як гарнір, додавати в супи для дитячого харчування, а також готувати у вигляді запіканок, паст, суфле, начинок для пиріжків. Пагони амаранта застосовують у вигляді салатів, а також як приправу для приготування страв типу індійського чуррі. Деякі народи використовують амарант для приготування напоїв, додаючи його у воду чи молоко.

У харчовій промисловості зелена маса амаранта приваблює як джерело легкозасвоюваного білка, ідеально збалансованого за амінокислотним складом [158], вітамінів групи В, Е, мікроелементів, а також здатністю виводити з організму радіонукліди і солі важких металів.

Науковці Л.І. Карнаушенко, Ю.Б. Устименко [169] довели, що завдяки застосуванню сухих листків амаранта в кількості 0,5–1,0 % від маси сухої речовини готового продукту під час виробництва желейного мармеладу використання желеутворювача скорочується до 30 %, повністю виключається застосування барвників і частково – лимонної кислоти за рахунок високого вмісту органічних кислот. Поліпшуються реологічні властивості мармеладної маси, її фізико-хімічні показники, підвищується вміст вітамінів, незамінних амінокислот і мінеральних речовин. Використання амарантових добавок також дозволяє подовжити термін зберігання мармеладу без погіршення якості готових виробів. Такий мармелад має підвищену харчову і біологічну цінність, радіопротекторні властивості, що вкрай необхідно для дітей та дорослого населення, яке постраждало від впливу радіації, а також для працівників, які працюють на підприємствах зі шкідливими умовами. Червоний пігмент амаранта – амарантин може бути застосований як харчовий рослинний барвник [62]. Зелену масу амаранта можна використовувати для отримання етанолу [511]. Інститутом органічної та фізичної хімії розроблено методику жирової екстракції корисних компонентів із сухих листків амаранта. У разі застосування цієї методики максимальна кількість каротиноїдів, що екстрагується, становить 4,6 мг %. Проведений аналіз біологічної цінності екстрактів амаранта на тваринних жирах (норковий) показав його збагачення вітаміном F, компонентами якого є лінолева, ліноленова і арахідонова кислоти.



У результаті проведених досліджень розроблено технологію отримання екстрактів амаранта, розроблено і впроваджено у виробництво на основі жирових екстрактів амаранта серію елітного мила «нефіс» [184]. Досліджено можливість застосування пектину з амаранта для приготування пива, оскільки пектини є поверхнево-активними і мають яскраво визначені емульгуючі та піноутворювальні властивості [208]. Стійкість і висота піни завдяки застосуванню пектину до 0,3 % від маси збільшувалась у декілька разів. Термін зберігання пива в пляшках подовжувався без зміни хімічного складу й органолептичних властивостей пива. Це свідчить про можливість використання пектину з амаранта для виготовлення напоїв, які містять пектин, зокрема пива.

Крім того, зелену масу амаранта можна застосовувати для виробництва білкового ізоляту, який сьогодні виробляють у невеликому обсязі на основі двох рослинних джерел: сої і пшениці [350; 409]. У фармацевтичній промисловості із зеленої маси амаранта отримують деякі біологічно активні сполуки. Зокрема, з 1 га зеленої маси можна одержати до 58–64 кг рутину, а виділений з рослин кверцетин є нешкідливим антиокислювачем.

Доведено можливість використання зеленої маси амаранта для отримання препаратів, що мають діуретичну активність [157]. Ще на початку 30-х рр. ХХ ст. журнал «Свиноводство» з року в рік друкував статті з гучним закликком «Дорогу амаранту!» [344]. Науковці О.Ф. Соколовська, К.Ф. Юрченко, Л.С. Прокопенко [348] проводили дослідження з використання зеленої маси амаранта у свіжому вигляді для згодовування вівцям і свиням. Було встановлено, що валухи поїдали рослини амаранта у фазі викидання волоті й утворення насіння на 88 і 96 % відповідно, а перед цвітінням – на 88 %, залишаючи лише грубі частини стебла. При цьому денний раціон тварин становив 8 кг скошеної та подрібненої зеленої маси на одну голову.

На основі визначення коефіцієнтів перетравності було з'ясовано, що поживні речовини амаранта найкраще перетравлювалися у фазі викидання волоті. Поживність 1 кг зеленої маси амаранта при цьому становила у фазі утворення волоті – 0,11 к. од. і 16,4 г перетравного протеїну, у фазі цвітіння – відповідно 0,19 к. од. і 12,0 г перетравного протеїну. У дослідах на свинях, яким згодовували по 1 кг зеленої маси амаранта на одну голову із зерною сумішшю (50 % ячменю і 50 % пшениці), встановлено, що тварини краще перетравлюють отаву зеленої маси, ніж листки, і волоть у фазі утворення насіння.

Проведені досліді свідчать про можливість застосування зеленої маси амаранта в раціоні свиней та овець [348]. У досліді на відлучених поросятах поїдання зеленої маси амаранта становило біля 2 кг на одну голову. У дослідному варіанті ці поросята більш ніж у два рази переважали контрольних, до раціону яких входила люцерна. Середньодобовий приріст поросят, до раціону яких входила зелена маса амаранта, у віці від 2 до 4 міс. становив 431 г, у той час як у контрольній групі – 264 г. В 4-місячному віці свинки дослідної групи досягли живої маси 46,0 кг. За рахунок збільшення в раціоні дослідних свинок частки зеленої маси (завдяки кращому поїданню амаранта) знизилася затрата концентрованих кормів як на одну голову, так і на одиницю приросту. Так, концентрованих кормів на одну голову в контрольній групі було витрачено під час досліді всього 161 кг, а в дослідній групі – 150 кг, тобто на 11 кг менше. На 1 кг приросту ця різниця була ще більшою: контрольні поросята на 1 кг приросту витрачали концентрованих кормів в 1,5 рази більше. Вартість витрачених на 1 кг приросту кормів у дослідній групі була нижчою на 24,4 % [166]. Застосування в раціоні свиноматок зеленої маси амаранта – 5,5 кг та силосу – 1,7 кг на одну голову протягом доби дозволили підвищити збереження поросят на 5,9 % порівняно з контрольною групою тварин, які отримували зелену масу та силос з люцерни і конюшини [167]. При цьому маса гнізда під час відлучення зростала на 40 %.

Як вважають W.O. Odwongo, I.S. Mugerwa [563], зелену масу амаранта можна застосовувати і в раціоні телят – до 40 % раціону. При цьому вчені підкреслюють позитивний вплив зеленої маси цієї культури на ріст і розвиток тварин. Застосування ж зеленої маси амаранта в раціоні корів підвищує жирність молока на 0,8 % [457].

У результаті порівняльного вивчення поживності зеленої маси амарантово-кукурудзяних і кукурудзяно-соевих сумішей було встановлено, що зелена маса амарантово-кукурудзяних сумішей за своїм складом близька до кукурудзяно-соевих [5].

Зелена маса амаранта, крім застосування безпосередньо у свіжому вигляді для відгодівлі тварин, придатна також і для виготовлення різних інших видів кормів. Так, американські вчені вперше отримали білковий концентрат з листків (ЛБК) кількох видів амаранта. ЛБК був світлого кольору, не мав гіркої присмаку і неприємного запаху. У концентраті зберігалася до 24–36 % від вихідної кількості білка листя (тобто 61–80 %). Також визначено, що

амарант містить найбільшу кількість ЛБК серед 24 досліджених видів рослин [590]. Дослідженнями Інституту кормів УААН встановлено, що амарант може зайняти значне місце в структурі конвеєра сировини білкової індустрії [5]. Це обумовлюється тим, що рослина амаранта за порівняно короткий період розвитку формує значну кількість вегетативної маси, при цьому біля 50 % припадає на листки. Переробляючи листя, можна досить легко виділити провідникові структури і сконцентрувати в них протеїн.

Варто зазначити, що листки амаранта, відібрані з популяцій у різних країнах світу, суттєво відрізняються і за вмістом протеїну, і за ступенем збалансованості амінокислотного складу. Найвищу амінокислотну поживність мають сорти з Фінляндії і США. Проведені дослідження свідчать також про те, що білки листків амаранта характеризуються високим вмістом валіну. Включення їх до складу кормових сумішей може позитивно вплинути на трансформування білка у тваринницьку продукцію.

У ботанічному саду при Казанському держуніверситеті розроблено технологію одержання високоякісного екологічно безпечного білково-амінокислотного концентрату (БАК) кормового призначення з біомаси амаранта [293]. Шляхом добору оптимальних умов екстракції та коагуляції білків, рН і температури вдалося досягти виходу сухого білкового препарату 12–14 % із вмістом білка в ньому до 70 %. Цей продукт, одержаний унаслідок теплової коагуляції та сушіння, є гарним джерелом незамінних амінокислот, у першу чергу лізину (9 % у складі білка).

Методом хімічної коагуляції одержано білкову пасту з вологістю 80–85 % і вмістом білка 40–45 % (у сухій речовині). Дослід з вивчення ефективності використання пасти з амаранта проводили на курчатах-бройлерах у Всеросійському інституті кормів ім. В.Р. Вільямса. Для порівняння використовували пасту з люцерни. У результаті проведених досліджень було встановлено, що перетравність сухої та органічної речовини, протеїну, жиру, клітковини і безазотистих екстрактивних речовин у групі птиці, яка одержувала люцернову пасту, становила (%): 68,25; 71,70; 87,94; 67,02; 29,03; і 70,91 відповідно. У групі, яка одержувала пасту з амаранта, ці показники були, відповідно 69,15; 71,16; 90,29; 66,26; 30,27; і 68,94 %.

Наведені дані свідчать про майже однакові коефіцієнти перетравності сухої, органічної речовин, жиру в раціонах курчат дослідної та контрольної груп. Водночас спостерігали тенденцію до

підвищення перетравності протеїну і клітковини курчатами, які одержували білкову пасту з амаранта. Засвоєння амінокислот в обох групах коливалося в межах 87,1–87,7 %. Приріст маси протягом досліду становив у контрольній групі 795 г на голову, у дослідній групі – 793 г. Витрати корму на 1 кг приросту становили 3,08 і 3,09 кг відповідно. Одержані дані свідчать про те, що за продуктивною дією білкова паста з амаранта не поступається білковій пасті з люцерни і може бути використана в раціоні курчат-бройлерів у кількості 10 % від маси комбікорму [391].

Заслуговує на увагу використання зеленої маси амаранта для одержання вітамінно-трав'яного борошна (ВТБ) і подальшого його використання в раціоні курей-несучок. У дослідах, проведених на базі птахівничих комплексів Казані, було встановлено, що поряд із закономірними ефектами, обумовленими різницею в поживній цінності раціонів і у віці курей, виявляються і деякі особливості, що свідчать про високу ефективність ВТБ з амаранта [394]. Так, якщо на збалансованому раціоні ефективність амарантового ВТБ (класів А3 і А1) можна порівняти з ефективністю ВТБ різнотрав'я того ж класу (Р3 і Р1 відповідно), то на раціоні, який лише частково збалансований за вмістом незамінних амінокислот, виявляється парадоксальний ефект амарантового борошна А3, яке замість зниження яйценосності (за аналогією з Р3) викликає підвищення продуктивності курей (схоже з ефектом Р1). Це зумовлено, як вважають учені, не впливом вітамінів, яких в А3 не більше, ніж у Р3, а підвищенням засвоєння корму завдяки деякому зниженню дефіциту незамінних амінокислот у раціоні у разі включення амарантового трав'яного борошна, хоча при цьому не виключений і вплив деяких біологічно активних речовин невідомої природи.

На фоні дефіцитного за основними зоотехнічними показниками раціону будь-яке ВТБ (незалежно від типу і класу) позитивно впливає на продуктивність курей. Це можна пояснити двома взаємодіючими причинами. З одного боку, трав'яне борошно як вітамінна добавка сприяє поліпшенню засвоєння того незначного резерву поживних речовин, який міститься в незбалансованому комбікормі. З другого боку, на такому неповноцінному раціоні можуть підключатися і деякі резервні можливості організму, перш за все активність кишкової мікрофлори, а ВТБ може виконувати роль пускового механізму. І в першому, і в другому випадку ефект трав'яного борошна може не проявляти суттєвої залежності від якісної та кількісної відмінності

його складу. Установлено також, що дія ВТБ з амаранта залежить від віку курей. Як з'ясувалося, амарантове трав'яне борошно ефективніше впливає на продуктивність молодих курей-несучок.

Таким чином, використання раціонів з амарантовим ВТБ дозволяє значно (на 2–3 міс.) подовжити період максимальної продуктивності курей-несучок, переважно за рахунок їх виходу на пік яйценосності в більш ранньому віці. Раціон з ВТБ із амаранта поряд з підвищенням яйценосності позитивно впливає і на інші виробничі показники продуктивності курей-несучок: масу яєць, приріст та ін. Крім того, в яйцях курей, які одержували як кормову добавку ВТБ з амаранта, виявлено підвищений вміст каротину і вітаміну Е.

Учені рекомендують використовувати ВТБ з амаранта як високоефективну білково-вітамінну добавку у складі повнораціонних комбікормів для курей-несучок, яка забезпечує суттєве підвищення продуктивності птиці в умовах дефіциту кормових добавок тваринного походження [398]. Крім того, у разі включення амаранта в раціон у курей-несучок підвищується гемоглобін і значно збільшується кількість еритроцитів [57].

Одержані результати свідчать про те, що добавка ВТБ з амаранта в раціон курей-несучок стимулює перебіг процесів білкового метаболізму на різних рівнях: організмовому (білковий обмін), тканинному (еритропоез), клітинному (характеристики еритроцитів) і молекулярному (синтез специфічних білків, зокрема гемоглобіну).

Стосовно використання зеленої маси амаранта для приготування силосу існують певні розбіжності. Одні вчені характеризують амарант як культуру, яка важко силосується [143]. Інші доводять можливість отримання з амаранта силосу гарної якості з масовою часткою сухих речовин 22,9 %, сирого протеїну – 12,2 %, рН – 4,2–4,6 [36; 142; 247]. У дослідях з вивчення можливості приготування силосу з амаранта в чистому вигляді, зібраного на різних фазах онтогенезу, і в суміші з іншими культурами було встановлено, що різні види амаранта мають неоднаковий ступінь придатності для використання в силосуванні [171]. Про це свідчить відмінність за показником співвідношення цукрів і білків, який об'єктивно впливає на силосування зеленої маси.

Найменший показник співвідношення цукрів і білків для всіх видів характерний у фазі бутонізації. У міру розвитку рослин цей показник збільшується і досягає максимуму у *A. hybridus* у фазі цвітіння (1,00), а в інших зразків – у фазі плодоутворення (0,32–0,76). Одержані

результати свідчать про те, що у фазі бутонізації амарант не зовсім придатний для силосування в чистому вигляді. *A. hybridus* можна силосувати вже у фазі цвітіння, а *A. lividus* та *A. mantegazzianus* – у фазі плодоутворення. *A. cruentus* слід віднести до групи рослин, що важко силосуються, а *A. spinach* – до рослин, які не силосуються. Детальніше вивчення *A. cruentus*, найбільш поширеного виду амаранта, показало, що з *A. cruentus* у фазі бутонізації одержують силос незадовільної якості.

Узагальнюючи одержані результати, автори дійшли висновку, що *A. cruentus* належить до рослин, які важко силосуються [171]. Суттєве поліпшення якості та збереження силосу спостерігали за умови його приготування в суміші з іншими рослинами. Найкращу якість мав силос, приготований з амаранта в суміші із сорго-суданським гібридом. У ньому знайдено максимальну кількість молочної кислоти, високий вміст протеїну, каротину.

Вивчаючи особливості силосування зеленої маси амаранта в різних фазах стиглості, Т.Я. Бехацька, В.П. Жуков [21] також відзначили фазу плодоутворення, точніше, молочно-воскової стиглості, яка найбільш сприятлива для збирання зеленої маси амаранта на силос. Силос, заготовлений в цей період, помірно кислий (вміст органічних кислот не перевищує 1,25–1,67 %), має сприятливі органолептичні показники і збережену структуру. Вивчення динаміки накопичення молочної та оцтової кислот показало, що корм, закладений у період до початку цвітіння, мав низьку якість. Кількість молочної кислоти становила лише 21,78 %, а оцтової – 78,22 % від загального вмісту кислот при рН – 5,0. Краще співвідношення кислотного комплексу було у фазі повного цвітіння – відповідно 41,67 і 58,33 %. Зелена маса амаранта, закладена в кінці молочно-воскової стиглості насіння, містила 68,44 % молочної і лише 31,56 % оцтової кислоти при рН – 4,49.

Фотометричний аналіз кислотного комплексу не виявив слідів небажаних кислот: масляної, валеріанової та пропіонової. Аналіз втрат сухої речовини показав, що максимальні втрати були в кормі, закладеному до фази цвітіння. У період цвітіння втрати становили 8,68 %, а в зеленій масі, закладеній при молочно-восковій стиглості зерна, вони дорівнювали лише 7,75 %. Хімічний аналіз силосу показав, що кількість протеїну як у зеленій масі, так і в готовому кормі зменшується, а процент його збереження у відношенні до зеленої маси збільшується. Так, у кормі, закладеному до цвітіння,

збереження протеїну становило 83,5 %, у фазі цвітіння – 86,74 %, у молочно-восковій стиглості зерна – 90,01 %.

Для одержання якісного силосу з амаранта, як вважають Т.Я. Бехацька та В.П. Жуков [21], слід проводити подрібнення зеленої маси із врахуванням її вологості. Чим вища вологість маси і ступінь її подрібнення, тим більші втрати сухої речовини. Автори рекомендують зелену масу амаранта з вологістю 75–80 % подрібнювати на часточки довжиною до 50 мм; 71–75 % – до 40 мм; 70 % і нижче – до 30 мм. Для регулювання бродильних процесів при силосуванні амаранта вони радять використовувати біологічний консервант литосол – 4–6 г/т силосної маси при 5 млрд/г живих бактеріальних клітин.

Науковці В.К. Крючков та інші [199] вважають, що амарант слід силосувати в суміші з рослинами, які гарно силосуються. Якість силосу поліпшується при сумісному силосуванні амаранта з кукурудзою у співвідношенні 1:1 або при додаванні в таку суміш 5 % подрібненої соломи зернових культур.

Водночас наявність бактерицидних сполук у зеленій масі амаранта, які при силосуванні пригнічують гнилісну мікрофлору і обмежують життєдіяльність молочнокислих бактерій, не тільки не пригнічує, а навіть стимулює розвиток дріжджів, що відіграє негативну роль при його сумісному силосуванні з високоцукристими рослинами [294]. Наприклад, при силосуванні кукурудзи з додаванням насіння амаранта кількість молочнокислих бактерій на шосту добу знижується порівняно зі звичайним силосуванням кукурудзи у півтора раза. При цьому кількість дріжджів зростає втричі (з 315 до 1010 тис./г). Аналогічну ситуацію спостерігають і при силосуванні в суміші з кукурудзою цілих рослин амаранта. Слід зауважити, що кукурудза багата на цукор, якого досить як для живлення молочнокислих бактерій, так і дріжджів. Тому при її сумісному силосуванні з амарантом, незважаючи на значні втрати поживних речовин, корм все-таки підкислюється до рН 4,0–4,2 і не містить масляної кислоти.

Інша ситуація складається при силосуванні амаранта в суміші з менш цукристими культурами, наприклад, з багаторічними й однорічними травами. У цьому випадку цукру вже замало, його не досить, щоб одночасно забезпечити живлення молочнокислих бактерій і дріжджів. Оскільки активність молочнокислих бактерій у перший період силосування дещо уповільнюється, дріжджі, активно розмножуючись, зброджують більшу частину цукру у спирт. Через

недостатню кількість цукрів корм уже не здатний підкислюватися до меж, які б знижували діяльність небажаної мікрофлори, головним чином клостридій, для яких цукор не потрібний, і тому цей корм псується. Наприклад, у разі силосування амаранта і конюшини у чистому вигляді втрати сухої речовини становили відповідно 4,07 і 8,02 %. В обох випадках маса успішно заквашувалася і не містила масляної кислоти. Однак при сумісному силосуванні амаранта з конюшиною (1:1 за масою) втрати поживних речовин збільшувалися до 13,6 %, рН корму зростав до 4,86, у силосі містилось 0,62 % масляної кислоти.

По-іншому відбувається процес у разі сумісного силосування амаранта з рослинами, які не силосуються, наприклад з люцерною. При силосуванні люцерни як у чистому вигляді, так і в суміші з амарантом бродіння дріжджів через недостатній вміст цукрів фактично не відбувається, а бактерицидні сполуки амаранта при його сумісному силосуванні з люцерною різко обмежують активність гнилісної мікрофлори на початку силосування. У результаті весь цукор використовується молочнокислими бактеріями. Тому, незважаючи на деяку затримку молочнокислого бродіння, силос із суміші амаранта з люцерною підкислюється навіть більшою мірою, ніж силос із суміші амаранта з кукурудзою і, на відміну від останнього, має такий же високий ступінь збереження, як силос з амаранта у чистому вигляді. Так, в одному з дослідів втрати сухої речовини при силосуванні амаранта і люцерни в чистому вигляді становили відповідно 4,11 і 14,67 %, а при сумісному силосуванні амаранта з люцерною (1:1 за масою) – 2,97 %, при цьому рН силосу з амаранта становив 4,28, з люцерни – 4,42, а з суміші амаранта з люцерною – 4,14 [294].

Важливо відзначити, що бактерицидні сполуки амаранта пригнічують розвиток гнилісної мікрофлори. Наприклад, при силосуванні люцерни чисельність пліснявих грибів на 15-ту добу силосування становила 65,5 тис/г, а при силосуванні амаранта і його суміші з люцерною (1:1 за масою) відповідно 2,65 і 1,70 тис./г, тобто при силосуванні амаранта і його суміші з люцерною одночасно поліпшувались і гігієнічні властивості корму. Науковці Ю.А. Побєднов та інші [294] вважають, що амарант слід силосувати або в чистому вигляді, або в суміші з рослинами, які не силосуються (люцерна та ін.). Це забезпечує отримання доброякісного корму з мінімальними втратами поживних речовин без використання хімоксервантів. У той же час наявність в амаранті бактерицидних



сполук, які стримують молочнокисле бродіння і стимулюють розвиток дріжджів, робить його зовсім непридатним для силосування в суміші з рослинами, які легко силосуються. Але ці висновки не остаточні і, на наш погляд, потребують додаткової перевірки.

Значні перспективи відкриваються в Україні у разі вирощування амаранта як зернової культури. При врожайності до 30 ц/га насіння амаранта містить близько 12–18 % білка [243].

Крім того, як свідчать дані, одержані К. Hisdley [511], білок амаранта має високу харчову цінність і оцінюється в 75–87 балів (за 100-бальною шкалою) залежно від виду, у той час як білок коров'ячого молока оцінюється в 72 бали, пшениці – у 57 балів, кукурудзи – у 44 бали, а високобілкової культури сої – у 68 балів.

Висока поживність амарантового насіння пояснюється тим, що більшу його частину займає зародок. Калорійність цілого насіння амаранта вища, ніж у гречки. За співвідношенням амінокислот білок амаранта наближається до ідеального.

Вивчення амінокислотного складу деяких видів амаранта, проведене американськими вченими [590], не виявило суттєвої різниці за вмістом основних амінокислот між видами амаранта.

Середня кількість білка в насінні амаранта вища, ніж у зерні зернових культур, за винятком очищеного вівса.

За допомогою анатомічного препарування А.А. Betschart та інші [447], а також електронної мікроскопії Y. Konishi et al. [529] з'ясували, що 65 % білка *A. cruentus* міститься в зародку і насінневій оболонці, 35 % – у крохмалістому периспермі. Анатомічне розташування білкових запасів у зерні інших видів амаранта аналогічне [519]. Було проведено дослідження локалізації білка на основі його розчинності у воді, солях, спирті та лугах [433]. У насінні амаранта значну частину білка становлять глобуліни. Вони входять до складу всіх основних фракцій: соляної, лужної та залишкової. Глобуліни амаранта представлені двома типовими для інших дводольних глобулінами, які позначаються як 7S і 11S. Порівняльний аналіз електрофореграм показав, що зародки амаранта фактично не відрізняються за складом поліпептидів невідновлених білків [163]. Відмінність стосується високо- та низькомолекулярних поліпептидів, що дозволяє розрізняти види і сорти амаранта.

Фракційний склад білка насіння амаранта значно кращий за поживністю, ніж у зернових злаків [353]. Легкозасвоювані білки із збалансованим амінокислотним складом, альбуміни і глобуліни

становлять 50 % загальної суми фракцій (18,8 % – глобуліни і 38,4 % – альбуміни). Не збалансовані за амінокислотним складом, із вмістом незамінних амінокислот, спирторозчинні білки – проламіни становлять усього 12,6 %, а в зерні злаків їх вміст досягає 40 % від сумарного білка. Суттєву частину становлять близькі за поживністю до альбумінів і глобулінів лугорозчинні білки – глютеліни (до 21 %).

Насіння амаранта містить два хітинозв'язувальні пептиди: АМР-1 і АМП, які мають добре визначену гомологію з цистеїн-гліцин багатих доменами, характерними для багатьох хітинозв'язувальних білків: лектинів, хітиназ і гевеїнів. Особливий інтерес викликає їх фунгіцидна і антибактеріальна дія на гриби та бактерії, які уражують культурні рослини [227]. Під час дослідження дев'яти зразків амаранта R. Becker et al. [445] в шести з них знайдено лише сліди кількох моноцукрів, в інших трьох зразках вони взагалі були відсутні. Вміст основного цукру – цукрози в насінні амаранта був майже вдвічі вищим, ніж у зерні жита, пшениці, проса. Вміст цукрів був таким: цукрози – 1,08–2,26 % (у середньому – 1,65 %), рафінози – 0,45–1,23 % (у середньому 0,84 %), стахіози – 0,02–0,15 % (у середньому 0,06 %), мальтози 0,02–0,36 % (у середньому 0,22 %). Це може вказувати на наявність амілозної активності.

Найбільш поширеним вуглеводом у насінні амаранта є крохмаль. У світлих зернах його вміст становить  $69 \pm 3$  %. Виділений крохмаль – це гранули діаметром 1–3 мкм майже чистого амілопектину [553]. Оскільки ці гранули надзвичайно дрібні, вони мають велику площу поверхні на 1 г та високу адсорбувальну здатність і можуть проходити через аерозольні наконечники. Тому їх використовують в неалергічних аерозолях, як наповнювачі в харчових продуктах або замінювачі тальку для косметичних цілей [445; 534; 584; 595–597]. Науковець K.J. Goering [493–494], описуючи властивості крохмальних відкладень у *A. retroflexus*, установив, що вони складаються із гранул, зцементованих аморфним крохмалем. Пізніше було виділено окремі крохмальні гранули із *A. retroflexus*; їх розмір становив 0,75–1,25 мкм, склалися вони також майже із чистого амілопектину (95 %).

За допомогою скануючої електронної мікрофотографії було досліджено крохмаль в *A. cruentus* і *A. hypochondriacus*. Зерна мали форму багатокутника. Вміст амілози в крохмалі *A. hypochondriacus* дорівнював 7,2 % [445]. Крохмальні гранули амаранта перетравлювалися глюкоамілозою майже в п'ять разів швидше, ніж із

зерна злаків. Аморфний крохмальний «цемент», схожий на той, який знайшов K.J. Goering [493–494] у *A. retroflexus*, у цих видів був відсутній.

Фізико-хімічні властивості крохмалів із *A. hypochondriacus* детально вивчали R. Becker et al. [445], L.C. Gilbert та C.S. Kaufman [492].

Загальний вміст жиру в насінні амаранта, як установили американські вчені, коливається в межах від 5,1 до 17,0 % [446; 537; 539; 590]. Амарантова олія містить велику кількість лінолевої (C18:2), олеїнової (C18:1) та пальмітинової (C16:0) кислот і тільки сліди ліноленової (C18:3) й інших кислот. Таким чином, амарантова олія містить майже 76 % ненасичених жирних кислот і нагадує олію з насіння бавовнику або з рисових висівків. Вміст основних жирних кислот в олії амаранта становить: лінолевої – 37–62 %, олеїнової – 19–35 %, пальмітинової – 12–25 % і стеаринової – 2–25 % [124; 237]. Також визначено, що за вмістом незамінних жирних кислот сорти амаранта значно різняться між собою.

Насіння амаранта містить приблизно 90 % неполярних ліпідів, більше 90 % яких представлено тригліцеридами, все інше – стеролами та стероловими ефірами. Гліколіпіди, головним чином моногалактозил і дигалактозилгліцериди, становили 6,4 % від загальних ліпідів, а фосфоліпідна фракція, представлена, головним чином, фосфатидилхоліном, фосфатидилетаноламіном і фосфатидилінозитолом, – близько 3,6 %.

Абразивний помел *A. cruentus* дозволяє отримати фракцію насінневих оболонок, які містять у цілому 19,2 % неочищеної олії, або 74 % від загального вмісту олії в насінні [290; 447]. Під час лабораторних досліджень було встановлено, що питома вага олії із *A. gangeticus* (*A. trikolor*) дорівнює 0,9021 при 29 °C, а її кислотне число – 12,4, тоді як неочищена олія з *A. retroflexus* має питому вагу 0,9236 при 24 °C і кислотне число 3,9.

Залежно від виду амаранта хімічний склад насіння значною мірою варіює [504; 516; 521; 590]. Загальний вміст мінеральних речовин золи у різних видів амаранта, як правило, вищий, ніж у зерні злаків [590]. У проведених американськими вченими дослідженнях з вивчення вмісту макроелементів у двох зразках *A. hypochondriacus* і восьми зразках *A. cruentus* одержано такі результати: Mn 29 і 31; Cu 7 і 6; Al 41 і 44; Zn 36 і 35; Sr 2 і 5; Pb 3 і 3; Si 30 і 27 частин на мільйон. Аналіз неочищеного зерна амаранта і пшениці свідчить про те, що насіння амаранта містить майже в п'ять разів більше заліза, ніж зерно

пшениці. Молотий перисперм амаранта (борошно) містить у чотири рази більше цинку, у сім разів – кальцію та більш ніж у 10 разів – заліза, порівняно з пшеничним борошном промислового помелу [447].

За даними І.М. Магомедова [540], мінеральні речовини насіння амаранта представлені різними макроелементами: кальцієм – до 187 мг %, фосфором – до 455, магнієм – до 288, натрієм – до 32, калієм – до 420 мг %. Кальцій і фосфор мають співвідношення 1:2, що є фізіологічно необхідним для організму людини. Вміст мікроелементів такий: міді – 0,9 мг %, заліза – 10 і цинку – 3,8 мг %. Вміст клітковини в насінні культурних видів дорівнює 4–5 %, у насінні дикорослих – до 11 %. Подрібнення насіння амаранта показало, що вітаміни концентруються в зародку [447].

В насінні амаранта містяться біологічно цінні токоферолі (вітамін Е) – до 113–192 мг %, каротиноїди – до 0,45–1,12, вітамін В1 (тіамін) – до 0,21, вітамін РР (ніацин) – до 1,31 мг %, що на 20–50 % більше, ніж у зерні традиційних злакових культур [540].

Отже, значні поживні властивості і висока якість насіння амаранта підтверджують доцільність його застосування в харчуванні людей, а як джерела біологічно цінних речовин – у фармацевтичній промисловості, а також для приготування цінних кормів у тваринництві.

Оскільки насіння амаранта покрите щільною насінневою оболонкою, в необробленому вигляді воно не засвоюється і потребує механічної або теплової обробки.

Вивчення абразивних помелів насіння амаранта, проведене А.А. Бетшартом [447] із застосуванням модифікованого млина системи Стронга-Скотта, показало, що загальна кількість насінневих оболонок після п'ятого перемелювання становила 25,5 %, тобто екстракція борошна дорівнювала 74,5 %. У той же час вихідне насіння містило: азоту – 2,96 %; жиру – 7,40; волокнистих матеріалів – 3,30; і золи – 3,20 %; фракція насінневих оболонок містила: азоту – 66,72 %; жирів – 19,20; волокнистих матеріалів – 7,70; попелу – 7,00 %. Перисперм містив: азоту – 1,23 %; жиру – 2,30; волокон – 0,90; попелу – 1,20 %, баластові речовини були представлені в основному крохмалем. Перемелені вручну перисперм і насінневі оболонки містили відповідно 1,14 і 7,00 % азоту. Ці показники добре узгоджуються з величинами, одержаними для різних фракцій на проміжних етапах перемелювання, і свідчать про ефективність абразивного перемелювання (грануляції) для відокремлення фракцій насінневих оболонок і перисперму (борошна). У

тих самих дослідженнях з перемелюванням було показано, що білки, вітаміни, мінеральні речовини сконцентровані у фракції насінневих оболонок подібно до всіх злаків.

Під час перемелювання насіння *A. hypochondriacus* у млині Брабендера було одержано 10,4 % дрібного і 16,2 % грубого борошна, висівки становили 52,5 %, а розбите зерно – 20,1 %. Фракція дрібного борошна містила найбільшу кількість золи і волокнистого матеріалу, тоді як висівки вміщували небагато білка і 62 % крохмалю. У процесі перемелювання не відбулося виділення певних морфологічних фракцій насіння. Порівняльний аналіз борошна з насіння амаранта хвостатого сорту Скорпійон і пшениці сорту Іргіна показав, що в борошні амаранта з 18 амінокислот тільки три (глутанат, пролін і цистеїн) містяться в меншій кількості. Наприклад, за вмістом незамінних амінокислот – лізину, триптофану та аргініну – амарант переважає пшеницю у 2,74, 1,89 і 1,54 рази. У борошні з насіння амаранта міститься більше усіх форм азоту (у середньому в 1,7 раза) і жиру (у 4,3 раза) [388].

Але в процесі подрібнення насіння амаранта у виробничників можуть виникнути певні труднощі, що спричинено невеликими розмірами насіння, високим вмістом оболонкових тканин підвищеної міцності. Це призводить до суттєвого підвищення температури в зоні контакту подрібненого зерна з абразивними робочими органами і, як наслідок, викликає часткову деструкцію білка або декстринізацію крохмалю.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано використання абразивних зерен різних фракцій залежно від розміру насіння, а також застосування металевої зв'язки [3]. Таке покриття, з одного боку, підбором зовнішнього шару абразиву забезпечує добре тепловідведення через металеву зв'язку, з другого – знижує температуру в зоні обробки зерна на 18–20 %.

Вперше борошно з насіння амаранта було апробовано американськими вченими [590]. Насіння подрібнювали на борошно і змішували його з пшеничним для визначення кривої борошністості й амілографічної в'язкості. Фаринографічне поглинання збільшувалося в міру збільшення частки амарантового борошна в суміші. При цьому час, доки тісто підіймалося, збільшувався, загальний і питомий об'єм знижувався. При додаванні 10–15 % амарантового борошна хліб був більш пористим, грубим, з темнішим м'якушем.

Науковці L.C. Gilbert, C.S. Kaufman [492] детально досліджували властивості амарантового насіння і борошна для визначення їх хлібопекарських властивостей. Було вивчено 56 зразків амаранта, що належали до дев'яти видів. Подрібнюючи зразки насіння, одержували борошно; було отримано також зразки молотого зерна, які відрізнялися за поглинальною здатністю.

Установлено, що мексиканські види амаранта характеризуються високим поглинанням води, наявністю певного смаку, значним об'ємом набухання. Борошно цих видів надає хлібові зернистості і характерної гірчинки. Золотисте насіння після кип'ятіння набуває сірого відтінку, а додавання такого борошна надає виробу також сірого відтінку.

Африканські види амаранта мають інші властивості. Додавання такого борошна надає хлібові золотистого відтінку через коричневий колір насіння, суміші борошна поглинають мало води, а тісто важко обробляється. Хліб з такою добавкою набуває дрібної зернистості.

Насіння пізньостиглого *A. hypochondriacus* при додаванні в хліб і печиво надає їм дуже приємного солодкуватого присмаку та сприяє утворенню хрусткої шкоринки. Це насіння має здатність до поглинання великої кількості води, а його додавання полегшує обробку тіста і надає випічці золотистого кольору. При додаванні борошна амаранта до борошна пшениці або борошна кукурудзи підвищується вміст протеїну в тісті і поліпшується якість виробів [268; 452–453; 535; 569].

Для поліпшення властивостей борошна з насіння амаранта рекомендовано проводити обробку насіння ІЧ-опромінюванням тривалістю 60–75 хв при температурі 55–60 °С і щільності теплового потоку 1,5–5 кВт/м<sup>2</sup> [213]. За таких умов газо- і цукроутворювальна здатність амаранта зростає на 31 і 23 % відповідно, масова частка крохмалю зменшується на 22 %, а кількість декстринів збільшується на 15 %. Масова частка білка і клітковини не зменшується. У досліді вивчали можливість застосування ціЛЬНОзмеленого амаранта, обробленого ІЧ-випромінюванням, в аглютенітичних хлібобулочних виробках у кількості 10; 15; 20 %.

При вмісті амаранта 10–15 % у суміші борошна поліпшуються поживні властивості виробів і скорочується період розстоювання тіста. Із збільшення вмісту борошна амаранта до 20 % зростає кислотність і газонакопичування в тісті, але дещо погіршується структура пористості м'якуша готових виробів. На основі проведених

досліджень було розроблено рецептуру і технологію аглютененового хліба з додаванням 15 % борошна амаранта з насіння, обробленого ГЧ-випромінюванням, яка захищена патентом Російської Федерації. Вироби мають вищі показники якості, ніж відомі (ТУ 8-22-61-88 – «Изделия хлебобулочные. Хлеб безглютеновый»), за питомим об'ємом – на 59 %, за масовою часткою білка – на 37 %, клітковини – у чотири рази. Крім того, аглютенений хліб пройшов випробування в клініці. Його включали в аглютенову дієту групі пацієнтів з глютенною ентеропатією (вісім осіб) протягом чотирьох тижнів. У результаті курсу дієтотерапії у всіх обстежених відзначено позитивну динаміку клінічних і лабораторних показників.

Розроблено рецептури з додаванням амарантового борошна під час виготовлення хліба з пшениці, жита, а також рецептури хлібо-булочних виробів з амарантового борошна [425]. Використання амарантового борошна можливе в рецептурах пісочного напівфабрикату, який застосовують для виготовлення тістечок, тортів, печива. Результати дослідів засвідчили, що заміна 30 % пшеничного борошна на амарантове не знижує якості напівфабрикату, а навпаки, підвищує вміст у ньому білка до 11 %.

Показано можливість використання амаранта для приготування безклейковинного пісочного тіста для аглютененої дієти. Рецептuru такого печива вміщує крохмаль, набубнявілий кукурудзяний крохмаль, амарантове борошно. Оптимальне відношення компонентів 40:20:40. Амарантове борошно також застосовують для виготовлення млинців і оладок. Їх готують за традиційною рецептурою шляхом заміни 10–30 % пшеничного борошна борошном амаранта, при цьому вироби зберігають свої смакові якості.

Було доведено, що в макаронних виробках можлива заміна пшеничного борошна до 50 % борошном амаранта. Це не змінює традиційного смаку, але підвищує харчову цінність продуктів [211–212]. Для розширення асортименту помадних цукерок з підвищеною біологічною цінністю розроблено нову технологію цукерок «Лілія» з біологічно активною добавкою борошна з насіння амаранта.

Установлено, що завдяки введенню добавок борошна амаранта черствіння помадки та мармеладу сповільнюється, а органолептичні показники в цілому поліпшуються. Смак і запах стають більш відчутними, амарант надає цукеркам горіхового смаку [168–169].

У рецептурі цукеркової маси частково зменшується масова частка згущеного молока, цукру, що усуває згірклість, знижує

енергоємність. Крім того, цукерки збагачуються біологічно активними речовинами: незамінними амінокислотами, вітамінами, мікроелементами, які підвищують їх біологічну і харчову цінність.

В НДІ харчоконцентратної промисловості, Одеській державній академії харчових технологій проведено роботу з розширення асортименту харчових концентратів із застосуванням зерна амаранта. Розроблено технології та рецептури харчових концентратів гарячих страв, напівфабрикатів з борошна й екструдованих продуктів на основі різних співвідношень насіння амаранта з крупами та іншими компонентами [58; 152–153; 183; 292; 338]. У Львівській ветеринарній академії проведено дослідження з використання шроту зерна білонасінної форми амаранта як білкового замінювача частини м'яса в ковбасах і фаршевих (котлетних) виробих. Одержані м'ясні вироби за хімічним складом і величиною рН прирівнювалися до виробів з чистого м'яса, а за органолептичними показниками перевищували м'ясні вироби, до складу яких входили горох і соя [403].

В американських книгах з кулінарії наведено багато рецептів приготування страв, у яких використовується насіння, листя або борошно амаранта [405]. Цінність амарантової олії полягає в тому, що вона містить сквален, який у сполученні з токоферолом, поліненасиченими жирними кислотами і каротиноїдами регулює ліпідний обмін, здійснює мембрано-стабілізувальну, протизапальну, знеболювальну дію і стимулює грануляцію й епітелізацію тканини.

В Інституті біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України розроблено технологію отримання сквалену з насіння амаранта, яка включає стадії екстрагування, випаровування та адсорбційного очищення [379]. Науковці А.Ш. Ахмед-Заде, Н.А. Мамедов [10] визначили фізико-хімічні характеристики амарантової олії. Проведені тести дозволили встановити терапевтичний ефект амарантової олії, визначити її бактерицидну активність і частковий антисептичний протипухлинний ефект. Учені припускають, що вклад сквалену в регуляцію проліферативних процесів не може бути обумовлений тільки його внутрішньоклітинною концентрацією. Імовіріше, сквален через механізм від'ємного зворотного зв'язку впливає на активність ферментів, каталізуючи як синтез власних молекул, так і біогенез спільних посередників усіх фізіологічно активних ізопреноїдів.

Фармакологічні властивості амарантової олії стали основою для вивчення можливості її застосування в терапевтичній стоматології при ексудативно-гіперемічній та ерозійно-виразковій формах червоного



плоского лишая, хронічного рецидивного аденозного стоматиту, десквамативного глоситу, глокалгії і протезного стоматиту.

Крім того, доведено ефективність лікування вказаних захворювань із застосуванням фонофорезу, де фармакологічні властивості амарантової олії посилюються під впливом ультразвуку [288].

Вперше про використання амаранта як лікувального засобу, який знижує кишково-шлункові запалення, згадується за часів існування стародавніх цивілізацій центральної і північної частин Південної Америки [405]. Про ефективність застосування амарантової олії для лікування виразок шлунково-кишкового тракту свідчать також роботи З.М. Кончик і З.А. Царик [187].

Ученими НДІ онкології ім. М.М. Петрова (Санкт-Петербург) доведено ефективність застосування амарантової олії під час лікування онкозахворювань [237; 239].

Заслуговує на увагу використання насіння амаранта під час приготування комбікормів для різних видів худоби. У досліджах А.І. Котлярова та С.П. Чумаченка [192] вивчався вплив зерна амаранта на ріст, розвиток і стан здоров'я телят. Тварини контрольної групи отримували комбікорм-передстартер, прийнятий у господарстві, а дослідні тварини – такий же комбікорм, однак у ньому пшеницю замінили за поживністю зерном амаранта.

На основі аналізу показників крові визначено тенденцію до збільшення кількості еритроцитів і ступеня насиченості їх гемоглобіном у телят дослідної групи.

За обліковий період середньодобові прирости живої маси теличок дослідної групи становили 560 г і були на 8,7 % вищими порівняно з контролем. Згодовування телятам-молочникам комбікорму із включенням зерна амаранта сприяло нормалізації обмінних процесів у їх організмі та підвищенню інтенсивності росту.

Науковці В.П. Пундик, З.О. Царик [311] одержали позитивні результати з використання зерна амаранта в передстартерному комбікормі для невідлучених поросят. Введення до складу комбікорму зерна амаранта і відгодівля ним невідлучених поросят сприяли підвищенню їхньої маси порівняно з контролем. За обліковий період (з 20-денного віку до відлучення) середньодобовий приріст у дослідних групах поросят був вищим відповідно на 17 і 20 г (5,5 і 6,5 % від контрольних аналогів). У крові дослідних поросят спостерігалось підвищення кількості еритроцитів, концентрації

гемоглобіну, загального білка та альбумінів. Як відзначають автори, у дослідних групах поросят збереглося більше, ніж на контролі.

Водночас А. Takken, І.К. Connor [611] вважають, що застосування зерна амаранта без ретельної теплової обробки може викликати отруєння поросят.

Установлено, що обробка зерна амаранта на екструдері типу КМЗ-2М при температурі 130–132 °С з одночасним відділенням олії підвищує вміст білка, збільшує концентрацію водорозчинних вуглеводів у кормі, у 4–6 разів знижує вміст інгібітору трипсину, що значно підвищує поживну цінність зерна [65].

Додавання в комбікорм, який згодовували відлученим поросят, екструдату із зерна амаранта забезпечувало середньодобовий приріст поросят до 493 г, у той час як у поросят контрольної групи він становив 471 г, при цьому витрати поживних речовин на одиницю приросту за кормовими одиницями знижувалися на 3,5 %, за перетравним протеїном – на 4,9 %. Згодовування зерна амаранта дорослим гусям у період яйцекладки сприяло збереженню їх живої маси, деякому підвищенню несучості та поліпшенню гематологічних показників. Головним же ефектом у цих дослідах було підвищення запліднюваності яєць і виведення гусенят під час інкубації, що характеризує амарант як один із засобів оптимізації репродуктивної функції гусей [113]. Автори вважають, що амарант слід включати до складу стандартних кормів у кількості 10–25 % у нативному вигляді для дорослої птиці, а для молодняку – у провареному вигляді у складі відповідних кормосумішей.

Науковці М.М. Хомин, З.О. Царик, В.В. Гуменюк [400] указують також на позитивний вплив зерна амаранта на ріст і розвиток гусенят. У їхніх дослідах контрольна група одержувала стандартний комбікорм ПК 31-2 у кількості, що відповідає фізіологічно обґрунтованим нормам годівлі, а дослідна – цей же комбікорм, але з частковою заміною його термічно обробленим зерном амаранта. Дослід тривав 60 днів. У результаті проведених досліджень встановлено, що згодовування насіння амаранта мало позитивний вплив на темпи приростів живої маси гусенят, ріст пера і пуху, а також деякі ланки обміну речовин в організмі.

Так, у кінці досліду середня маса живих гусенят, яким згодовували амарант, становила 4559 г і була більшою від контрольної групи на 4,8 %, темпи приростів живої маси в останній місяць годівлі були вищими на 14,8 %, вихід перо-пухової сировини

переважав контроль на 3,2 %. Маса тушки в 90-денному віці становила в середньому 2480 г проти 2266 г на контролі, тобто була вищою на 9,4 %.

Про ефективність застосування амаранта для відгодівлі курчат-бройлерів свідчать роботи американських учених [434; 463; 533; 615–617]. Однак ці науковці вважають, що для підвищення ефективності дії амарантового насіння на продуктивність курчат краще застосовувати насіння, яке пройшло термічну обробку. У цьому випадку в раціон можна додавати до 40 % амарантового насіння або амарантових висівок. Позитивні результати були одержані Р.В. Tillman, Р.В. Waldroup [616] під час застосування насіння амаранта для курей-несучок.

Досліди з вивчення кормової цінності насіння амаранта й ефективності його згодовування курчатам-бройлерам проводили Б.Я. Швайківський, З.О. Царик [418]. Курчата контрольної групи, починаючи з тижневого віку, отримували стандартний комбікорм згідно з рецептом. До раціону дослідної групи додавалось насіння амаранта у кількості, яка збагачувала раціон за протеїном. Дослідження показали, що приріст живої маси бройлерів дослідної групи, у раціон якої вводили зерно амаранта, був вищим протягом усього експерименту. Так, жива маса одного курчати після першого тижня експерименту становила 98 г проти 96 г на контролі. У кінці восьмого тижня різниця сягала 137 г. Середня вага одного бройлера дослідної групи досягла 1,827 кг.

Результати досліджень свідчать, що введення в раціон курчат бройлерів насіння амаранта досить ефективно і позитивно впливає на стан здоров'я та виживання курчат.

Науковець Л.Г. Ройченко [321] під час порівняльних дослідів амаранта з кукурудзою, як однією з найбільш рентабельних кормових культур, довів економічну доцільність вирощування амаранта на зелений корм і зерно.

Економічні і кормові параметри порівняльної оцінки дали змогу виявити перевагу вирощування амаранта як поживного корму для молодняка великої рогатої худоби і особливо для свиней, а насіння – на корм птиці. Під час вирощування амаранта на зелений корм витрати праці на 1 га знижувалися на 12,7 %, на силос – на 46,3 % і насіння – на 25,5 %, а грошові експлуатаційні витрати були нижчими відповідно на 13,2; 41,8 і 28,3 %. Переважає значна економія таких затрат на 1 год роботи. Крім того, при однаковій врожайності (на

зелений корм – 300 ц/га, силос – 400 ц/га, а насіння зернових сортів амаранта – 35 ц/га і кукурудзи – 50 ц/га) амарант забезпечував з 1 га більший вихід перетравного протеїну в зеленому кормі (на 94,6 %), у силосі (у два рази), у насінні (на 4,5 %).

Порівняно з кукурудзою, трудові і грошові витрати на 1 га посівів амаранта нижчі, а вихід перетравного протеїну вищий у разі вирощування цієї культури на зелений корм і силос. Отже і собівартість 1 ц перетравного протеїну амаранта нижча, ніж у кукурудзи. Але порівняльний аналіз виходу кормових одиниць з 1 га показує, що кукурудза перевищує амарант за деякими показниками. Зерно і зелена маса кукурудзи мають більший вміст вуглеводів, але значно менше білка порівняно з амарантом. Низький вміст білка в раціоні тварин потребує значно більших витрат кормів, ніж у збалансованих за білком раціонах. Тому одним із резервів вирішення цієї проблеми є введення амаранта в кормову сівормину.

З виходом амаранта у виробництво виникає і безліч проблем, пов'язаних з вирощуванням та використанням одержаної продукції. Вирощування цієї культури у третьому тисячолітті ускладнюється і відрізняється від виробництва, яке було у стародавніх цивілізаціях.

Сьогодні виробництву потрібна конкурентоспроможна, економічно вигідна культура з високим рівнем адаптивного потенціалу. Щоб амарант став такою культурою, необхідно вирішити ряд питань, пов'язаних із сівбою, доглядом за посівами, збиранням та використанням одержаної продукції; виділити види, перспективні для певних ґрунтово-кліматичних зон, з урахуванням напрямку використання, підвищити їх урожайність, адаптивні властивості та поліпшити якість урожаю шляхом селекційної роботи.

До питань, які вимагають першочергового вивчення, належать: визначення сприятливих умов для росту і розвитку амаранта шляхом вивчення залежності розвитку агроценозів культури від агрокліматичних факторів; розробка ефективних технологій вирощування амаранта з урахуванням таких його недоліків, як дрібнонасінність, низька конкурентна спроможність у перші три тижні розвитку, пізньостиглість. Вирішення цих питань вимагає комплексного підходу до аналізу видового складу, вивчення біологічних і адаптивних властивостей культури, розробки методів поліпшення у сортів амаранта цінних господарських ознак (урожайності зеленої маси та насіння, їх якості, адаптивних ознак тощо).

## Розділ 2

# ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ ЗЕРНОВИХ ВИДІВ АМАРАНТА І ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦІЙНИХ ПРОГРАМАХ РОСЛИНИ

Вивчення генетичного різноманіття, а також ідентифікація і контроль генетичної мінливості рослинного матеріалу підвищує ефективність селекції, створює сприятливі передумови для добору бажаних генотипів, дозволяє виявляти донорів цінних господарських ознак. Велике видове різноманіття роду *Amaranthus* L. (більше 60 видів і 800 різновидностей) формує його багатий генофонд, що сприяє створенню сортів і гібридів різних напрямів використання. Однак для цілеспрямованої маніпуляції спадковими ресурсами амаранта необхідне глибоке всебічне вивчення морфології і генетики цієї рослини, особливо тих форм, які планується використовувати як вихідний матеріал у селекції.

Проведення генетичних досліджень у амаранта ускладнене рядом морфобіологічних особливостей (складна будова суцвіття, дрібні розміри статевих органів, складна система запилення), які перешкоджають можливості вільного механічного втручання в репродуктивні органи культури та використання основного методу генетики – гібридологічного аналізу. У зв'язку із цим важливим є залучення методів, які дозволять детально вивчати певні аспекти генетики амаранта.

Одним з підходів до вирішення поставленої проблеми є застосування біохімічних маркерів [427; 546; 551] і різних типів маркерів ДНК (RAPD [458; 547], ISSR [578; 607], SSR [460; 475], ITS та AFLP [628], SCAR [579]). Зазначені маркерні системи використовують для маркування генів, які контролюють господарські ознаки, генетичного картування, ідентифікації генотипів, з'ясування філогенетичних і таксономічних відносин між різними видами в межах роду *Amaranthus* та з іншими генетично близькими таксономічними одиницями.

### 2.1. Генетичні маркери в генетико-селекційних програмах амаранта

На сучасному етапі розвитку генетики необхідне широке впровадження генетичного маркування в селекції рослин. Успіх

селекції амаранта також значною мірою залежить від застосування сучасних підходів та методів. Залучення різних типів маркерних систем (морфологічні і біохімічні ознаки, а також маркери ДНК) дозволить істотно прискорити генетико-селекційні дослідження культури.

Маркером може бути будь-який морфологічний, біохімічний чи молекулярний показник, який легко виявляється і є зчепленим з певною ознакою [154]. Однак диференційна спроможність генетичних маркерів різна. Вона залежить від ступеня поліморфності, природи поліморфізму, а для білків також від різноманіття їх компонентного складу. У зв'язку із цим до генетичних маркерів висувають ряд вимог, що визначають їх ефективність: 1) нейтральний прояв стосовно фенотипу; 2) легка ідентифікація алельних варіантів у різних особин; 3) рівномірність розподілу в геномі; 4) незалежність прояву від впливу факторів довкілля; 5) високий рівень поліморфізму; 6) кодомінантний тип успадкування; 7) легкість виявлення, відтворюваність результатів і невелика собівартість.

Весь спектр генетичних маркерів можна розділити на морфологічні, біохімічні (запасні білки та ізоферменти) і маркери ДНК (RFLP, RAPD, ISSR, SSR, AFLP, SNP та багато інших). Але, незважаючи на великий арсенал маркерних систем, сьогодні немає такого типу маркерів, які б задовольняли всі зазначені критерії. Отже, їх вибір визначається певним науковим завданням.

Морфологічні ознаки – головний інструмент генетичних досліджень [367], які дотепер не вичерпали себе як генетичні маркери, про що свідчать сучасні роботи в цьому напрямі [23; 112; 148; 226]. Перевагою морфологічних маркерних систем є проста візуальна оцінка фенотипу. Однак кількість інформативних маркерів цього типу обмежена полігенним контролем більшості морфологічних ознак та залежністю від умов середовища.

Більш досконалішими порівняно з морфологічними ознаками є біохімічні (запасні білки, ізоферменти) і молекулярно-генетичні маркери (маркери ДНК), які меншою мірою піддаються модифікаційній мінливості, дозволяють у великій кількості ідентифікувати гени і проводити маркування будь-яких областей генома.

Використання кількох сотень біохімічних маркерів дозволило оцінити рівень генетичної мінливості у більш ніж 2000 біологічних видів [119] та розробити основні теоретичні положення популяційної генетики [7; 210; 313]. Цей тип маркерів широко застосовують у

селекційно-генетичних програмах для експертизи сортів, контролю сортової чистоти і гібридності насіння, реєстрації сортів та ідентифікації генотипів [19; 426], для картування генів, виявлення мікромутацій і транслокацій хромосом [136; 346] тощо. В основу використання білків як генетичних маркерів покладено виявлення їх генетично детермінованого поліморфізму (ізоферментних форм) за допомогою методу електрофорезу. Перевагою біохімічних маркерів є те, що аналіз можна проводити на великих вибірках із залученням малої кількості матеріалу. Склад алозимів однакових органів на певних етапах розвитку визначається тільки генотипом і фактично не залежить від умов розвитку. В  $F_1$  зазвичай спостерігається кодомінантний тип успадкування, тобто у гетерозигот присутні обидві алельні субодиниці ферменту. Це дозволяє швидко ідентифікувати в гібридах гетерозиготи, що майже неможливо зробити, вивчаючи морфологічні ознаки, оскільки в цьому випадку відбувається домінування ознаки одного з батьків [346]. Але біохімічні маркери дозволяють досліджувати поліморфізм тільки тих генів, що їх кодують. Крім того, один білок може бути продуктом експресії декількох генів і змінюватись під впливом середовища [266].

Перспективнішим є використання в ролі генетичних маркерів поліморфних нуклеотидних послідовностей ДНК, що дозволяють тестувати генетичний поліморфізм на рівні генів. Маркери ДНК дають змогу маркувати навіть ділянки генома, що не транскрибуються, використовувати для аналізу будь-які тканини й органи, незалежно від стадії розвитку організму [154; 367]. Поліморфні послідовності ДНК використовують для маркування генів [136; 364], побудови генетичних карт [241], паспортизації сортів [334], виявлення мутацій, ідентифікації геномів та оцінки генетичної мінливості організмів [335; 576], для розв'язання проблем таксономії [23], еволюції та філогенетики [367] різних сільськогосподарських культур.

Умовно ДНК-маркери поділяють на три групи: 1 – засновані на Саузерн-блот-гібридизації (RFLP); 2 – базуються на полімеразній ланцюговій реакції (RAPD, AFLP, ISSR, SSR, SCAR, STS та ін.); 3 – ДНК-маркери нового покоління, в основу яких покладено секвенування та використання ДНК-чипів (SNP). Переваги та недоліки різних типів ДНК-маркерів охарактеризовано в роботах багатьох сучасних дослідників [160–161; 367; 399].

У нашому дослідженні було використано два типи молекулярно-генетичних маркерів (RAPD, ISSR), які ґрунтуються на застосуванні ділянок ДНК, що мають множинну локалізацію в геномі.

**RAPD-технологія** має ряд переваг перед іншими маркерними системами: швидкість і простота методу, використання довільних праймерів, що істотно зменшує собівартість аналізів; можливість застосування одних і тих самих праймерів для різних видів і родів живих організмів [241]. RAPD є полілокусною системою, досить зручною для вивчення генетичної структури популяцій, виявлення родинних зв'язків між видами [193] та порівняння геномів різних груп організмів, оскільки дозволяє досліджувати одразу значну частину генотипу.

Суть методу полягає в ампліфікації ДНК з використанням 10-нуклеотидного одиничного праймера з низькою температурою відпалу в реакції ПЛР. Праймер зв'язується з геномною ДНК у двох різних ділянках інвертованих повторів. При електрофоретичному поділі ампліфікованих фрагментів утворюються дискретні продукти. Ці фрагменти являють собою анонімну, здебільшого унікальну послідовність ДНК, розташовану між двома інвертованими повторами. Відмінності продуктів ампліфікації визначаються відмінностями в сайтах приєднання праймера (наявність або відсутність смуги ПЛР-продукту в спектрі) або наявністю інсерції/делеції в ампліфікованому фрагменті (відмінності ПЛР-продуктів за розміром) [154].

Діагностичні можливості RAPD-технології з успіхом було проілюстровано на багатьох рослинних організмах [17; 33; 571]. Показано асоціації деяких RAPD-маркерів з генами резистентності до різних хвороб рослин [304; 577; 618].

До недоліків методу слід віднести недостатню специфічність, домінуючу природу прояву, малу кількість алельних варіантів та низьку відтворюваність результатів, обумовлену підвищеною чутливістю до умов реакції: концентрації іонів магнію, співвідношення праймер–матриця, температурного режиму. RAPD-аналіз може бути використаний як експрес-метод виявлення генетичного поліморфізму, що є особливо актуальним для маловивчених таксономічних груп, і як джерело унікальних локус-специфічних SCAR-маркерів (Sequence Characterized Amplified Region), що з успіхом було реалізовано для роду *Amaranthus* [579]. Для отримання SCAR-маркерів фрагмент, який цікавить дослідника,



екстрагують з гелю, клонують і секвенують. На основі секвенованої ділянки ДНК добирають праймери, які ампліфікують одиничний фрагмент з високою мірою відтворюваності. Більшість з них кодомінантні і можуть бути використані як унікальні маркери в різних областях досліджень [154].

Поліпшення RAPD-методу досягають підвищенням точності гібридизації ДНК та зменшенням її випадковості за рахунок подовження праймера та підвищення температури відпалу. Одним з таких методів є ISSR-технологія [161].

**ISSR-метод**, як і RAPD, передбачає використання одного або декількох праймерів довжиною 15–24 нуклеотидів. Однак у цьому випадку праймери складаються з тандемних коротких (2–4 нуклеотиди) повторів і одного або декількох селективних нуклеотидів на 3'-кінці (наприклад: 5'-(CA)<sub>9</sub>G-3'). Продукти ампліфікації з ISSR-маркерами містять на флангах інвертовану мікросателітну послідовність праймера, однак виявлені ділянки залишаються анонімними [266]. ISSR – полілокусна система, що характеризується домінантним типом успадкування, доволі високою точністю і відтворюваністю результатів, а також більшою специфічністю порівняно з RAPD. Геноми рослин, як правило, насичені мікросателітними повторами [161], що робить цей метод зручним для генетичного аналізу та маркування генів у селекційних та еволюційних дослідженнях.

Однак ефективному використанню будь-якої маркерної системи має передувати її ретельне вивчення для визначення інформативності обраного типу маркерів у вирішенні певної наукової проблеми.

Незважаючи на те, що для більшості видів рослин широко використовують різні типи маркерів [244; 371; 417; 555], сьогодні біохімічні маркери для такої маловивченої культури, як амарант, є актуальним напрямом генетики. Цей тип генетичних маркерів можна було б застосовувати для паспортизації сортів амаранта, контролю гібридності насіння, маркування господарсько цінних ознак та в інших генетико-селекційних програмах, що з успіхом практикується для пшениці [19; 210], жита [136; 244], квасолі [66], кукурудзи [125], соняшнику [300; 417] та інших культур.

З погляду біохімічної генетики амарант вивчений недостатньо. У літературі є лише одиничні приклади використання ізоферментів для вивчення структури популяцій, родинних зв'язків та еволюційних процесів у межах роду *Amaranthus*. Зокрема, в роботі Н. Hauptli і

S.K. Jain [509] описано такі ізоферментні системи: ADH, MDH, GDH, LAP, SKDH, ACPH, XDH, PGI, GOT.

Науковці K. Chan і M. Sun [458] відзначають, що рівень міжвидової мінливості за 30 ізозимними локусами був вищий, ніж внутрішньовидовий. Дослідники Р.С. Юдина, Н.Б. Железнова та інші [147; 427] провели ізозимну оцінку генетичної колекції амаранта за такими ферментними системами, як ADH, GDH, малік-ензим, MDH і IDH. Усі вищезазначені автори погоджуються з думкою, що алозимна мінливість амаранта характеризується низьким поліморфізмом як на внутрішньовидовому, так і на міжвидовому рівнях. Імовірно, це є особливістю роду *Amaranthus*.

Більших успіхів у вивченні різних аспектів генетики амаранта досягнуто з використанням молекулярних маркерів. Зокрема, Y.-J. Park, K. Nemoto, T. Nishikawa та інші [554] під час дослідів із застосуванням GBSSI-технології з'ясували, що високоамілозний крохмаль у *A. cruentus* контролюється одним геном – *Waxy*.

В роботі G.F. Stallknecht і J.R. Schulz-Schaeffer [600] показано високу диференційну здатність SSR-маркерів у вивченні резистентності диких видів амаранта до дії гербіцидів на прикладі популяції *A. tuberculatus* (waterhemp). Ефективність цього типу маркерів для генетичної оцінки геномів різних видів амаранта відзначено також в роботах J.-R. Lee, G.-Y. Hong, A. Dixit [460] і M.A. Mallory, R.V. Hall та інших [475].

Науковці T. Ray і S.C. Roy [578], посилаючись на результати RAPD і ISSR-аналізів, відмічають генетичну близькість родин *Amaranthaceae* і *Chenopodiaceae*. У дослідях із застосуванням RAPD-методу [579] ними було знайдено ділянку ДНК (1371 п.н.), специфічну для *A. gengeticus*, на базі якої розроблено видоспецифічний SCAR-маркер.

Дослідники M. Labajova, S. Senkova, J. Zarovska та інші [607] успішно використали ISSR-технологію для оцінки генетичної мінливості мутантних ліній амаранта.

Більшість проведених досліджень, що базуються на поліморфізмі ДНК, пов'язана з вивченням філогенетики амаранта, зокрема встановленням родинних взаємозв'язків між зерновими видами та їх дикими попередниками, а також між зерновими та овочевими видами.

За результатами досліджень морфологічних особливостей, з одного боку [589], та географічного розповсюдження амаранта, з

другого [588], J.D. Sauer запропонував два альтернативні шляхи появи зернових видів. За поліфілетичною гіпотезою, утворення видів *A. cruentus*, *A. caudatus* і *A. hypochondriacus* відбувалося незалежно одне від одного з різних предкових форм у різних географічних регіонах. *A. cruentus* бере початок від *A. hybridus* у Центральній Америці, *A. caudatus* утворився з *A. quitensis* у Південній Америці, а *A. hypochondriacus* виник із *A. powellii* в Мексиці. Інша, монофілетична, гіпотеза постулює процес первинної доместикації *A. cruentus* від *A. hybridus* у Центральній Америці. Появу двох інших видів (*A. caudatus*, *A. hypochondriacus*) автор пов'язує з повторюваним перезапиленням, відповідно, *A. cruentus* і *A. quitensis* на півдні та *A. cruentus* і *A. powellii* на півночі. Тобто *A. hybridus* імовірно є попередником усіх трьох зернових видів амаранта. У подальшому різні групи вчених, вивчаючи цю проблему, одержували суперечливі результати [458; 475; 500; 509; 530; 571], які підтверджували одну з двох гіпотез. Однак дотепер остаточного рішення не знайдено і це питання залишається відкритим.

Більшість авторів, що займалися розробкою цього питання за допомогою молекулярних маркерів [475; 558; 571; 602], схиляються до справедливості монофілетичної теорії з деякими уточненнями. Так, F. Xu та M. Sun [628] за результатами комплексного аналізу амаранта з використанням ISSR, AFLP і ITS-мотивів 5,8S рДНК відзначають генетичну спорідненість видів *A. caudatus* і *A. quitensis*, а також указують на те, що *A. powellii* є найбільш генетично уособленим порівняно з іншими видами в групі *A. hybridus* L. (*A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. quitensis*, *A. hybridus*).

Дослідники T. Ray і S.C. Roy [579] на підставі RAPD-аналізу дійшли висновку, що зернові та овочеві види мають значну генетичну різницю. При цьому рівень поліморфності між овочевими амарантами (*A. gengeticus*, *A. paniculatus*, *A. viridis*) більший порівняно з міжвидовим поліморфізмом зернових видів. На думку авторів роботи [458], які отримали подібні результати шляхом аналізу поліморфізму алозимів та ДНК з використання RAPD-маркерів у популяціях культурних і диких видів амаранта, це явище можна пояснити більш тривалим культивуванням та ретельнішим доббором зернових видів протягом філогенетичного розвитку культури.

Науковці S.A. Ranade, A. Kumar та інші [490] за RAPD-аналізом генома зернових і диких видів амаранта зазначають, що *A. caudatus* і *A. hypochondriacus* є більш генетично близькі один до одного, ніж

кожен із них відносно *A. cruentus*. Також відмічено генетичну близькість видів *A. caudatus* і *A. edulis*, *A. hypochondriacus* і *A. lividis*. Зроблено припущення, що *A. dubius* є гібридом між *A. hybridus* і *A. spinosus*. Як і в дослідженнях К. Chan, М. Sun [458] і Т. Ray, S.C. Roy [577], ці вчені вказують на генетичне розмежування зернових (*A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*) і овочевих видів амаранта (*A. lividis*, *A. spinosus*).

Проте слід зазначити, що на сьогодні даних із генетики амаранта недостатньо. Існують певні розбіжності в систематиці культури [92; 490], створено тільки одну генетичну карту амаранта з використанням SSR-маркерів [475]. Також невивченими з погляду молекулярної та біохімічної генетики залишаються сорти української селекції, оскільки в Україні подібні дослідження для амаранта не проводили. Таким чином, робота в цьому напрямі має велике значення, оскільки дозволить розширити знання з генетики і філогенетики амаранта, стане сприятливим підґрунтям для прискорення і полегшення селекційного процесу культури, дасть можливість проводити диференціацію, паспортизацію та ідентифікацію генотипів, сприятиме більшій спрямованості й точності добору цінних для селекції форм.

## **2.2. Особливості алозимної мінливості зернових видів амаранта**

Різні види роду *Amarantus* є «поліморфними популяціями, що складаються з різних біотипів» [107]. У період проведення досліджень було підтверджено цей факт, про що свідчать дані, отримані в результаті аналізу морфологічної мінливості колекції амаранта. Швидке і безпомилкове відокремлення таких біотипів сприятиме прискоренню селекції культури, забезпечить селекціонера великою кількістю перспективного різноякісного вихідного генетичного матеріалу. Одним із методів, який дозволив би проводити швидко ідентифікацію рослин, є використання ізоферментних маркерів, що успішно продемонстровано в інших с.-г. культур, зокрема соняшнику [7; 148; 300; 417], кукурудзи [19; 125], жита [136; 244], квасолі [66] та ін.

З метою оцінки інформативності ізозимів як генетичних маркерів в амаранта провели аналіз мінливості восьми ізоферментних систем у досліджуваного рослинного матеріалу. Вивчали алозимний

поліморфізм анодної EST, MDH, малик-ензиму, ADH, 6-PGD, AAT, SKDH, G-6-PDH [215–217].

Для оцінки мінливості EST, AAT, SKDH і G-6-PDG було використано суміші насіння амаранта. Аналіз окремих насінин не дозволив виявити активність указаних ферментів, що може пояснюватися незначною їх концентрацією в екстракті, отриманому з однієї насінини. Для ферментів ME, MDH, ADH і 6-PGD активність виявлено не лише під час аналізу суміші насіння, але й під час використання окремих насінин. При цьому зимограми в обох варіантах не відрізнялися компонентним складом ізоформ [217].

*Малик-ензим.* Зимографічний аналіз ферментних спектрів виявив одну зону активності малик-ензиму, яка характеризувалася наявністю швидкого (F – fast) і повільного (S – slow) алелів. Під час аналізу окремих насінин і сумішей насіння також виявлено гібридний спектр цієї зони (FS), характерний для гетерозигот (рис. 2.1, а) [218]. Можна припустити, що малик-ензим контролюється одним геном із двома алелями, які мають кодомінантний прояв.

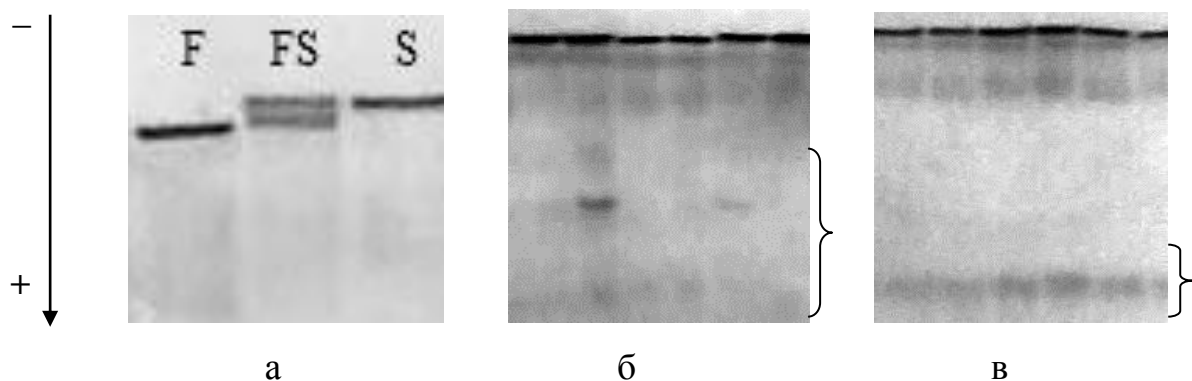


Рис. 2.1. Електрофореграми ME: а – приклади спектрів ME, виявлених під час аналізу сумішей насіння й окремих насінин амаранта; б і в – спектри ME, виявлені під час аналізу окремих насінин колекційного зразка 00087 (*A. caudatus*) і сорту Багрянний (*A. cruentus*). Фігурними дужками відмічено додаткові зони активності малик-ензиму. F – швидкий алель, S – повільний алель, FS – гетерозигота

Аналіз окремих насінин і суміші насіння дозволив установити, що ME притаманна наявність додаткових зон активності ферменту (рис. 2.1, б і в). Однак у цій частині зимограми через неясність спектра точну кількість фрагментів ідентифікувати досить складно.

Поліморфізм малик-ензиму амаранта описано лише в роботі Р.С. Юдиної, Н.Б. Железної, О.В. Захарової та інших [147]. Автори відзначають наявність трьох зон активності ферменту, серед яких

друга була поліморфною з трьома типами спектра і відсутністю гетерозигот. Зіставити зимограми, отримані нами й авторами зазначеної роботи, досить складно, оскільки в указаній роботі електрофореграма ME наведена тільки у вигляді схематичного зображення.

*НАД-залежна малатдегідрогеназа.* Під час аналізу MDH амаранта виявлено одну основну зону активності ферменту, яка була поліморфною і характеризувалася наявністю двох фрагментів. Більш повільний фрагмент (MDH1) мав вигляд тонкої смуги, а більш рухливий (MDH2) – мажорної смуги, що, імовірно, складається з 2–3 компонентів, розділити які не вдалось (рис. 2.2).

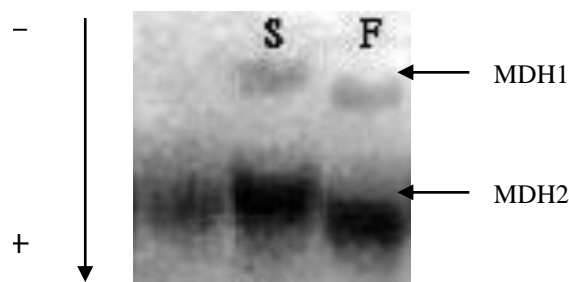


Рис. 2.2. Електрофореграма MDH: F – швидкий алель, S – повільний алель, MDH1 і MDH2 – повільний і швидкий фрагменти спектра

Відносна рухливість обох фрагментів була різною (F і S), що може свідчити на користь існування декількох алельних варіантів. Димерний спектр MDH може свідчити про ди- або полігенний контроль цього ферменту або бути пов'язаним із посттранскрипційною мінливістю.

Сорти Багрянний і Кармен (*A. cruentus*), популяції 00038 і 00110 (*A. hybridus*) під час аналізу окремих насінин виявляли спектри з відсутнім фрагментом MDH1 у цій зоні, що може свідчити про існування нуль-алеля.

Відмітимо також, що під час аналізу сумішей насіння, крім основної зони активності ферменту MDH, виявлено дві додаткові зони (відповідно вище і нижче від основної), які є поліморфними дифузними спектрами. Однак ці зони були слабовираженими та не підлягали інтерпретації.

Отримані результати певною мірою відрізняються від результатів робіт, опублікованих раніше, у яких описано 1–2 зони активності MDH. Так, у роботі Н. Hauptli, S.K. Jain [509] вказано, що цей фермент є мономером, який знаходиться під контролем одного

гена з трьома алелями. Дослідники Р.С. Юдина, Н.Б. Железнова та інші [147] виділяють дві зони активності ензиму: перша – дифузна, а друга представлена п'ятьма типами спектрів (два – з двома смугами і три – з трьома). Науковці Р. Мудры та інші [551] виявили лише мономорфні п'ятикомпонентні фенотипи.

*6-фосфоглюконатдегідрогеназа.* Алозимний склад 6-PGD амаранта описано в роботі П. Мудрого та інших [551], які визначають фенотип ізоферменту як однокомпонентний і мономорфний.

У результаті аналізу суміші насіння й окремих насінин амаранта встановлено, що фенотип 6-PGD характеризувався двокомпонентним поліморфним спектром. Наявність у зоні активності 6-PGD двох фрагментів, імовірно, пов'язана з посттранскрипційною мінливістю. Умовно виділено повільний (S) і швидкий (F) фрагменти, які можуть відповідати алельним варіантам одного гена. Різниця ферментативної активності ізоформ F і S незначна (рис. 2.3, а). Гібридних спектрів, які б поєднували S і F алелі, не виявлено.

*Алкогольдегідрогеназа.* Особливості генетичного контролю ADH в крохмальному і поліакриламідному гелях описано в роботах Р.С. Юдиної та інших [147], Н. Hauptli та S.K. Jain [509] і Р. Мудры та інших [547], які виділяють одну зону активності ферменту зі швидким і повільним алозимами і трикомпонентним типом спектра. У результаті електрофорезу ADH у ПААГ ми також виявили одну зону активності ферменту, що, імовірно, складається з 1–3 фрагментів, розділити які в даних умовах електрофорезу не вдалось (рис. 2.3, б).

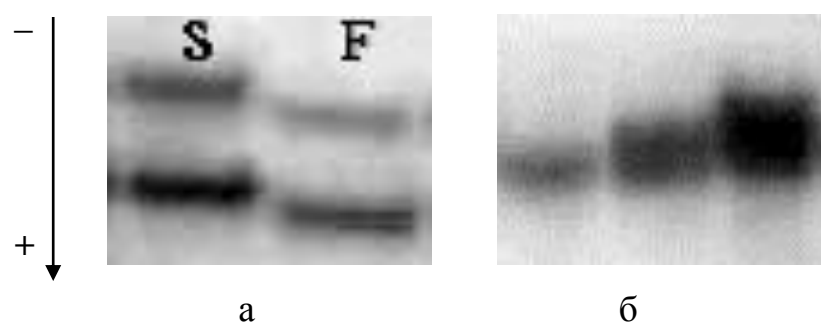


Рис. 2.3. Фенотипи 6-PGD (а) і ADH (б) у амаранта, виявлені методом електрофорезу в ПААГ. F – швидкий алель, S – повільний алель

Виявлені спектри відповідають фенотипам, описаним у роботі Р. Мудры та ін. [551].

*Анодна естераза.* Під час вивчення поліморфізму анодної естерази активність ферменту вдалось виявити тільки при аналізі

суміші насіння. На зимограмі було виділено дві основні зони активності естерази, які включали різну кількість фрагментів (рис. 2.4).

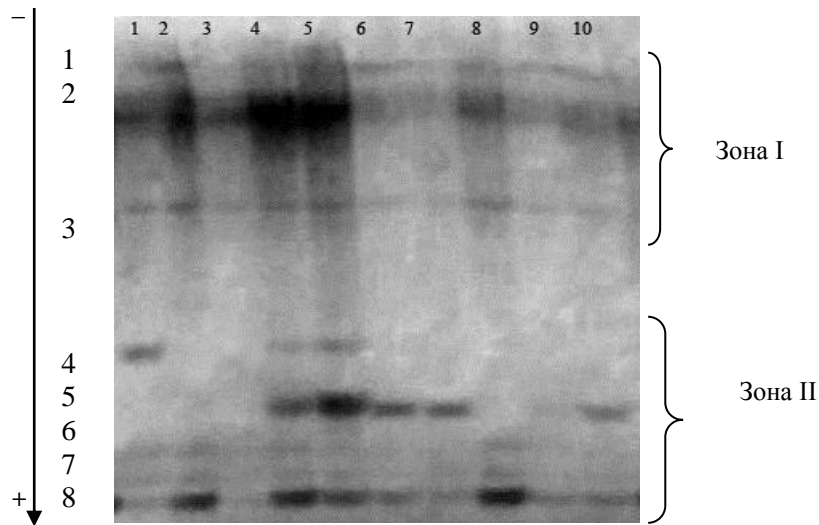


Рис. 2.4. Електрофореграма анодної EST сумішей насіння колекційних зразків амаранта. По горизонталі: 1 – Вогняна кулька (*A. mantegazzianus*), 2 – Ультра (*A. hybridus*), 3 – Роганський (*A. caudatus*), 4 – Лера, 5 – К-61 (*A. hypochondriacus*), 6 – Багрянний, 7 – Кармен (*A. cruentus*), 8 – 00087 (*A. caudatus*), 9 – 00110, 10 – 00038 (*A. hybridus*). По вертикалі: 1–8 – номер фрагмента спектра

Для зони I активності ферменту характерна наявність трьох мономорфних фрагментів (1–3 на рис. 2.4). Перший і третій фрагменти мають вигляд тонких смужок, другий – доволі широкого спектра, який, імовірно, складається з декількох смужок. У цілому при детальному розгляді ця частина спектра виглядає як дифузна, що ускладнює аналіз.

Зона II активності EST складається з п'яти фрагментів (4–8 на рис. 2.4). При цьому фрагмент № 4 виявлено лише в декількох зразків, зокрема в сорту Вогняна кулька (*A. mantegazzianus*), сорту Лера і колекційного зразка К-61 (*A. hypochondriacus*). Це може свідчити про міжвидовий поліморфізм естерази. Також це може бути зумовлено й іншими факторами, наприклад, взаємодією генів, які контролюють прояв фрагментів у цій ділянці спектра анодної естерази. П'ятий фрагмент теж був поліморфним і проявлявся не в усіх залучених у дослідження зразків амаранта. Фрагменти 6–8 мають вигляд смужок і характеризуються однаковою відносною електрофоретичною рухомістю в усіх досліджуваних зразків. Серед



цих фрагментів лише № 8 проявляв високу активність ферменту. Багатокомпонентний спектр естерази може свідчити, що цей ізофермент контролюється декількома генами.

Ізоферментний склад анодної естерази описано тільки в роботі А.М. Maluf і Р.С. Martins [546], які відмічають чотири фенотипи ферменту: два двокомпонентні і два трикомпонентні. Виявлені науковцями спектри відповідають фрагментам № 1, 2, 3 і 6 у нашому досліді.

*Аспаратамінотрансфераза.* Під час вивчення ААТ у ПААГ виявлено трикомпонентний спектр. При цьому фрагмент ААТ1 був мономорфний і мав вигляд мажорної смуги. Два інших фрагменти були поліморфні, однак проявлялися слабо, що ускладнювало їх інтерпретацію (рис. 2.5).

На слабкий характер фенотипового прояву алозимів ААТ вказують також Р. Múdry та інші [551], які при електрофорезі фермента в крохмальному гелі виявили два типи спектрів: дво- і трикомпонентні. Останній складався з двох мажорних і однієї тонкої смуг. У роботі Н. Hauptli, S.K. Jain [509] зазначено, що для ААТ характерний п'ятикомпонентний тип спектра: два перші патерни мають вигляд мажорних смужок, три інші – поліморфних тонких смуг. Виявлені нами фенотипи найімовірніше відповідають мажорним фрагментам, ідентифікованим авторами обох робіт.

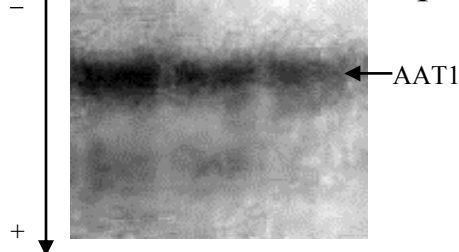


Рис. 2.5. Електрофореграма ААТ амаранта

*Шикілат-дегідрогеназа.* Електрофоретичний аналіз сумішей насіння колекції амаранта дозволив виявити два типи димерних спектрів SKDH – швидкий (F) і повільний (S) (рис. 2.6, а). Можна припустити, що виявлені алозими контролюються двома алелями одного гена, а димерний спектр може бути результатом посттранскрипційної мінливості.

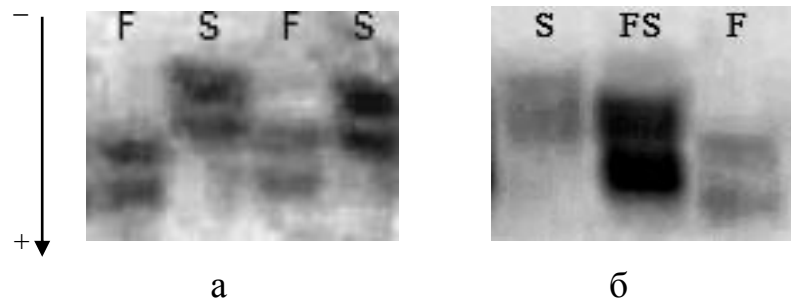


Рис. 2.6. Ізозимні спектри SKDH (а) і G-6-PDH (б), виявлені під час електрофоретичного аналізу сумішей насіння амаранта. F – швидкий алель, S – повільний алель

Дослідники Н. Hauptli і S. Jain [509] відзначають, що SKDH амаранта характеризується наявністю чотирьох алелів, взаємодія яких приводить до формування шести типів спектрів: чотирьох однокомпонентних і двох двокомпонентних. Очевидно, виявлені нами двокомпонентні спектри відповідають тим, які описані в зазначеній роботі. Однокомпонентні спектри ми не виявили.

*Глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа.* Аналіз зимограми дозволив виявити одну широку зону активності ферменту, представлену декількома компонентами з близькою електрофоретичною рухливістю. При цьому спектр G-6-PDH має вигляд досить широкої дифузної смуги (див. рис. 2.6, б). Ця дифузна смуга розрізняється в різних зразків колекції за відносною активністю, а також за рухливістю в ПААГ. У досліджуваних зразків амаранта можна виділити три типи спектрів: повільний (S), швидкий (F) і спектр, який поєднує два перші (FS). Отже можна припустити, що G-6-PDH в амаранта контролюється двома алелями одного гена, а димерний спектр пов'язаний із посттранскрипційною мінливістю.

Слід зазначити, що отримані нами дані дещо відрізняються від результатів робіт інших авторів. Ці відмінності зумовлені низкою факторів, передусім, умовами проведення електрофорезу (крохмальний гель, інші буферні системи, час проведення тощо), що в цілому може спричинювати зміни роздільної здатності електрофоретичної системи. Крім того, для ізоферментів характерною є зміна компонентного складу залежно від тканини, яку аналізують, і стадії онтогенезу. Так, наприклад, Н. Hauptli і S. Jain [509] екстрагували ферменти з тритижневих проростків амаранта. Науковці Р.С. Юдина і співавтори [147] для екстракції ферментів використовували насіння, недиференційовані проростки і листки. Однак автори цієї роботи не уточнюють, у яких саме частинах

рослини був ідентифікований той чи інший тип спектра. Ми використали насіння амаранта як найбільш стабільну і зручну систему порівняно з іншими частинами рослини. Розбіжності в компонентному складі спектрів, отриманих нами та іншими авторами, також можна пояснити використанням рослинного матеріалу різної видової належності. Досліджувана нами колекція представлена зерновими видами амаранта (*A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hybridus*, *A. mantegazzianus* і *A. hypochondriacus*). Р.С. Юдина і співавтори [147] крім зазначених видів (без *A. mantegazzianus*), використовували також *A. edulis*, *A. leucospermus*, *A. lividus* і 11 популяцій із невідомою видовою належністю. Учені Н. Hauptli і S. Jain [509] вивчали мінливість різних ізоферментів у зернових (*A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*) і диких видів амаранта (*A. hybridus*, *A. quitensis*, *A. powellii* і *A. retroflexus*).

### 2.3. Міжвидовий і внутрішньовидовий поліморфізм ізоферментів амаранта

Присутність швидкого (F) і повільного (S) алелів у спектрах ME, MDH та 6-PGD (див. рис. 2.1, а; 2.2 і 2.3, а), а також достатня для візуалізації спектрів концентрація цих ензимів в окремих насінинах дозволили нам провести оцінку міжвидового і внутрішньовидового поліморфізму зазначених ізоферментів у колекції амаранта.

Проведений аналіз показав різний рівень мінливості ME, MDH і 6-PGD залежно від виду амаранта (табл. 2.1) [215–216]. На внутрішньопопуляційному рівні ці ізоферменти характеризувалися переважно незначним рівнем поліморфізму досліджуваних популяцій.

*Малик-ензим* (ME) відзначався переважним поширенням F-алеля, частота якого в популяціях видів *A. caudatus*, *A. mantegazzianus* і *A. hypochondriacus* становила відповідно 0,77, 0,84 і 0,98. При цьому серед зразків *A. caudatus* найбільшою поліморфністю характеризувався 00087, у популяції якого спостерігали відносно рівномірний розподіл S- і F-алелів (відповідно 0,48 і 0,40). У сорту Роганський і популяції К-146 з частотою 0,89 і 0,98 домінував F-алель. У популяції сорту Вогняна кулька (*A. mantegazzianus*) S- і F-алелі спостерігали з частотою 0,16 і 0,84.

**Частота виявлених F- і S-алелів і FS-гетерозигот за ME, MDH і 6-PGD у досліджуваних видів амаранта**

Вид амаранта		Назва ізофермента									
		ME				MDH			6-PGD		
		S	F	FS	усього	S	F	усього	S	F	усього
<i>A. caudatus</i>	шт.	30	121	7	158	85	65	150	83	67	150
	частка	0,19	0,77	0,04	1,00	0,57	0,43	1,00	0,55	0,45	1,00
<i>A. mantegazzianus</i>	шт.	8	42	-	50	42	8	50	11	39	50
	частка	0,16	0,84	-	1,00	0,84	0,16	1,00	0,22	0,78	1,00
<i>A. cruentus</i>	шт.	58	50	-	108	46	62	108	54	49	103
	частка	0,54	0,46	-	1,00	0,43	0,57	1,00	0,52	0,48	1,00
<i>A. hybridus</i>	шт.	300	-	-	300	135	166	301	137	163	300
	частка	1,00	-	-	1,00	0,45	0,55	1,00	0,46	0,54	1,00
<i>A. hypochondriacus</i>	шт.	2	293	5	300	250	51	301	261	41	302
	частка	0,01	0,98	0,02	1,00	0,83	0,17	1,00	0,86	0,14	1,00

Серед зразків *A. hypochondriacus* лише популяції К-22 і 00050 відзначалися незначним поліморфізмом із частотою S-алеля 0,02. Усі інші зразки цього виду були мономорфні за F-алелем малик-ензиму.

Вид *A. cruentus* відзначався більш рівномірним розподілом F- і S-алелів із незначною перевагою S (відповідно 0,54 і 0,46). При цьому сорт Багряний був мономорфним за S-, а сорт Кармен – за F-алелем.

Усі зразки *A. hybridus* були мономорфні за S-алелем, що можна трактувати як видову особливість.

Гетерозиготи (FS) спостерігали тільки в популяціях *A. hypochondriacus* і *A. caudatus* із частотою 0,02 та 0,04. У виду *A. caudatus* гетерозиготи виявлено в сорту Роганський (0,02) і популяції 00087 (0,12). У виду *A. hypochondriacus* гетерозиготи ідентифіковано тільки в зразків К-22 і 00050 із частотою 0,04 і 0,06.

Також відмічено, що S-алель переважав у зразків амаранта з темним насінням (крім сорту Ультра (*A. hybridus*), який є білонасінним): сорт Багряний (*A. cruentus*), популяції 00038, 00039, 00079, 00097, 00110 (*A. hybridus*). F-алель більшою мірою був притаманний білонасінним генотипам: сорти Роганський (*A. caudatus*), Вогняна кулька (*A. mantegazzianus*), Кармен (*A. cruentus*), Лера, Студентський, Харківський-1, популяції К-22, К-61 (*A. hypochondriacus*), К-146 (*A. caudatus*). Це може свідчити про зчеплене успадкування генів, які детермінують колір насіння і відповідні ізоформи малик-ензиму. Однак для підтвердження цього

припущення необхідне проведення додаткових досліджень і більш глибоке вивчення проблеми.

За *НАД-залежною малатдегідрогеназою* (MDH) S- і F-алелі розподілялися так. У популяціях *A. cruentus* і *A. hybridus* частота появи швидкого алеля становила 0,57 і 0,55, повільного – 0,43 і 0,45. При цьому сорти Багрянний і Кармен (*A. cruentus*) характеризувалися кардинально протилежною тенденцією розподілу швидкого і повільного алелів: у сорту Багрянний превалював S- (0,74), у сорту Кармен – F-алель (0,94). У популяціях зразків 00079, 00038 і сорту Ультра (*A. hybridus*) із частотою 0,90 – 0,96 залежно від генотипу переважав швидкорухливий алель. Три інші зразки цього виду відзначалися більш частим проявом S-алеля, частота якого варіювала від 0,65 в популяції 00039 до повної мономорфності в популяції 00097.

*A. caudatus* характеризувався незначною перевагою S-алеля – 0,57, порівняно з F – 0,43. Оцінка індивідуальної мінливості MDH у цього виду показала, що популяція К-146 була мономорфною за S-алелем, а в популяціях зразка 00087 і сорту Роганський із частотою 0,68 і 0,62 переважав F-алель.

У видів *A. mantegazzianus* і *A. hypochondriacus* частоти виявлених генотипів розподілилися так: S – 0,84 і 0,83, F – 0,16 і 0,17. У популяціях виду *A. hypochondriacus* частота S-алеля змінювалася від 0,59 у колекційного зразка К-22 до 1,00 у сорту Харківський-1 і зразка К-61.

Розподіл S- і F-алелів *б-фосфоглюконатдегідрогенази* (6-PGD) у представлених у колекції видів амаранта був різним. У популяціях *A. hypochondriacus* переважна частина ідентифікованих спектрів (0,86) відповідала S-фенотипу, у популяції *A. mantegazzianus*, навпаки, – F (0,78). Частота S-алеля в зразків виду *A. hypochondriacus* змінювалася від 0,79 у популяції К-22 до 0,92 у сорту Студентський і популяції 00050.

У видів *A. caudatus*, *A. cruentus* і *A. hybridus* розподіл обох варіантів був майже рівномірним. При цьому у двох перших видів S-алель спостерігали з частотою 0,55 і 0,52, а у виду *A. hybridus* – з частотою 0,46. Частота F-алеля дорівнювала 0,45, 0,47 і 0,54. Аналіз індивідуальної мінливості MDH у зазначених зразків дозволив установити мономорфність популяції К-146 за S-алелем, а також сорту Ультра і популяції 00038 за F-алелем. У популяціях сорту Кармен (*A. cruentus*), а також у зразків 00039, 00097 і 00110 (*A. hybridus*) превалював S-алель, частота якого становила 0,66 – 0,88

залежно від генотипу. Сорти Роганський (*A. caudatus*) і Багрянний (*A. cruentus*), а також популяції 00087 (*A. caudatus*) і 00079 (*A. hybridus*) відзначалися більшою кількістю особин із F-алелем (0,62–0,72 залежно від генотипу).

Таким чином, встановлено незначний рівень мінливості досліджуваної колекції амаранта за ME, MDH і 6-PGD. Отримані дані добре узгоджуються з результатами багатьох робіт [147; 509; 546; 551], автори яких також відзначають низьку мінливість зернових та інших видів амаранта за рядом ізоферментних систем. Отже, можна припустити, що низький рівень ізозимної мінливості в амаранта є характерною рисою роду *Amaranthus*.

#### **2.4. Використання молекулярно-генетичних маркерів для оцінки генетичного різноманіття зернових видів роду *Amaranthus* L.**

Різні види амаранта характеризуються суттєвою мінливістю морфологічних і господарських ознак, для більшості з яких генетичний контроль досі не встановлено. Це, а також існування прихованої мінливості та виникнення великої кількості спонтанних гібридів у природних популяціях рослини [459] значно ускладнює ідентифікацію окремих генотипів і цілих таксономічних одиниць роду *Amaranthus*. Сьогодні постає необхідність насичення генома амаранта різними типами генетичних маркерів, які б дозволили не тільки проводити диференціацію рослинного матеріалу, контролювати рівень генетичної мінливості у відселектованих форм, але й сприяли б розумінню еволюційних і філогенетичних процесів, що відбувались і відбуваються в межах роду *Amaranthus*, особливо серед видів, які мають виробничу цінність. Морфологічні маркери в амаранта через недостатню вивченість і залежність від умов довкілля не спроможні забезпечити науковця достатньою геномною інформацією. З огляду на це більш детального вивчення генетичної мінливості колекції амаранта в наших дослідженнях було застосовано молекулярні методи аналізу з використанням RAPD- і ISSR-технологій [219–220; 222–223].

**2.4.1. RAPD-аналіз поліморфізму ДНК амаранта.** Оцінка різноякісного за видовим складом і географічним походженням рослинного матеріалу з використанням RAPD-аналізу дозволила

виявити високий міжвидовий поліморфізм ДНК колекції амаранта, який у середньому становив 85,0 % (табл. 2.2) [223].

Таблиця 2.2

**Поліморфізм ДНК амаранта, виявлений за допомогою  
RAPD-аналізу**

Праймер	Кількість виявлених локусів, шт.	Кількість поліморфних локусів, шт.	Рівень поліморфізму, %	
OPF-10	19	15	79,0	
OPA-11	10	8	80,0	
OPP-10	6	5	83,3	
OPW-04	17	17	100,0	
OPW-06	13	10	76,9	
OPW-10	17	12	70,6	
P-28	6	6	100,0	
P-37	15	15	100,0	
P-39	10	8	80,0	
P-52	5	4	80,0	
Усього	118	100	Середнє значення	85,0

Максимальний рівень поліморфізму – 100,0 % (поліморфні всі ідентифіковані локуси) – відмічено при використанні праймерів OPW-04, P-28 і P-37. Мінімальний рівень поліморфізму, який становив 70,6 %, виявлено при використанні праймера OPW-10. Результати робіт інших авторів добре узгоджуються з отриманими нами даними. Так, різні групи вчених, використовуючи різні RAPD-маркери, відмічають значний міжвидовий поліморфізм ДНК амаранта, значення якого, залежно від праймера і видового складу досліджуваного матеріалу, становило 68–100 % [487; 490; 547; 602].

Ампліфіковані фрагменти ДНК у різних зразків амаранта розрізнялися за кількістю, розмірами і рівнем експресії. У цілому в результаті проведеного RAPD-аналізу з використанням 10 праймерів у зернових видів амаранта ідентифіковано 118 локусів, серед яких 100 були поліморфні (див. табл. 2.2).

Праймер OPA-11 дозволив виявити 10 локусів. Розмір ідентифікованих фрагментів варіював у межах ~155 – 504 п.н. Два локуси були мономорфні і мали розмір 214 і 350 п.н. З використанням цього праймера також виявлено два унікальні локуси (рис. 2.8). Один мав розмір 269 п.н. і був характерний для популяції 00039. Інший із розміром 155 п.н. виявлено в сорту Лера.

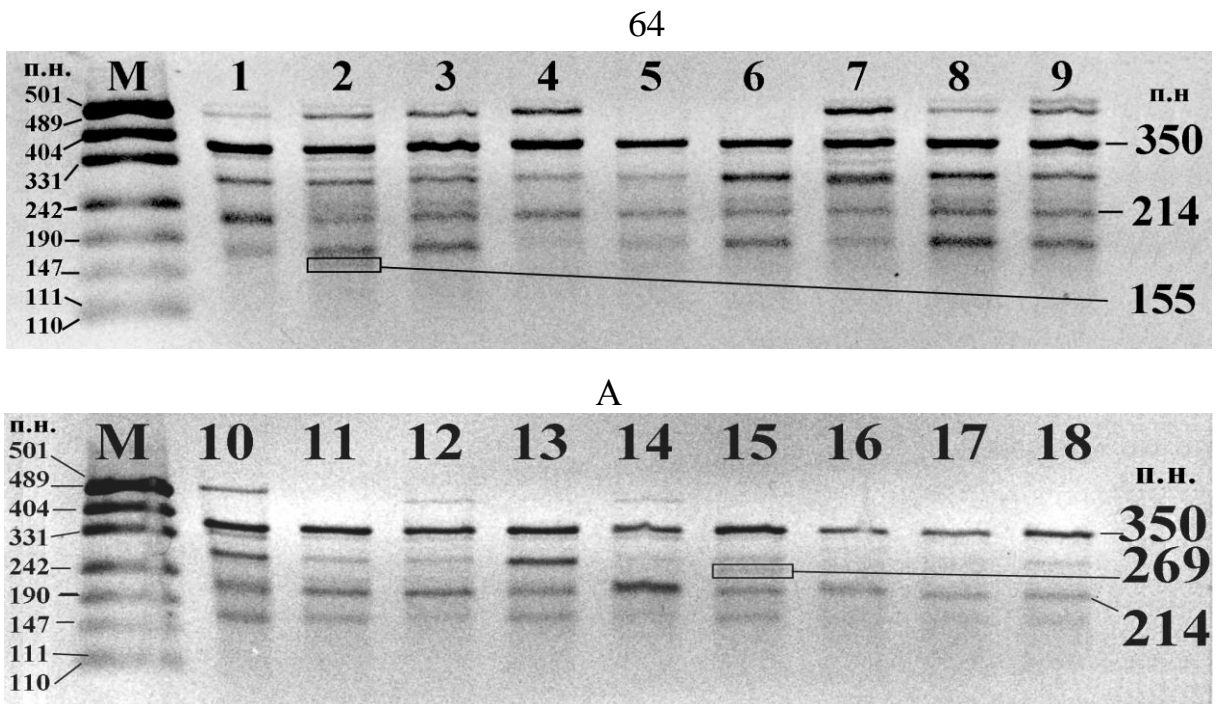


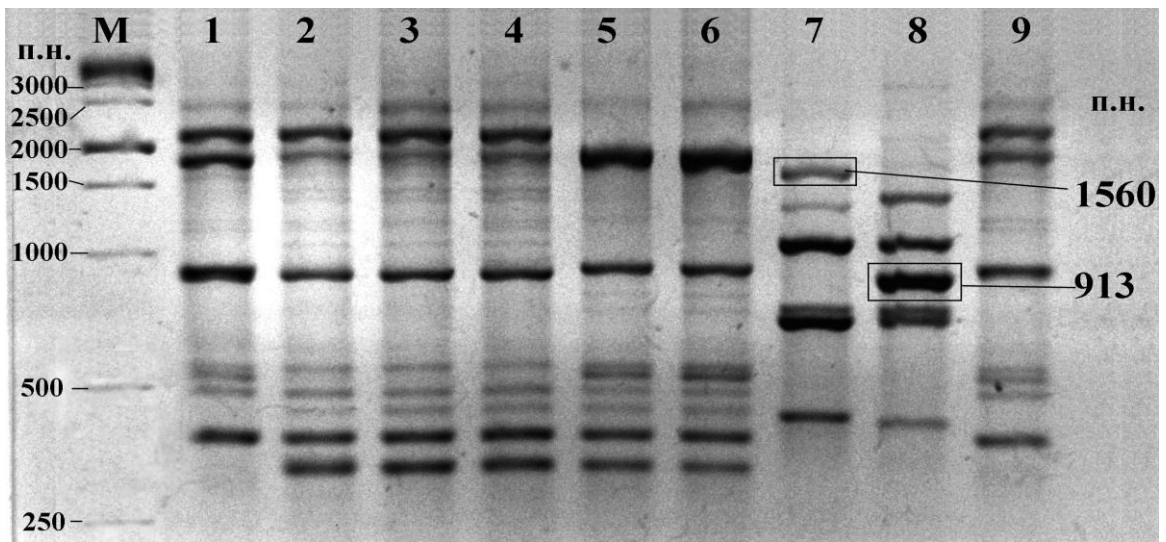
Рис. 2.8. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ОРА-11. Цифрами позначено мономорфні та унікальні локуси, п.н. Останні обведено рамкою. М – маркер молекулярної маси рUC19/Msp1. А: 1 – сорт Ультра, 2 – сорт Лера, 3 – сорт Харківський-1, 4 – сорт Студентський, 5 – сорт Роганський, 6 – сорт Вогняна кулька, 7 – сорт Кармен, 8 – популяція 00087, 9 – сорт Багряний. Б: 10 – популяція 00038, 11 – популяція 00110, 12 – популяція К-61, 13 – популяція К-146, 14 – популяція 00050, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00097, 17 – популяція К-22, 18 – популяція 00079

Сімнадцять поліморфних локусів розміром  $\sim 370$ – $2335$  п.н. виявлено при ампліфікації ДНК амаранта з праймером ОРW-04. Також цей праймер дозволив ідентифікувати два унікальні локуси:  $1560$  п.н. – у сорту Кармен і  $913$  п.н. – у популяції 00087 (рис. 2.9).

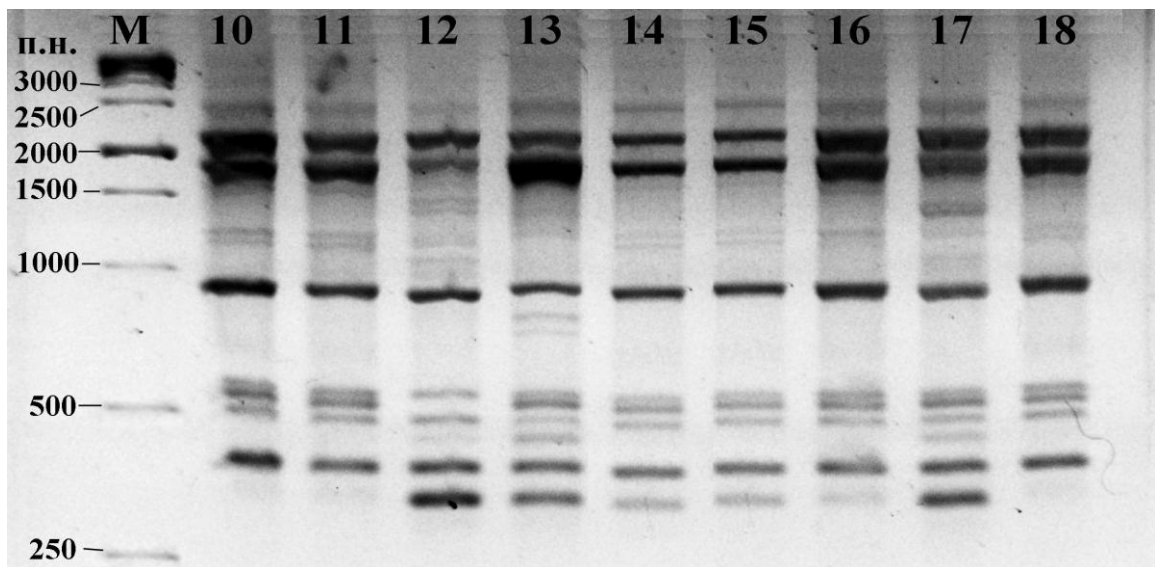
Найбільшу кількість локусів –  $19$  – ампліфіковано з використанням праймера ОРF-10. Їх розмір варіював у межах  $\sim 420$ – $1859$  п.н. Чотири з виявлених ділянок ДНК, завдовжки  $\sim 970$ ,  $750$ ,  $725$  і  $637$  п.н., були мономорфні (притаманні всім досліджуваним зразкам амаранта).

З використанням праймера ОРP-10 ідентифіковано шість локусів із розміром від  $\sim 234$  до  $510$  п.н. Фрагмент завдовжки  $332$  п.н. був мономорфний і ампліфікувався в усіх зразків колекції.





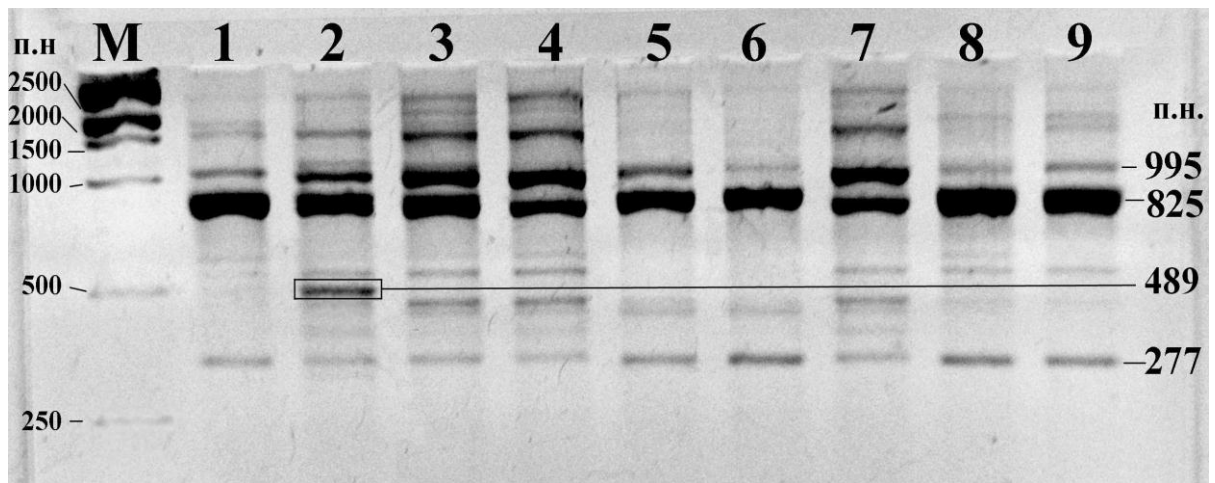
А



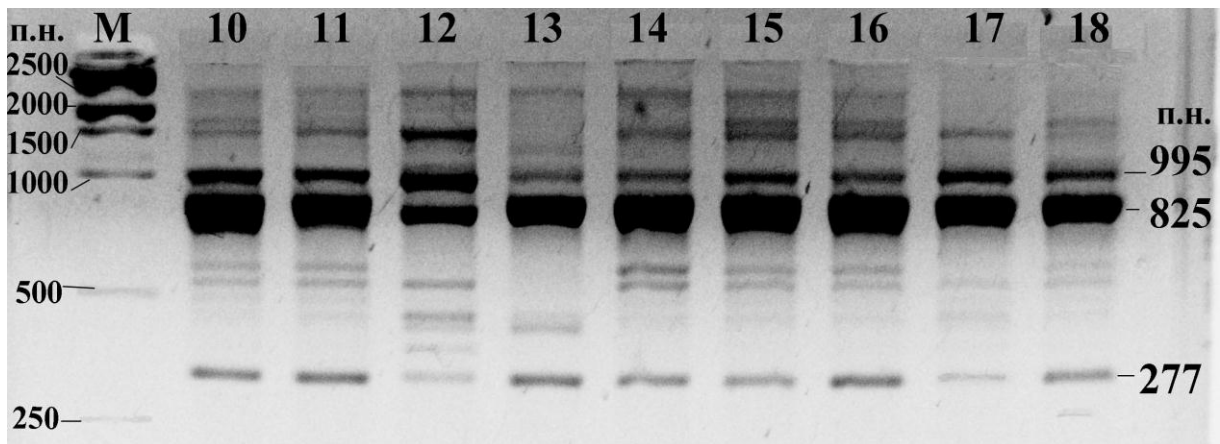
Б

Рис. 2.9. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером OPW-04. Цифрами і рамкою позначено унікальні локуси, п.н. М – маркер молекулярної маси 1 kb DNA leader. А: 1 – сорт Ультра, 2 – сорт Лера, 3 – сорт Харківський-1, 4 – сорт Студентський, 5 – сорт Роганський, 6 – сорт Вогняна кулька, 7 – сорт Кармен, 8 – популяція 00087, 9 – сорт Багрянний. Б: 10 – популяція 00038, 11 – популяція 00110, 12 – популяція К-61, 13 – популяція К-146, 14 – популяція 00050, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00097, 17 – популяція К-22, 18 – популяція 00079

Із праймером OPW-06 ампліфіковано 13 фрагментів розміром від ~277 до 2216 п.н. У сорту Лера з використанням цього праймера ідентифіковано унікальний локус розміром ~489 п.н. (рис. 2.10).



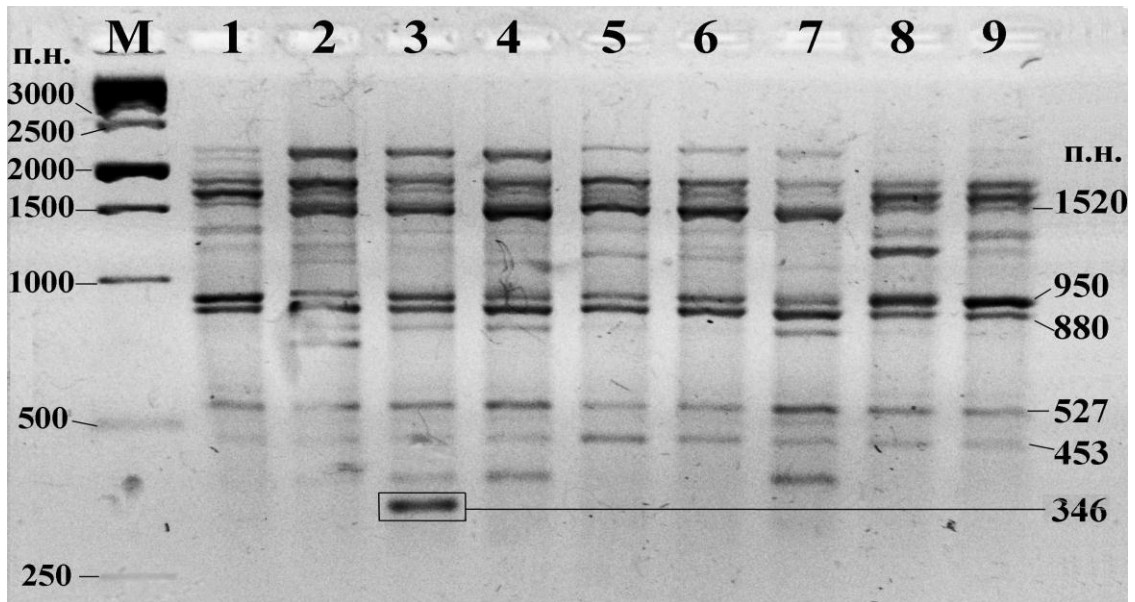
А



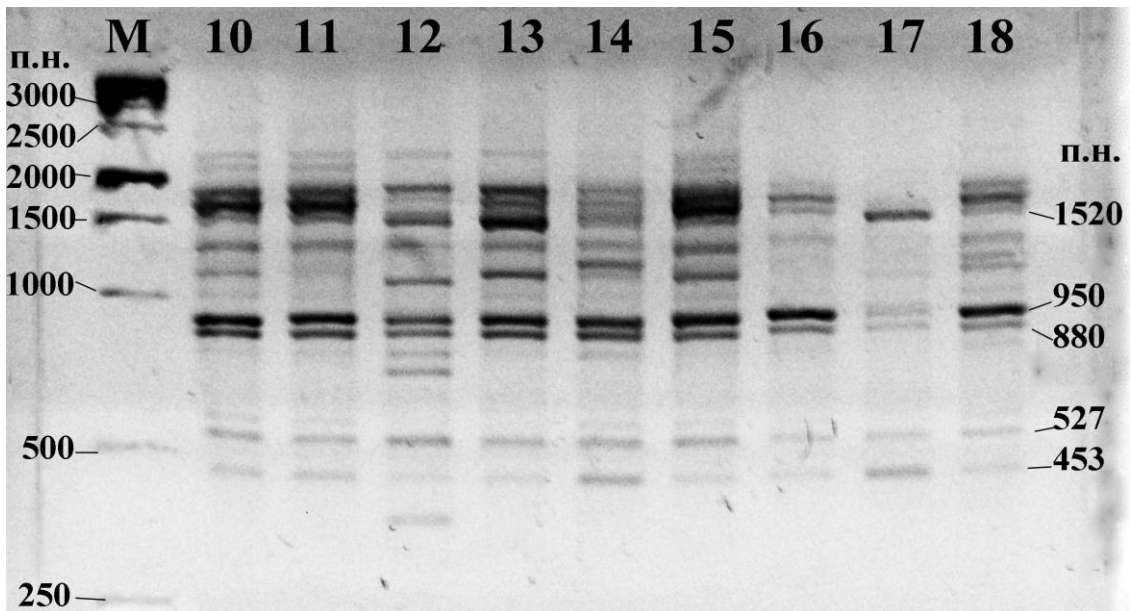
Б

Рис. 2.10. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером OPW-06. Цифрами позначено мономорфні й унікальні локуси, п.н. Унікальний локус обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. А: 1 – сорт Ультра, 2 – сорт Лера, 3 – сорт Харківський-1, 4 – сорт Студентський, 5 – сорт Роганський, 6 – сорт Вогняна кулька, 7 – сорт Кармен, 8 – популяція 00087, 9 – сорт Багряний. Б: 10 – популяція 00038, 11 – популяція 00110, 12 – популяція К-61, 13 – популяція К-146, 14 – популяція 00050, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00097, 17 – популяція К-22, 18 – популяція 00079

Праймер OPW-10 дозволив ідентифікувати 17 локусів завдовжки ~346–2140 п.н., 12 із них були поліморфними. П'ять мономорфних локусів мали довжину ~1520, 950, 880, 527 і 453 п.н. Також виявлено унікальний локус завдовжки 346 п.н. у сорту Харківський-1 (рис. 2.11).



А



Б

Рис. 2.11. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером OPW-10. Цифрами позначено мономорфні й унікальний локуси, п.н. Останній обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. А: 1 – сорт Ультра, 2 – сорт Лера, 3 – сорт Харківський-1, 4 – сорт Студентський, 5 – сорт Роганський, 6 – сорт Вогняна кулька, 7 – сорт Кармен, 8 – популяція 00087, 9 – сорт Багрянний. Б: 10 – популяція 00038, 11 – популяція 00110, 12 – популяція К-61, 13 – популяція К-146, 14 – популяція 00050, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00097, 17 – популяція К-22, 18 – популяція 00079

Продукти ампліфікації ДНК амаранта з праймером Р-28 характеризувалися 100 %-м поліморфізмом. Усього було ідентифіковано шість локусів із розміром фрагментів від ~110 до 450 п.н.

З використанням праймера Р-37 виявлено 15 поліморфних фрагментів із довжиною ~325–2500 п.н. Також у сорту Кармен ідентифіковано унікальний фрагмент розміром 325 п.н. (рис. 2.12).

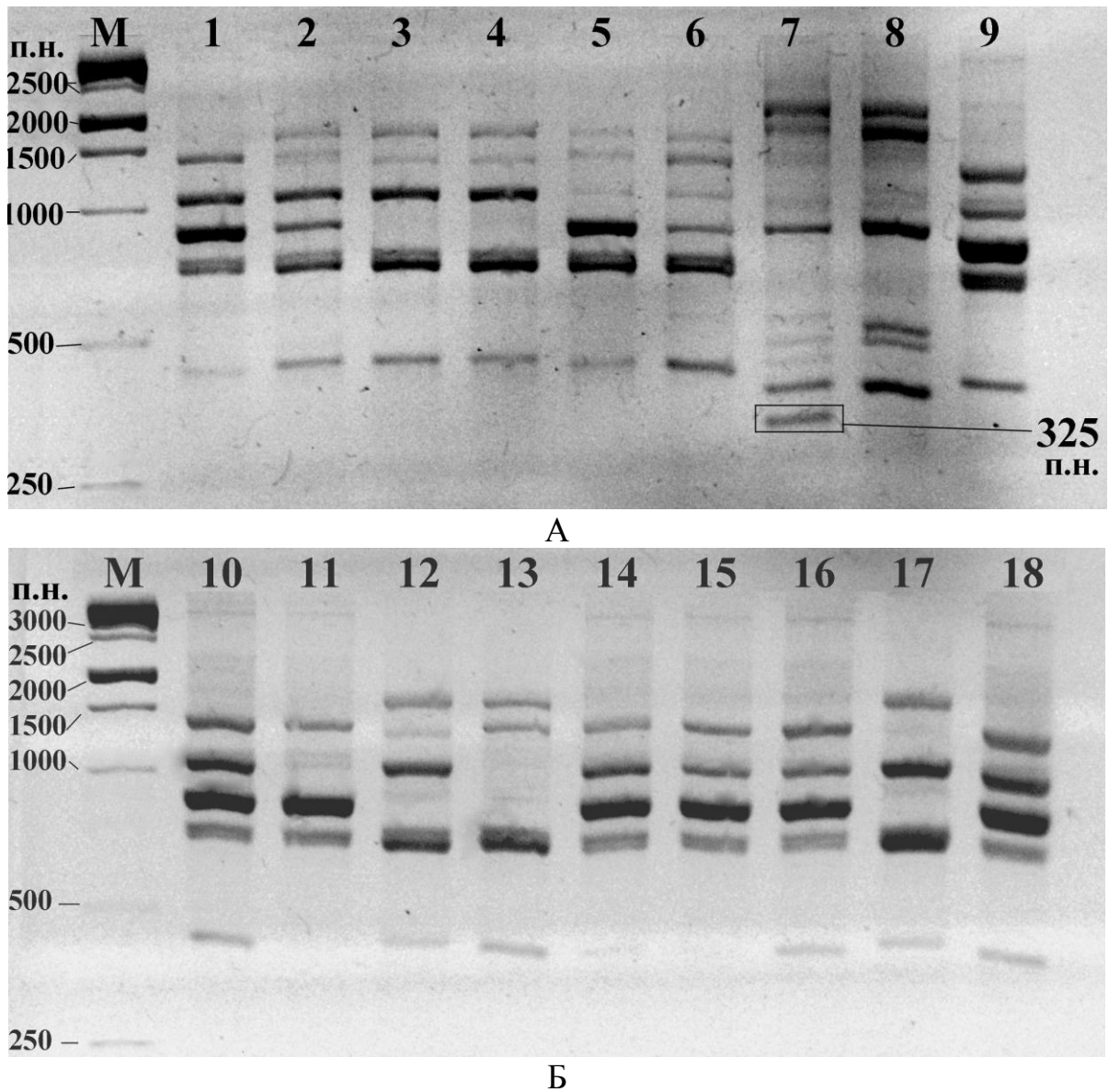


Рис. 2.12. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером Р-37. Унікальний локус позначено цифрами (п.н.) і обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. А: 1 – сорт Ультра, 2 – сорт Лера, 3 – сорт Харківський-1, 4 – сорт Студентський, 5 – сорт Роганський, 6 – сорт Вогняна кулька, 7 – сорт Кармен, 8 – популяція 00087, 9 – сорт Багрянний. Б: 10 – популяція 00038, 11 – популяція 00110, 12 – популяція К-61, 13 – популяція К-146, 14 – популяція 00050, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00097, 17 – популяція К-22, 18 – популяція 00079

Із праймером Р-39 ідентифіковано 10 локусів завдовжки ~ 184–535 п.н. Два локуси були мономорфні, їх довжина 450 і 345 п.н.

Останній RAPD-праймер (P-52) дозволив виявити найменшу кількість локусів – п'ять. Їх розмір варіював у межах ~ 232–507 п.н. Один з ідентифікованих фрагментів був мономорфний і виявлявся в усіх досліджуваних зразків амаранта. Його розмір становив ~ 326 п.н.

Велика кількість виявлених поліморфних локусів свідчить про значну генетичну мінливість досліджуваної колекції амаранта, яка може бути зумовлена низкою факторів (мутації, рекомбінація генів, тощо). Разом із тим це характеризує RAPD-маркери як достатньо ефективний молекулярний інструмент для генотипування та ідентифікації генотипів амаранта [223; 256].

**2.4.2. Аналіз поліморфізму міжмікросателітних послідовностей ДНК за допомогою ISSR-маркерів.** Міжвидовий поліморфізм генома амаранта, виявлений при застосуванні ISSR-маркерів, був дещо нижчий, ніж виявлений під час RAPD-аналізу, і становив 81,9 % [221]. Його максимальний рівень (94,1 %) відмічено при використанні праймера ISSR 2, мінімальний (66,7 %) – при використанні праймерів ISSR 810 і ISSR 826 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Поліморфізм ДНК амаранта, виявлений із використанням ISSR-маркерів**

Праймер	Кількість виявлених локусів, шт.	Кількість поліморфних локусів, шт.	Рівень поліморфізму, %	
ISSR 2	17	16	94,1	
ISSR 3	11	10	90,9	
ISSR 810	3	2	66,7	
ISSR 825	13	11	84,6	
ISSR 826	9	6	66,7	
ISSR 834	11	9	81,8	
ISSR 842	21	19	90,5	
Усього	85	73	Середнє значення	81,9

Дослідниця I.V. Stefunova [602] також відмічає високий поліморфізм (~88 %) міжмікросателітних послідовностей ДНК зернових видів амаранта, виявлений за допомогою ISSR-маркерів.

Продукти ампліфікації ДНК амаранта з ISSR-праймерами розрізнялися за кількістю, розміром і експресією. Кількість

ампліфікованих локусів із використанням різних праймерів варіювала від трьох (ISSR 810) до 21 (ISSR 842). У цілому ідентифіковано 85 локусів, 73 з яких виявилися поліморфними.

З використанням праймера ISSR 2 у досліджуваних видів амаранта ідентифіковано 17 локусів розміром  $\sim 298$ – $2783$  п.н. Один фрагмент ( $\sim 394$  п.н.) був мономорфний і виявлявся в усіх колекційних зразків. У популяції 00039 виявлено унікальний локус завдовжки 414 п.н. (рис. 2.13).

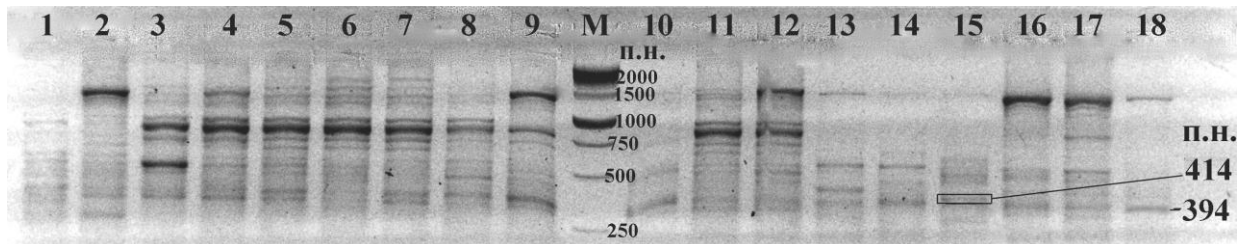


Рис. 2.13. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 2. Унікальний і мономорфний локуси позначено цифрами, п.н. Унікальний локус обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

У результаті ампліфікації ДНК колекції амаранта з праймером ISSR 3 виявлено 11 локусів розміром від  $\sim 367$  до  $1647$  п.н. Один із детектованих локусів був мономорфний, завдовжки  $578$  п.н. (рис. 2.14).

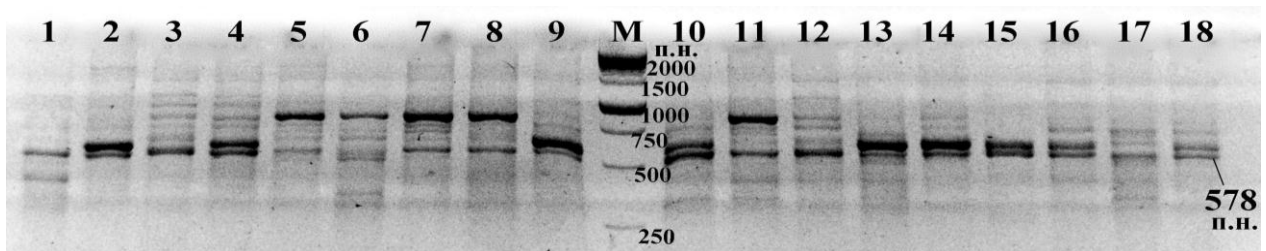


Рис. 2.14. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 3. Мономорфний локус позначено цифрами, п.н. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

Праймер ISSR 810 дозволив ідентифікувати лише три фрагменти довжиною ~483, 563 і 1204 п.н. Перший локус у досліджуваних видів амаранта був поліморфний, другий – мономорфний, а третій – унікальний, виявлений тільки в сорту Кармен (рис. 2.15).

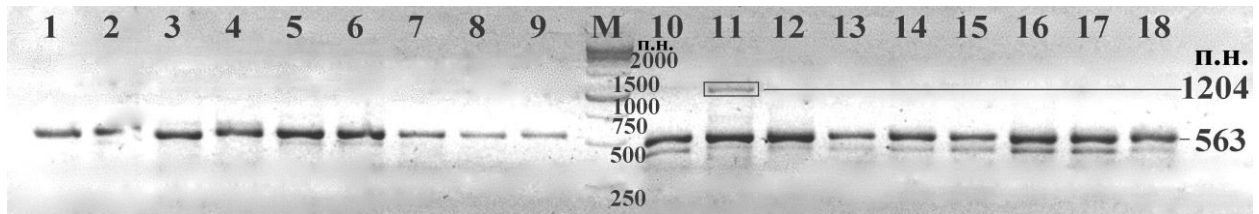


Рис. 2.15. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 810. Мономорфний і унікальний локуси позначено цифрами (п.н.), унікальний – обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

Тринадцять локусів виявлено в амаранта при ампліфікації ДНК колекційних зразків із праймером ISSR 825. Їхні розміри варіювали в межах ~366–3544 п.н. Два детектовані фрагменти були мономорфні і мали розміри ~3544 і 466 п.н. У популяції 00039 ідентифіковано два унікальні локуси завдовжки ~585 і 1285 п.н. (рис. 2.16).

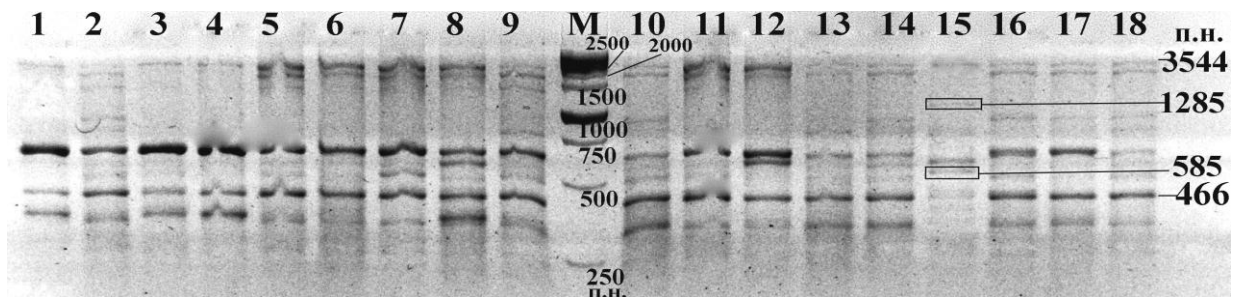


Рис. 2.16. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 825. Мономорфні й унікальні локуси позначено цифрами (п.н.), унікальні – обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

З використанням праймера ISSR 826 виявлено дев'ять фрагментів ДНК завдовжки ~380–1387 п.н. Три з них виявлені в усіх досліджуваних зразків амаранта і мали розмір ~380, 808 і 1067 п.н. У сорту Вогняна кулька ідентифіковано унікальний локус завдовжки 1317 п.н. (рис. 2.17).

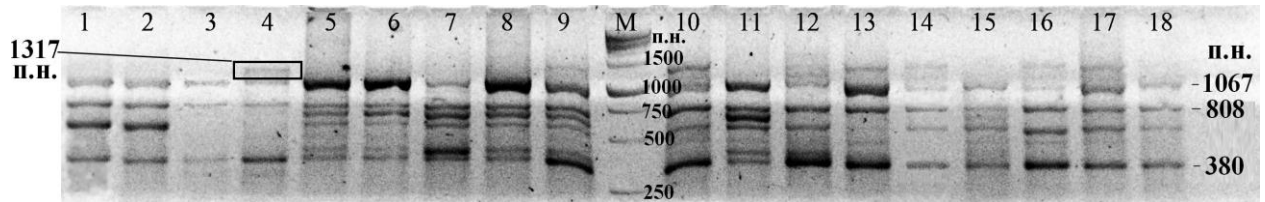


Рис. 2.17. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 826. Мономорфні й унікальний локуси позначено цифрами (п.н.), унікальний – обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

Праймер ISSR 834 при ампліфікації з ДНК амаранта дозволив визначити в залучених у дослід зразків 11 локусів. Розмір ампліконів становив ~301–1277 п.н. Два локуси були мономорфні, завдовжки ~636 і 712 п.н. (рис. 2.18).

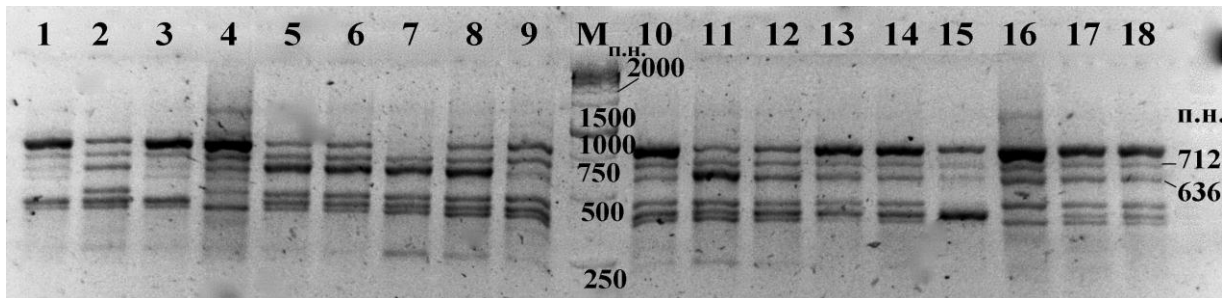


Рис. 2.18. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 834. Мономорфні локуси позначено цифрами, п.н. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

Останній ISSR-праймер (ISSR 842) дозволив ідентифікувати найбільшу кількість локусів (21) у досліджуваних видів амаранта. Їх



розмір варіював від ~310 до 1635 п.н. Фрагменти завдовжки ~616 і 1297 п.н. були мономорфні і виявлялись у всіх колекційних зразків амаранта. У популяції К-146 виявлено унікальний локус завдовжки 997 п.н. (рис. 2.19).

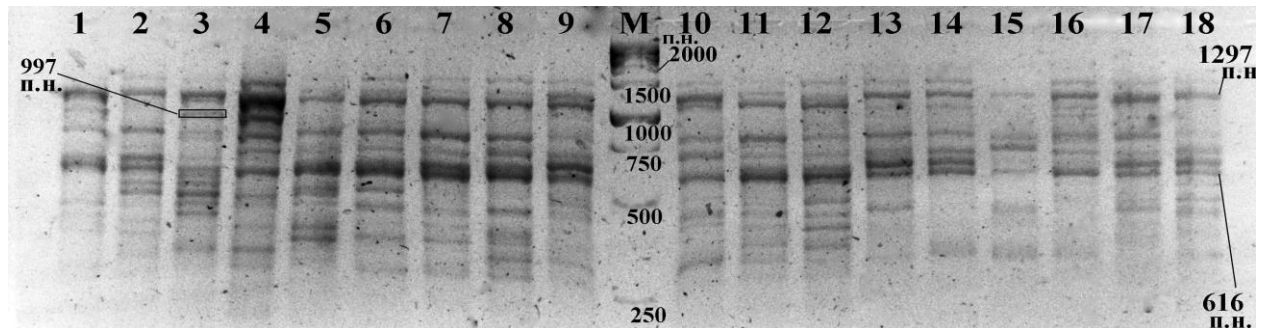


Рис. 2.19. Електрофореграма продуктів ампліфікації ДНК амаранта з праймером ISSR 842. Мономорфні й унікальний локуси позначено цифрами (п.н.), унікальний – обведено рамкою. М – 1 kb DNA leader. 1 – сорт Роганський, 2 – популяція 00087, 3 – популяція К-146, 4 – сорт Вогняна кулька, 5 – сорт Лера, 6 – сорт Студентський, 7 – сорт Харківський-1, 8 – популяція К-61, 9 – популяція 00050, 10 – сорт Багрянний, 11 – сорт Кармен, 12 – популяція К-22, 13 – сорт Ультра, 14 – популяція 00038, 15 – популяція 00039, 16 – популяція 00079, 17 – популяція 00097, 18 – популяція 00110

Виявлені в результаті ISSR- і RAPD-аналізів мономорфні фрагменти є консервативними ділянками ДНК, які свідчать про єдність походження зернових видів амаранта. Унікальні локуси свідчать про генетичну дивергенцію цих видів і значний поліморфізм генома амаранта на міжвидовому рівні. Ідентифіковані унікальні та мономорфні локуси можна розглядати як родо- і видоспецифічні маркери, а також маркери певних генотипів. Це дозволяє використовувати їх для генотипування, паспортизації сортів, вивчення філогенетичних відносин у межах роду *Amaranthus*. Зазначені локуси можуть бути секвеновані та задіяні для розробки більш специфічних SCAR-маркерів, що з успіхом було продемонстровано для інших культур [24; 571], а також для деяких видів амаранта, представлених різними еколого-географічними групами [573].

## 2.5. Оцінка внутрішньовидового і внутрішньопопуляційного поліморфізму ДНК амаранта з використанням RAPD- і ISSR-маркерів

RAPD-аналіз мінливості колекційних зразків амаранта показав різний рівень поліморфізму ДНК залежно від особливостей генотипу, який у середньому становив 51,2 %. Результати аналізу наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

### Поліморфізм ДНК колекційних зразків амаранта, установлений за результатами RAPD- і ISSR-аналізів

Генотип	RAPD			ISSR		
	Сумарна кількість локусів, виявлених у всіх видів амаранта, шт.	Кількість локусів, виявлених у певного зразка, шт.	Рівень поліморфізму, %	Сумарна кількість локусів, виявлених у всіх видів амаранта, шт.	Кількість локусів, виявлених у певного зразка, шт.	Рівень поліморфізму, %
Роганський	118	55	46,6	85	39	45,9
00087	118	58	49,2	85	53	62,4
К-146	118	59	50,0	85	47	55,3
Вогняна кулька	118	49	41,5	85	50	58,8
Багряний	118	62	52,5	85	42	49,4
Кармен	118	63	53,4	85	56	65,9
Ультра	118	61	51,7	85	39	45,9
00038	118	66	55,9	85	34	40,0
00039	118	66	55,9	85	37	43,5
00079	118	59	50,0	85	46	54,1
00097	118	43	36,4	85	46	54,1
00110	118	62	52,5	85	41	48,2
Лера	118	75	63,6	85	53	62,4
Студентський	118	67	56,8	85	53	62,4
Харківський-1	118	72	61,0	85	49	57,6
К-22	118	51	43,2	85	54	63,5
К-61	118	69	58,5	85	49	57,6
00050	118	50	42,4	85	48	56,5
Середнє значення			51,2			54,6

Найбільшою поліморфністю в досліджуваній колекції характеризувалися сорти Харківський-1 і Лера, у генотипі яких ідентифіковано 72 і 75 локусів із 118 можливих. При цьому рівень поліморфізму цих зразків становив 61,0 і 63,6 %. Мінімальний поліморфізм ДНК за результатами RAPD-аналізу (36,4 %) відмічено в популяції 00097. При ампліфікації ДНК цього зразка з різними RAPD-праймерами виявлено 43 локуси із 118. Рівень поліморфізму інших зразків амаранта становив 41,5–58,5 %, при цьому кількість ідентифікованих фрагментів дорівнювала 49–69 на генотип.

Загальний рівень поліморфізму ДНК колекційних зразків за результатами ISSR-аналізу був дещо вищим, порівняно з RAPD, і становив у середньому 54,6 % (див. табл. 2.4).

Максимальний поліморфізм ДНК при ампліфікації з ISSR-праймерами відмічено в сорту Кармен (65,9 %), у якого ідентифіковано 56 із 85 можливих локусів. Найбільшою консервативністю генома при застосуванні ISSR-методу характеризувався зразок 00038, рівень поліморфізму якого становив 40,0 %, а кількість виявлених локусів дорівнювала 34.

Визначений рівень популяційного поліморфізму ДНК може бути підтвердженням значної мінливості у відповідних зразків амаранта, а також демонструє ступінь їх генетичної дивергенції, яка є наслідком як природних еволюційних процесів, що відбуваються в популяціях амаранта, так і дії селективного добору.

Значення рівня видового поліморфізму, виявлені за допомогою RAPD- і ISSR-маркерів, узгоджувалися з популяційним. Однак, поліморфізм, виявлений під час RAPD-аналізу, був вищим порівняно з результатами ISSR-аналізу (табл. 2.5) [225].

Аналіз внутрішньовидового поліморфізму ДНК амаранта за допомогою RAPD- і ISSR-маркерів показав, що його максимальний рівень (59,2 %) притаманний виду *A. hypochondriacus*. Мінімальною мінливістю генома (43,1 %) характеризувався вид *A. mantegazzianus*. Проте ця таксономічна одиниця в досліджуваній колекції представлена тільки одним зразком, що, напевно, не дозволяє дати адекватну оцінку її геномної мінливості. Значення рівня поліморфізму в трьох інших видів амаранта розподілилися так: *A. hybridus* – 56,4 %, *A. caudatus* – 56,2 %, *A. cruentus* – 47,0 %.

**Внутрішньовидовий поліморфізм ДНК амаранта, виявлений  
за результатами RAPD- і ISSR-аналізів**

Маркерна система	RAPD			ISSR			Середній рівень поліморфізму за RAPD і ISSR маркерами, %
	Поліморфні локуси, шт.	Кількість локусів, виявлених у певного виду, шт.	Рівень поліморфізму виду, %	Поліморфні локуси, шт.	Кількість локусів, виявлених у певного виду, шт.	Рівень поліморфізму виду, %	
<i>A. caudatus</i>	58	94	61,7	34	67	50,7	56,2
<i>A. mantegazzianus</i>	49	118	41,5	38	85	44,7	43,1
<i>A. cruentus</i>	51	89	57,3	22	60	36,7	47,0
<i>A. hybridus</i>	38	78	48,7	41	64	64,1	56,4
<i>A. hypochondriacus</i>	63	96	65,6	37	70	52,9	59,2
Середнє значення			55,0			49,8	52,4

Подібні результати з використанням різних RAPD- і ISSR-праймерів для різних видів амаранта було отримано й іншими дослідниками [458; 602; 628]. Так, T. Ray і S. Roy [573] відмічають, що внутрішньовидовий поліморфізм видів *A. gangeticus*, *A. paniculatus* і *A. viridis* становить 52,1, 37,7 і 39,1 %. Зернові види амаранта (*A. hypochondriacus*, *A. caudatus* і *A. cruentus*), за даними цих авторів, характеризувалися незначним поліморфізмом (22,5, 18,3, 23,3 %).

Як зазначає J.D. Sauer [588], вид *A. hybridus* є диким попередником усіх інших зернових видів амаранта. Продуктом первинної доместикації від нього є *A. cruentus*, який у результаті схрещування з іншими дикими попередниками (*A. quitensis* і *A. powellii*) дає початок видам *A. caudatus* і *A. hypochondriacus*.

Спираючися на постулати цієї монофілетичної гіпотези, а також на отримані нами дані, можна припустити, що еволюція генома зернових видів амаранта відбувалася так. Від батьківського генома (*A. hybridus*) із певним рівнем мінливості відокремилася форма (*A. cruentus*), яка характеризувалася меншим генетичним різноманіттям. Схрещування цього біотипу з іншими генетично віддаленими таксонами сприяло привнесенню нових генів, що забезпечило підвищення рівня генетичного поліморфізму. У результаті рекомбінації генів і подальшої стабілізації новоутворених геномів відокремилися ще дві зернові форми амаранта (*A. caudatus* і *A. hypochondriacus*), рівень геномного поліморфізму яких перевищував поліморфізм проміжної форми.

## 2.6. Генетична дивергенція зернових видів амаранта

З'ясування філогенетичних відносин між видами й окремими популяціями рослин сприяє розумінню процесів формотворення, що в них відбуваються, дає уявлення про генетичну дивергенцію рослинних організмів, яка склалася під впливом різних еволюційних факторів. Це дозволяє оцінити рівень генетичної спорідненості окремих таксономічних груп, що є передумовою ефективного планування близькоспорідненої та віддаленої гібридизації.

**2.6.1. Оцінка диференційної здатності ізоферментних маркерів в амаранта.** Виявлений під час електрофоретичного аналізу сумішей насіння поліморфізм восьми ізоферментів амаранта (ME, MDH, 6-PGD, ADH, EST, AAT, SKDH і G-6-PDH) дозволив нам провести оцінку генетичної спорідненості досліджуваних зразків за алозимною мінливістю.

На базі отриманих ізоферментних спектрів було створено бінарну матрицю частот виявлених алозимів, за якою розраховано генетичні відстані  $N_{ei}$ ,  $L_i$  між колекційними зразками. Результати розрахунків наведено в табл. 2.6. Максимальною дивергенцією характеризувалися популяції K-146 і 00079, генетична відстань між якими дорівнювала 0,0276. Максимальну генетичну спорідненість ( $D_{ij}=0,0011$ ) встановлено між популяціями 00087 і K-22.

За результатами кластерного аналізу досліджувані зразки амаранта було згруповано в три кластери (рис. 2.20) [224].

Перший кластер включав майже всі зразки виду *A. hybridus* (сорт Ультра, популяції 00038, 00079, 00097, 00110) і сорти Кармен та Багрянний, які належать до виду *A. cruentus*. У межах кластера відмічено два основні вузли, які поєднують найбільш генетично близькі зразки амаранта. Перший вузол утворено популяціями 00038 і 00097, до яких почергово приєдналися популяція 00110 і сорт Багрянний. Другий вузол об'єднав сорт Ультра і популяцію 00079. Сорт Кармен характеризувався найбільшою генетичною дивергенцією відносно інших зразків і на топології дерева розміщувався відокремлено.



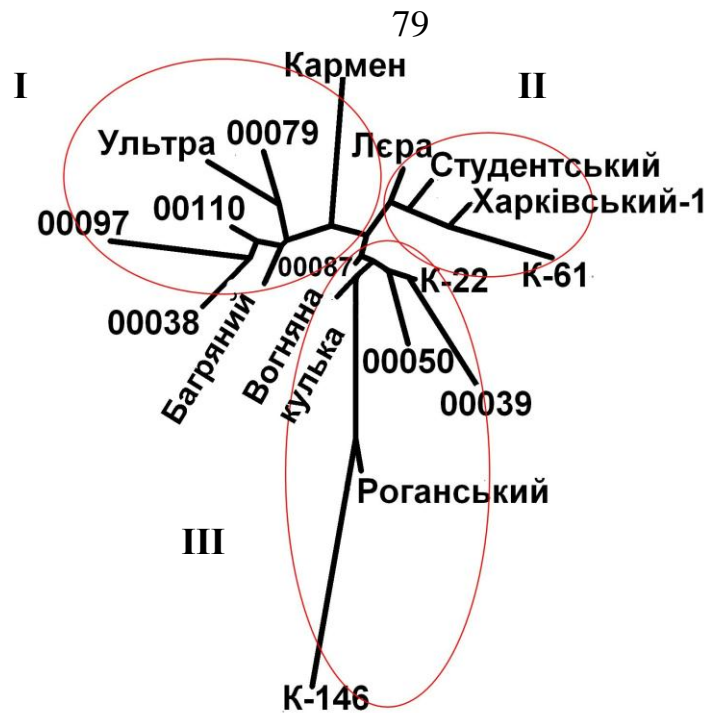


Рис. 2.20. Філогенетичне дерево, побудоване за результатами оцінки поліморфізму ізоферментів колекційних зразків амаранта. Кластери обведено і позначено римськими цифрами

У другий кластер увійшли сорти Лєра, Студентський, Харківський-1 і популяція К-61, при цьому два останніх зразки характеризувалися найбільшим рівнем генетичної подібності і на топології дерева розташовувалися на одній гілці. До них по чергово примикали два інші зразки, утворюючи тісну групу. Як було зазначено вище, ці чотири зразки походять від географічно близьких форм, чим і пояснюється незначний рівень дивергенції між ними.

Третій кластер представлено зразками чотирьох із п'яти залучених у дослідження видів амаранта: *A. caudatus* (сорт Роганський, популяції 00087 і К-146), *A. mantegazzianus* (сорт Вогняна кулька), *A. hybridus* (популяція 00039) і *A. hypochondriacus* (популяції 00050 і К-22). При цьому зразки двох перших видів, поступово приєднуючись, утворювали єдину гілку. Порядок об'єднання був такий: К-146 (Німеччина) – Роганський, Вогняна кулька (Україна) – 00087 (Росія). З огляду на те, що сорт Вогняна кулька є гібридом між видами *A. mantegazzianus* і *A. caudatus*, ця гілка філогенетичного дерева може відображати напрям інтродукції виду *A. caudatus* L. – із Заходу на Схід.

Три інші зразки (популяції 00050, 00039 і К-22) у межах кластера групувалися разом з утворенням спільного вузла і відзначалися різним рівнем генетичної подібності (див. табл. 2.6, рис. 2.20).

Побудована за результатами аналізу алозимного поліморфізму дендрограма демонструє відносно незначну дивергенцію зразків у межах кожного кластера, за винятком популяції К-146, яка була найбільш генетично віддаленою відносно майже всіх досліджуваних популяцій. Отримані дані також свідчать на користь генетичної спорідненості зернових видів амаранта.

Разом із тим факт розподілу в виділені групи зразків різної видової належності, різного еколого-географічного походження, з різною морфологією характеризує ізоферментні маркери як недостатньо інформативні для генетичних досліджень амаранта зі слабкою диференційною здатністю. Причиною цього, найімовірніше, є незначний поліморфізм досліджуваних ферментів.

**2.6.2. Аналіз філогенетичних відносин між зерновими видами з використанням RAPD-маркерів.** Для оцінки рівня генетичної дивергенції досліджуваних видів амаранта за результатами RAPD-аналізу було розраховано генетичні відстані  $Nei$ ,  $Li$  (табл. 2.7), значення яких варіювали в межах від 0,0009 між популяціями 00038 і 00110 до 0,0141 між сортом Харківський-1 і популяцією 00097. На основі матриці генетичних відстаней побудовано дерево філогенетичних відносин між колекційними зразками амаранта (рис. 2.21) [223].

На дендрограмі чітко виділяються два основних кластери. У перший увійшли майже всі зразки виду *A. hybridus*, у другий – виду *A. hypochondriacus*. Зразки видів *A. caudatus* і *A. cruentus* представлено в обох кластерах.

Отже, до першого кластера увійшли сорти Роганський, Вогняна кулька (Україна), Багрянний (Росія), популяції 00079, К-22, 00097 (Індія), 00039, К-146 (Німеччина). Сорти Роганський і Вогняна кулька в межах кластера розташовані на одній гілці філогенетичного дерева. Ці зразки є спонтанними гібридами між *A. caudatus* і *A. mantegazzianus*. При цьому сорт Роганський за морфологічними особливостями віднесено до виду *A. caudatus*, а сорт Вогняна кулька – до виду *A. mantegazzianus*. Слід відмітити деяку фенотипічну схожість цих сортів (світла волоть, жовто-зелене стебло, біле склоподібне насіння). Таким чином, на підставі отриманих результатів можна припустити участь одних і тих самих вихідних форм у створенні цих сортів. Крім того, види *A. mantegazzianus* і *A. caudatus* деякі дослідники ототожнюють [92].







Рис. 2.21. Філогенетичне дерево, побудоване за результатами оцінки поліморфізму ДНК колекційних зразків амаранта з використанням RAPD-аналізу. Кластери обведено і позначено римськими цифрами

Найменшою генетичною дистанцією відносно вказаних зразків характеризувалася популяція К-146 (*A. caudatus*). У міру збільшення рівня генетичної дивергенції розташувалися популяції К-22 (*A. hypochondriacus*), 00097, 00039 (*A. hybridus*).

Другий кластер об'єднує сорти української селекції Лера, Студентський, Харківський-1, а також зразки К-61 (США) і 00050 (Німеччина), які належать до виду *A. hypochondriacus*. При цьому найбільш генетично близькими виявилися сорти Студентський, Харківський-1, Лера і колекційний номер К-61, які на топології дерева утворювали спільний блок. Подібний вузол відмічено під час оцінки генетичної дивергенції колекції амаранта за морфологічною й алозимною мінливістю.

Максимальним рівнем генетичної дивергенції в межах кластера характеризувався зразок 00050, що, імовірно, зумовлено його належністю до іншої еколого-географічної групи (Німеччина).

В обох кластерах відмічено по два зразки (у першому кластері – 00079 і Багрянний, у другому – Кармен і 00087), які, незважаючи на різну видову належність і еколого-географічне походження, характеризувалися значною генетичною подібністю і на топології дерева філогенетичних відносин у межах свого кластера розташовані на одній гілці (рис. 2.21). Родоводи цих зразків не відомі, тому

пояснити їхню генетичну подібність за результатами проведеного дослідження досить складно.

До жодного кластера не увійшли популяції 00110 і 00038 (США), а також сорт Ультра (Україна). Вони належать до виду *A. hybridus*. Сорт Ультра виведено із сорту Білонасінний (*A. hybridus*) методом хімічного мутагенезу [495], що, очевидно, може пояснити його відокремленість відносно інших зразків виду *A. hybridus*.

Родоводи популяцій 00110 і 00038 відсутні, тому можемо лише припустити, що віддаленість їх від інших зразків виду свідчить про тенденцію інтродукції виду *A. hybridus* у різні еколого-географічні зони (США→Німеччина→Індія).

Отримане за результатами RAPD-аналізу філогенетичне дерево може бути підтвердженням генетичної спорідненості залучених у дослід видів амаранта. Цей факт відмічали раніше Т. Ray і S.C. Roy [579]. Це може означати, що найбільш імовірним для становлення зернових видів амаранта є наявність спільного предка, який поклав початок доместикації всіх інших форм.

Розташування видів *A. caudatus* і *A. cruentus* у різних кластерах може свідчити про подібність процесів еволюції цих видів. Результати нашої роботи також свідчать на користь монофілетичної гіпотези походження зернових видів амаранта. Однак виділення зразків виду *A. hypochondriacus* у відносно консервативну групу, найімовірніше, свідчить про те, що види *A. hybridus* і *A. hypochondriacus* генетично більш віддалені один від одного, ніж стосовно видів *A. caudatus* і *A. cruentus*.

**2.6.3. Використання ISSR-маркерів для диференціації генотипів колекції амаранта.** Для оцінки філогенетичних взаємовідносин у колекції амаранта за результатами ISSR-аналізу було розраховано генетичні відстані Nei, Li, абсолютні значення яких варіювали в межах від 0,0018 між зразками виду *A. hypochondriacus* К-61 і Харківський-1 до 0,0113 між популяціями К-146 (*A. caudatus*) і 00039 (*A. hybridus*) (табл. 2.8). Отримані результати показали незначну філогенетичну дивергенцію досліджуваних зразків амаранта, незважаючи на різну приналежність і еколого-географічне походження.

У результаті кластерного аналізу з використанням методу приєднання найближчих сусідів колекційні зразки було розподілено в три групи відповідно до видової належності (рис. 2.22) [221].





Рис. 2.22. Філогенетичне дерево, побудоване за результатами оцінки поліморфізму ДНК колекційних зразків амаранта з використанням ISSR-аналізу. Кластери обведено і позначено римськими цифрами

У перший кластер увійшли всі зразки виду *A. hybridus* L. (Ультра, 00038, 00039, 00079, 00097, 00110). При цьому популяції 00079 і 00097, а також 00039 і сорт Ультра на топології дерева в межах групи утворюють спільні вузли.

Популяції 00079 і 00097 інтродуковано з Індії, що, мабуть, може пояснити їх розташування на спільній гілці дендрограми. Популяція 00039 і сорт Ультра мають різне географічне походження, однак характеризуються схожістю за такими господарськими і морфологічними ознаками, як ранньостиглість, низькорослість, довга волоть амарантового типу середньої густоти, зелене забарвлення листків і стебел (тоді як усі інші зразки у цьому кластері характеризуються червоним забарвленням рослин).

Другий кластер утворено переважно зразками виду *A. hypochondriacus* (див. рис. 2.22). Сорти української селекції Лера, Студентський, Харківський-1 і популяція К-61 (США) на дендрограмі утворюють спільний вузол. Дане угруповання зразків відмічено при використанні інших типів маркерів (морфологічних, біохімічних, RAPD), що свідчить про значну подібність їхніх геномів.

Популяції К-22 і 00050 мають різне географічне походження і на філогенетичному дереві в межах другого кластеру розташовані на окремих гілках.

Третій кластер включає популяції 00087, К-146, сорт Роганський (*A. caudatus*) і сорт Вогняна кулька (*A. mantegazzianus*) (див. рис. 2.22). Сорт Роганський і популяція К-146 мають подібну морфологію і на топології дерева розміщені на одній гілці. Схожі вузли відмічено під час аналізу морфологічної й алозимної мінливості колекції амаранта.

Віднесення до цього кластера сорту Вогняна кулька свідчить про генетичну подібність видів *A. caudatus* і *A. mantegazzianus*, що ми відмітили також при застосуванні всіх інших, використаних у дослідженні колекції амаранта, типів маркерів.

Популяція 00087 (Росія) в кластері III розміщена на окремій гілці, що вказує на її генетичну відокремленість відносно інших зразків у межах цієї групи.

Сорти Багрянний (Росія) і Кармен (Україна), які належать до виду *A. cruentus*, розподілилися в різні кластери – перший і другий (див. рис. 2.22). Таке їх розташування може свідчити на користь монофілетичної гіпотези походження зернових видів амаранта, запропонованої J.D. Sauer [588], згідно з якою вид *A. cruentus* L. є певною перехідною ланкою еволюції зернових видів амаранта, що й відбито в побудованому нами філогенетичному дереві.

**2.6.4. Комплексна оцінка філогенетичних відносин зернових видів амаранта за біохімічними і молекулярними маркерами.** За результатом філогенетичного аналізу колекції амаранта з використанням різних типів маркерів побудовано три дендрограми, які характеризувалися певними відмінностями і спільними рисами. Так, з використанням біохімічних і ISSR-маркерів колекційні зразки розподілено в три кластери, з використанням RAPD-маркерів – у два. Основним критерієм розподілу за всіма маркерними системами була видова належність [224]. При цьому виділено три основні блоки зразків:

I – група виду *A. hybridus*, у яку стабільно розподілено зразки 00079 і 00097. Зразки 00038, 00039, 00110 і сорт Ультра ідентифіковані за двома типами маркерів. При цьому третій тип забезпечував перерозподіл одного із зазначених зразків у інший блок. Також за всіма типами маркерів в цю групу розподілено сорт Багрянний (*A. cruentus*);

II – група виду *A. hypochondriacus*, типовими представниками якої були сорти Лера, Студентський, Харківський-1 і популяція К-61.

За трьома типами маркерів (морфологічні, RAPD і ISSR) у цей блок розподілено сорт Кармен (*A. cruentus*);

III – група виду *A. caudatus*, яка включала популяцію K-146, а також сорти Роганський і Вогняна кулька.

При цьому зазначені зразки залежно від типу маркерної системи виявляли більший або менший рівень генетичної подібності й утворювали на топології філогенетичних дерев відповідні вузли.

Інші зразки колекції (K-22, 00050, 00087) відповідно до типу маркера кластеризували в одну з трьох груп. Це характеризує популяції як високо поліморфні за різними типами маркерів і визначає їх як найбільш перспективні для подальшої селекційної роботи.

Стабільний розподіл зразків виду *A. cruentus* в одну з груп – виду *A. hybridus* або виду *A. hypochondriacus* – ще раз підтверджує перехідний в еволюційному розумінні статус цієї таксономічної одиниці.

Найгіршою диференційною здатністю (через низький рівень алозимного поліморфізму) характеризувались ізоферментні системи, за якими більш-менш чітко виділено тільки групу виду *A. hybridus*, у яку, крім зразків, що належать до цієї таксономічної одиниці, увійшли також сорти Багрянний і Кармен виду *A. cruentus* (див. рис. 6.2). Група *A. hypochondriacus* включала тільки її типові зразки, а третій кластер був представлений усіма залученими в дослід видами амаранта.

На відміну від ізоферментів, метод ISSR дозволив чітко розподілити досліджувані зразки в три групи згідно з видовою належністю, ступенем генетичної дивергенції та морфологічними особливостями, що характеризує застосований тип маркерів як високоінформативний для генетичних досліджень амаранта з найкращою серед досліджуваних маркерних систем диференційною спроможністю.

Комплексний підхід до вирішення проблеми диференціювання генотипів амаранта дозволив побудувати сумарне дерево філогенетичних відносин, яке враховує поліморфізм, установленний за всіма маркерними системами [224]. Це дерево представлено на рис. 2.23.



Рис. 2.23. Філогенетичне дерево, побудоване за результатами аналізу генетичної мінливості колекції амаранта за морфологічними, ізоферментними і молекулярно-генетичними маркерами. Кластери обведено

Ця дендрограма відзначалася розподілом колекційних зразків у три основні групи. При цьому сорт Кармен виду *A. cruentus* був кластеризований у групу *A. hypochondriacus*, а сорт Багрянний цього виду – у групу *A. hybridus*. Колекційний номер К-22 (*A. hypochondriacus*) на топології дерева розміщувався в групі *A. caudatus*, а 00087 (*A. caudatus*) – у групі *A. hybridus*.

Найбільше сумарній дендрограмі відповідали філогенетичні дерева, побудовані за результатами оцінки поліморфізму ДНК амаранта, виявленого з використанням ISSR-маркерів. Це свідчить про сильніший вплив зазначеного елемента мінливості серед досліджуваних типів маркерів на загальний рівень генетичної мінливості представників роду *Amaranthus*.



### Розділ 3

## БІОЛОГІЧНИЙ, АДАПТИВНИЙ І ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОДУ *AMARANTHUS* L. ТА ШЛЯХИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Під час інтродукції одні види, потрапивши в нові умови існування, почуваються добре, не змінюючи генетичної структури, а інші цього зробити не можуть. Перший випадок, як правило, називають натуралізацією. А в другому можливі два варіанти: або рослина, яку вводять у культуру, абсолютно не буде рости в нових умовах, або буде існувати, але зі значними втратами в популяції. Під впливом цих утрат змінюються генетичні особливості вихідних популяцій, і замість них виникають популяції іншого генетичного складу, що нормально себе почувають у новому для них районі існування. Таке пристосування до нових умов через генетичні зміни називають акліматизацією.

Уведення в культуру диких рослин (доместикація) є також процесом перенесення певних видів із звичайного для них середовища в умови культурного поля. Теоретично тут теж можливі і успішний розвиток видів без суттєвих змін їхньої генетичної структури (натуралізація), і пристосування до культури за рахунок генетичної реконструкції вихідних видів (акліматизація), і водночас можливі випадки, коли дикий вид настільки відрізняється за своїми реакціями від культурних рослин, що його поведінка на плантації негативно впливає на відносини з навколишнім середовищем, не даючи змоги натуралізуватися в культурі. У таких видів інколи відсутня реакція, яка б дозволяла захиститися від ґрунтових комах та гнилісних бактерій, вони не здатні до швидкої регенерації в разі пошкодження їхніх органів.

Усе це не узгоджується з відносинами на культурних плантаціях, де є активна мікрофлора і багата фауна черв'яків і комах [203]. За таких умов види не здатні реалізувати свої потенційні можливості і не можуть становити інтерес для сільськогосподарського виробництва. Тільки види з підвищеною екологічною стійкістю мають перспективи на впровадження і подальше використання.

Інтенсифікація рослинництва, яка базується на широкому використанні техногенних засобів (добрив, пестицидів) вимагає

пошуку і створення агроценозів, достатньо захищених екологічною стійкістю до факторів зовнішнього середовища, які не регулюються [50; 135; 138; 151; 164; 319]. Таким чином, завдання отримання стабільних урожаїв нині набуває великої актуальності і є досить важким, оскільки підвищення продуктивності сільськогосподарських культур за рахунок збільшення рівня техногенних факторів призводить до зростання витрат на підтримання системи в стабільному стані. При такому підході неминучою є межа підвищення продуктивності екосистеми, коли отримана продукція не окупає затрат енергії, засобів і сил. В ідеалі продуктивність і стабільність у природних систем несумісні. Збільшення продуктивності екологічної системи поля відбувається, як правило, за рахунок зниження її стабільності і тому заходи, орієнтовані на прогресивне зростання продуктивності екологічних систем та їх стабільність, повинні бути спрямовані на забезпечення взаємного зв'язку всіх компонентів екологічної системи, тобто на зміцнення її функціональної організації [49; 51; 162; 249]. При цьому важливе значення мають генотипові особливості виду, культигена, їх взаємодія з прийомами технології вирощування та умовами зовнішнього середовища, які не регулюються.

При взаємодії виду або культигена з новими умовами існування в них формується своєрідний комплекс ознак, які визначають їх подальше існування в цих умовах і називаються адаптивними. Особливості відмінності механізмів адаптації рослин до умов зовнішнього середовища вивчали багато дослідників, і на сьогодні в цій галузі накопичено значний експериментальний матеріал. Так, інтегрованість адаптивних реакцій рослин як цілісних біологічних систем проявляється в тому, що їхня стійкість до екстремальних умов зовнішнього середовища тісно пов'язана з ритмом розвитку рослин і регулюванням обміну речовин, стійкість до спеки і посухи – із довготривалістю і швидкістю проходження фаз пізнього вегетативного і генеративного розвитку [312].

Морфологічна адаптація на різних рівнях організації (від клітини до організму) широко розповсюджена серед рослин і відіграє значну роль у їх пристосуванні до умов зовнішнього середовища.

Однією з ознак морфологічного характеру, яка забезпечує адаптацію виду до певних умов існування, є розмір насіння. Із запасом поживних речовин у насініні пов'язана величина зародку і сходів. Крупне насіння забезпечує швидкий розвиток сіянців, а дрібне сприяє утворенню дрібних сіянців із подальшим повільним розвитком.

У процесі доместикації диких видів величина насінини має вирішальне значення для заглиблення її під час посіву.

Невдачі під час введення в культуру деяких видів рослин пов'язані з тим, що їхнє насіння не витримує значного заглиблення, а при незначному заглибленні не дає сходів через швидке пересихання верхнього шару ґрунту.

Особливо важливі в адаптації рослин адаптивні механізми їхніх репродуктивних систем – структура квітки й особливості її цвітіння в мінливих умовах середовища, механізми запилення і запліднення, від чого значною мірою залежить насіннева продуктивність як окремої рослини, так і популяції в цілому, навіть при несприятливих умовах середовища [254].

Деякі дослідники вказують на особливе адаптивне значення взаємодії різних систем статевого розмноження в популяціях рослин.

Одночасне розмноження особин інбридингом і кросбридингом сприяє виникненню більшої кількості спадкових перетворень, ніж це можливо на основі тільки одного зі способів запліднення, що підтримує високу корелятивну мінливість між генотипами, яка й забезпечує адаптивний і гомеостатичний потенціал популяції [188–191].

Таким чином, у разі перенесення культурних і диких видів рослин в інші умови існування з метою подальшого прогнозу щодо пристосування цих видів до нових, незвичних для них умов, слід ураховувати морфологічні та біологічні особливості виду, його адаптивний потенціал.

### **3.1. Система запилення в амаранта**

Амарант – перехреснозапильна культура з різними ступенем аутокросингу.

Система запилення – змішана, із різним рівнем само- і перехресного запилення [146], що дає змогу селекціонерам використовувати селекційні методи, розроблені як для самозапильних, так і перехреснозапильних рослин. На ступінь аутокросингу впливають як генотип, так і навколишнє середовище. Середній ступінь аутокросингу для популяцій змінюється від 5,8 до 28,8 % (*A. caudatus*), від 3,5 до 14 % (*A. hypochondriacus*) і досягає 31 % (*A. cruentus*). У межах популяції ступінь аутокросингу окремих рослин теж коливається.

Установлено, що види *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. lividus*, *A. graecizans* утворюють однакову кількість насіння як при вільному запиленні, так і в умовах ізоляції [133]. Це свідчить, що в цих видів немає суворої системи несумісності і їм однаковою мірою притаманні самозапилення і перехресне запилення. З'ясовано, що аутокросинг перебуває під контролем генотипу, але його прояв здебільшого зумовлений умовами середовища. Взаємодія *генотип – середовище* зумовлює відносно низьку спадковість ступеня аутокросингу.

Еволюція системи запилення амаранта відбувається в загальному руслі еволюційних перетворень від комахо- до вітро- і самозапилення. Лабільна система розмноження у видів амаранта, яка включає систему несумісності, способи запилення і структурні особливості квітки, забезпечує видам амаранта високий рівень гетерозиготності і виживання в мінливих умовах середовища.

Про високий рівень гетерозиготності можна судити на основі мінливості в самозапиельних ліній амаранта деяких морфологічних і біохімічних ознак:

Висота рослин, см	128,5±2,9 – 159,6±2,5
Довжина волоті, см	47,9±1,7 – 61,0±1,6
Кількість пасинків, шт.	13,9±0,5 – 16,0±0,5
Листковий індекс	0,59±0,01 – 0,63±0,01
Маса 1000 насінин, г	0,72±0,02 – 0,90±0,02
Маса насіння з однієї рослини, г	16,3 – 32,8
Уміст білка в зерні, %	13,0 – 20,0
Уміст лізину, мг на 1 г зерна	150,0 – 550,0
Уміст жиру в зерні, %	4,87 – 7,71

При цьому зміни під впливом інбридингу можуть бути настільки значними, що в деяких випадках може змінюватися навіть коефіцієнт кореляції між окремими морфологічними ознаками.

### 3.2. Мегаспорогенез і розвиток жіночого гаметофіту

Під час вивчення найбільш поширених видів амаранта *A. cruentus* A.sp. (K388) було встановлено, що зав'язь у цих видів одногнізда, у ній утворюється один красинуцелярний насінневий зачаток [328]. Нуцелус насінневого зачатка оточений двома інтегументами, мікропіле утворюється тільки внутрішнім інтегументом. Для родини *Amaranthaceae* характерна наявність однієї і більше археспоріальних клітин [296].

Археспоріальна клітина в амаранта ділиться периклінально, утворюючи парієтальну і спорогенну клітини. У подальшому перша ділиться, утворюючи покривні клітини, а друга стає материнською клітиною мегаспор. Мегаспороцит перед діленням розростається, перше ділення мейозу завершується утворенням діади клітин. Далі халазальна клітина ділиться ще раз, а мікропілярна не ділиться. У результаті утворюються тільки три клітини, халазальна мегаспора збільшується, при цьому вона здавлює інші мегаспори і поглинає їх уміст.

Зародковий мішок виникає з халазальної мегаспори. Ядро халазальної мегаспори переміщується в центр, на стадії одноядерного зародкового мішка утворюється нуцелярний ковпачок. Після першого ділення ядра утворюється двоядерний зародковий мішок. Після другого ділення ядер зародкового мішка утворюється чотириядерний зародковий мішок. Через деякий час ядра чотириядерного зародкового мішка знову діляться. На кожному полюсі розміщуються по чотири ядра, відбувається формування перегородки між ними.

Таким чином, формується восьмиядерний семиклітинний зародковий мішок. Полярні ядра рано зливаються, утворюючи вторинне ядро зародкового мішка. Сформований зародковий мішок складається з яйцевого апарату, центральної клітини і трьох антиподальних клітин. Яйцеклітина має велике ядро, розташоване в апікальній частині, і велику вакуоль, яка знаходиться у базальній частині. Яйцеклітина розміщується під синергідами, трохи виступаючи при цьому над їх апікальною частиною. Синергіди мають велику вакуоль, розташовану в апікальній частині, а в базальній частині – ядро. Розташування клітин антипод Т-подібне, вони містять густозернисту цитоплазму і ядро. Антиподи, як правило, рано дегенерують. Мегаспорогенез і метагаметогенез в амаранта протікають нормально, без відхилень, що забезпечує одержання повноцінного насіння.

### **3.3. Мікроспорогенез і розвиток чоловічого гаметофіту**

Вивчення мікроспорогенезу і мікрогаметогенезу, проведене Г.Б. Салаховою та ін. [328] в *A. mantegazzianus* і *A. cruentus*, а також в *A. hybridus*, проведене нами, показало, що пиляки в амаранта чотиригнізді, мають чотирилопатеvu форму. У кожній лопаті під епідермісом розміщуються клітини археспорія, які в процесі розвитку

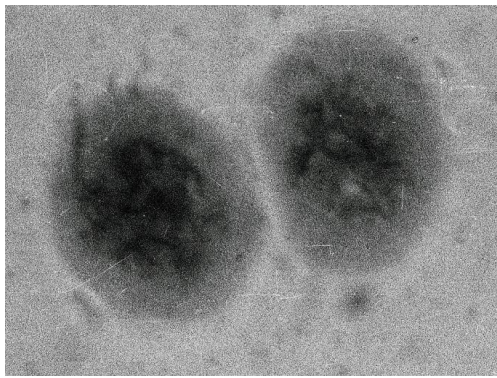
діляться периклінально, утворюючи зверху паріетальні клітини, а всередині – спорогенні. З паріетальних клітин формуються стінки пиляка, за винятком епідермісу. Сформована стінка пиляка складається з чотирьох шарів – епідермального, екзотеція, середнього шару і тапетуму. Під час мейозу і розвитку чоловічого гаметофіту всі шари пиляка значно змінюються або дегенерують повністю.

Клітини епідермісу діляться антиклінально та зберігаються до розкриття пиляка, але до того часу майже повністю розчиняються їх цитоплазма і ядра. Клітини ендотеція мають фіброзні потовщення і рано вакуолізуються, ядра подовжуються, далі майже повністю зникають. Середній шар рано дегенерує. Тапетум – одношаровий, на ранніх стадіях розвитку його клітини одноядерні, пізніше стають двоядерними. Спорогенні клітини великі, мають великі ядра, густу цитоплазму. Одночасно з формуванням стінок пиляка відбувається ділення спорогенних клітин, воно продовжується до закінчення формування стінок пиляка. Потім ядра спорогенних клітин перетворюються в мікроспороцити. Після періоду покою мікроспороцити приступають до мейозу.

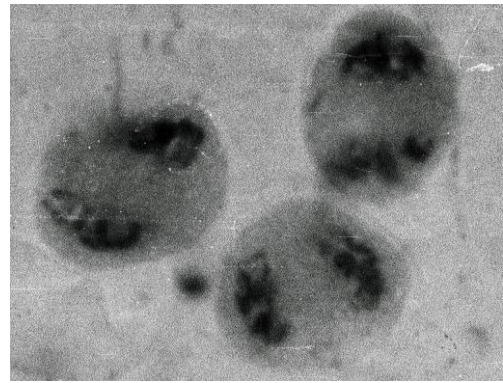
Як показали наші дослідження з вивчення характеру протікання мейозу в *A. hybridus*, а також дослідження мейозу в *A. mantegazzianus* і *A. cruentus* Г.Б. Салахової та ін. [328], цей процес проходить за симультанним типом ділення (рис. 3.1).

При цьому типі мікроспорогенезу після першого ділення утворення клітин не відбувається і мікроспори утворюються одночасно в кінці мейозу. Мікроспори в тетрадах розташовані тетраедрично, інколи ізобілатерально (рис. 3.1, 4).

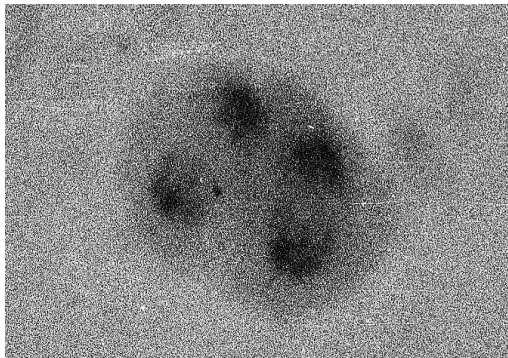
Деякий час після мейозу чотири мікроспори (тетради) (рис. 3.1, 4) лежать разом, покриті спільною оболонкою. Після розчинення оболонки материнської клітини в кожній мікроспорі утворюється власна оболонка. Із цього моменту мікроспора перетворюється в пилок. У ній утворюється дві оболонки: зовнішня і внутрішня (екзина та інтина). В амаранта, як виявили наші дослідження, зовнішня поверхня екзини має ледь помітні зубчики (рис. 3.2). Крім того, в екзині є продихи – отвори, через які проростає трубка пиляків. Внутрішня оболонка пилку – тонка двошарова плівка.



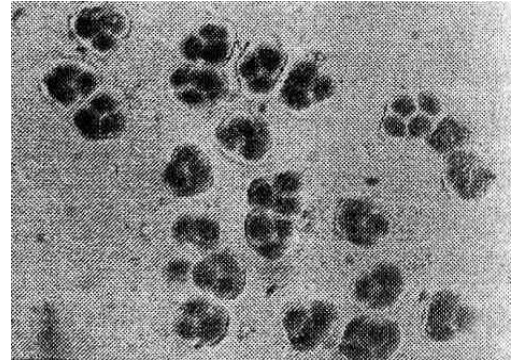
1. Профаза I



2. Анафаза I



3. Анафаза II



4. Характер розташування мікроспор у тетрадах

Рис. 3.1. Особливості протікання мейозу в амаранта (*A. hybridus*)

У пилку амаранта через чотири дні після його утворення починається мікрогаметогенез. Спочатку ділиться первинне ядро в пилку. Цей процес відбувається за типом мітозу і в результаті утворюються дві клітини – вегетативна і генеративна.

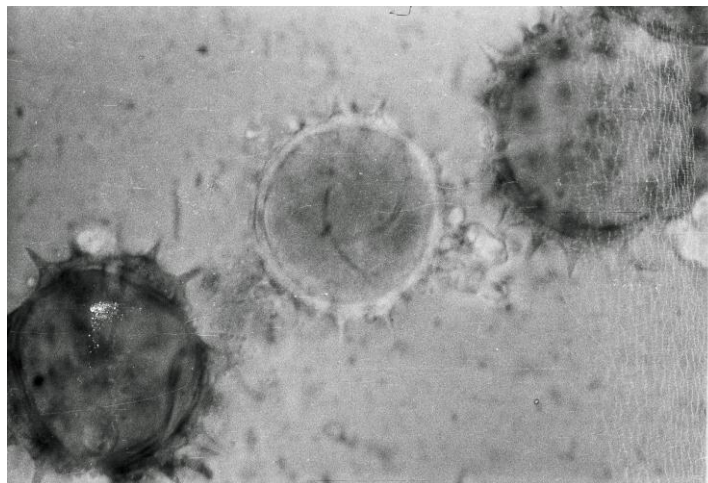


Рис. 3.2. Пилок амаранта

У подальшому вегетативна клітина не ділиться: у ній відбувається накопичування поживних речовин, необхідних для розвитку генеративної клітини і росту трубки пилку. За три дні до

початку цвітіння генеративна клітина ділиться й утворюються дві статеві клітини, які відіграють вирішальну роль у заплідненні.

Установлено, що в зав'язі амаранта міститься один красинуцелярний насінневий зачаток [328]. Нуцелус насінневого зачатка оточений двома інтегументами, кожен із яких складається з двох шарів клітин. Мікропіле утворюється тільки внутрішнім інтегументом.

Вторинне ядро перед заплідненням розміщується біля яйцевого апарату, під яйцеклітиною. Первинне ядро ендосперму – результат злиття вторинного ядра зародкового мішка зі спермієм. Воно переміщується у бік халозального кінця (рис. 3.3, 1) і без періоду покою починає ділення.

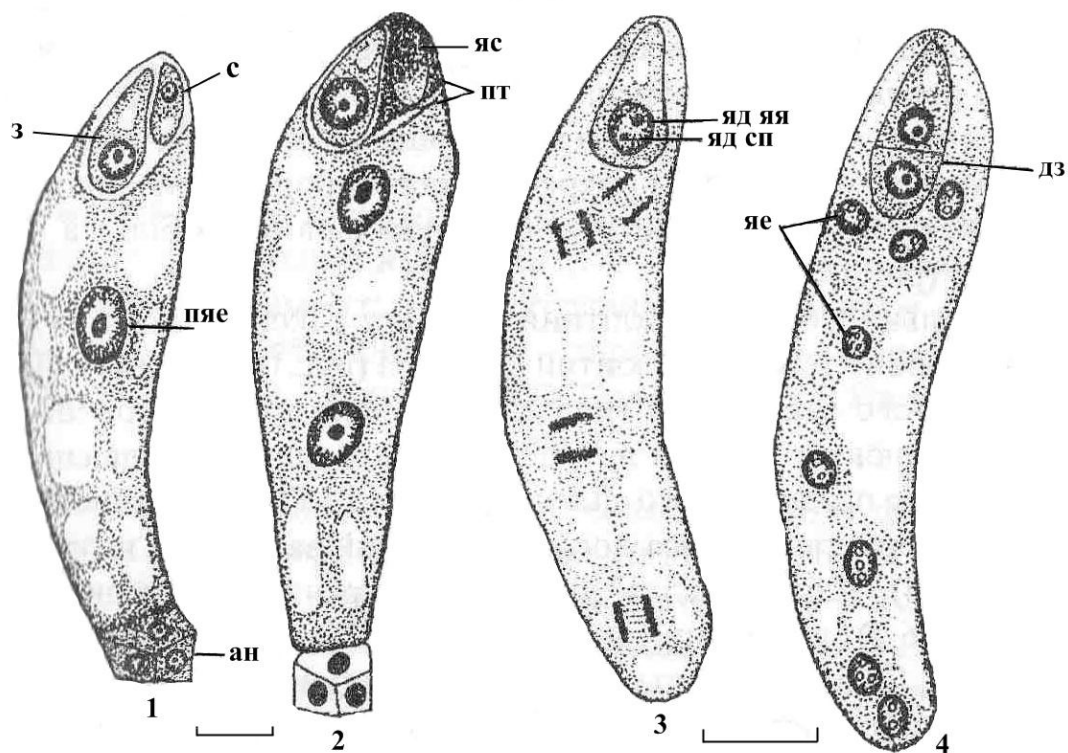


Рис.3.3. Стадії розвитку ендосперму. 1-4 – пояснення в тексті; з – зигота; с – синергіда; п'яе – первинне ядро ендосперму; ан – антиподи; пт – трубка пилку; яд яя – ядерце ядра яйцеклітини; яд сп – ядерце ядра спермія; яе – ядра ендосперму; дз – двоклітинний зародок; яс – ядро синергіди. Масштабна лінійка: 1,2 – 0,1; 3,4 – 0,02 мкм (Г.Б. Салахова, О.Г. Іванова, І.А. Чернов, 1992)

У результаті ділення утворюються два ядра, у цей час у зародковому мішку антиподи дегенерують (див. рис. 3.3, 2). Після чергового ділення двох ядер утворюються чотири ядра ендосперму. На рис. 3.3, 3 показано синхронне ділення чотирьох ядер ендосперму. До цього часу в ядрі зиготи ще перебувають два ядерця – ядерце ядра



спермія і ядрце ядра яйцеклітини. Пізніше вони зливаються. На стадії двоклітинного зародка ендосперм має вісім, інколи шістнадцять ядер, які розміщуються біля зародка по всій довжині зародкового мішка у вузькому шарі цитоплазми, причому в кожному ядрі ендосперму містяться по два–три ядрця (див. рис. 3.3, 4). До утворення кулеподібного зародка велика кількість ядер ендосперму розміщується в мікропілярній частині зародкового мішка, оточуючи зародок. Під час ядерної стадії розвитку ендосперму всі ділення протікають синхронно. Клітиноутворення починається в ендоспермі амаранта на стадії серцеподібного зародка і завершується під час диференціації сім'ядолей.

Розвиваючись, зародок поступово поглинає ендосперм і до часу дозрівання насіння від нього залишається декілька клітинних шарів навколо кінців сім'ядолей і коренів. Під час утворення зародка після закінчення періоду покою зигота приступає до ділення; перше ділення ядра зиготи супроводжується закладанням поперечної перегородки, унаслідок чого утворюються дві клітини: менша – апікальна (*ca*) і більша – базальна (*cb*) (рис. 3.4, 1). Далі апікальна і базальна клітини діляться також поперечно, утворюючи лінійну тетраду з клітин *l*, *l'*, *m*, *ci* (рис. 3.4, 2). На стадії чотириклітинного зародка клітина *ci* знову ділиться поперечно (рис. 3.4, 3), утворюючи клітини *n*, *i*, *n'*, які дають початок підвіску.

Потім унаслідок поздовжнього ділення клітин *l* та *l'* і поперечного ділення клітин *m* утворюється восьмиклітинний зародок із шести ярусів (рис. 3.4, 4). Клітини *n* і *n'* діляться поперечно, утворюючи підвісок (рис. 3.4, 5), а клітини *f* – поздовжньо. Подальше ділення клітин ярусів *l*, *l'* і *d* відбувається шляхом закладання поздовжніх перетинок. Відділяється дерматоген, утворюються плерома і периблема. Ділення клітин у двох бокових ділянках нижнього ярусу стає більш інтенсивним, надалі там утворюються сім'ядолі, а в центрі по поздовжній осі зародка утворюється центральний циліндр кореня. Коли формується серцеподібний зародок, підвісок стає коротшим і під час диференціації сім'ядолей зовсім зникає. Розвиток зародка в амаранта, згідно з класифікацією К. Schnarf (1929) і D. Johansen (1950), слід віднести до *Chenopodiace*-типу, оскільки обидві клітини (*ca* і *cb*) беруть участь в утворенні основних частин зародка. Із клітин *l'* утворюється нижня частина гіпокотилія, із клітини *d* – верхня.

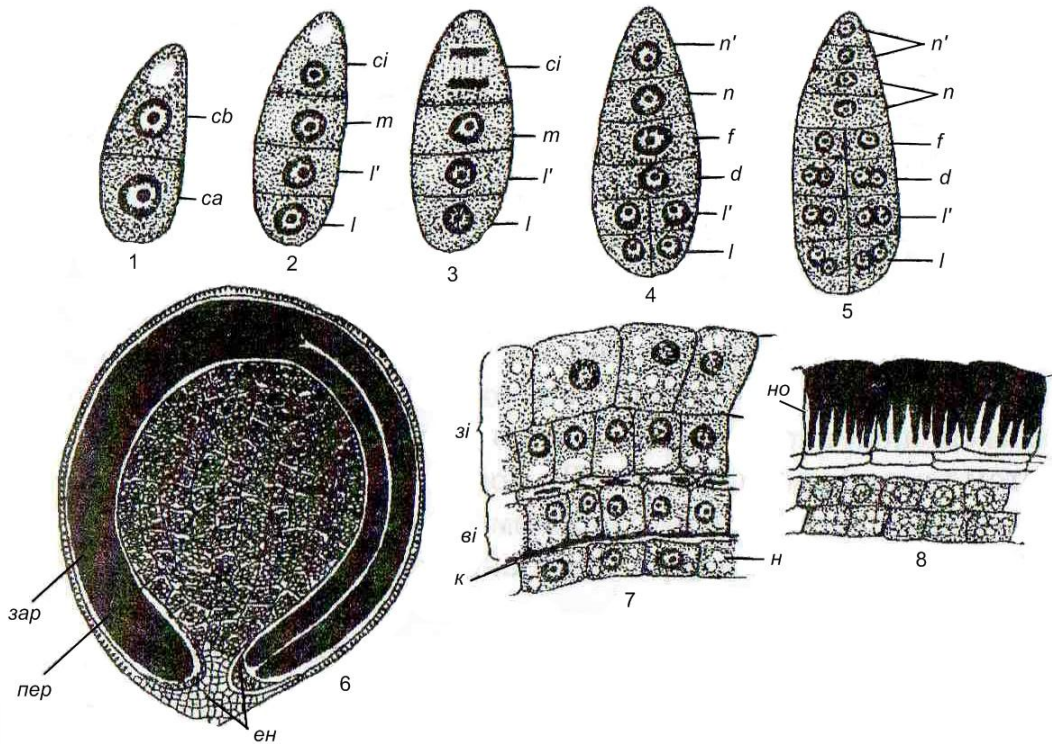


Рис. 3.4. Стадії розвитку зародка насінневої оболонки і поздовжній розріз насінини. 1–8 – пояснення в тексті; зі – зовнішній інтегумент; ві – внутрішній інтегумент; н – нуцелус; но – насіннева оболонка; зар – зародок; пер – перисперм; ен – ендосперм; к – кутикула (Г.Б. Салахова, О.Г. Іванова, І.А. Чернов, 1992)

У зрілому насінні зародок має підковоподібну форму, розташовується по перифіії та майже кільцем оточує перисперм (рис. 3.4, 6). У міру розвитку зародкового мішка в амаранта частина нуцелуса перетворюється в перисперм. При цьому клітини поступово заповнюються крохмальними зернами, а також іншими запасними речовинами. Незважаючи на те, що в процесі розвитку зародка майже повністю витрачається ендосперм, перисперм залишається незайманим. Запасні речовини перисперму витрачаються під час проростання насіння [328]. Будову насінин амаранта можна відобразити такою формулою :

$$S = Em + End + Per + Testa,$$

де  $S$  – насіння;  $Em$  – зародок;  $End$  – ендосперм;  $Testa$  – насіннева шкірка.

Насіннева шкірка розвивається із зовнішніх інтегументів. У процесі її розвитку відбувається трансформація, а потім дегенерація обох шарів внутрішнього й одного шару зовнішнього інтегументів. Цей процес починається із зовнішнього шару внутрішнього

інтегументу, при цьому дегенерує протопласт, сплющуються клітини і руйнуються їхні оболонки. На оболонці клітин внутрішнього шару внутрішнього інтегументу, який примикає до зародкового мішка, утворюється кутикула (рис. 3.4, 7), яка має значну товщину. Набагато пізніше, ніж клітини зовнішнього шару внутрішнього інтегументу, руйнуються клітини його внутрішнього шару. Зміни в клітинах зовнішнього інтегументу починаються пізніше, ніж у клітинах внутрішнього. Внутрішній шар зовнішнього інтегументу дегенерує, оболонки клітин зовнішнього шару сильно потовщуються, утворюючи гребнеподібні вирости, спрямовані всередину клітини, насичені пігментом темно-бурого кольору. До моменту дозрівання насіння шкірка складається тільки з трансформованого зовнішнього шару інтегументу (тести) і рештків дегенерованих клітин інших шарів обох інтегументів (рис. 3.4, 8).

Під час формування зародка і дозрівання насіння відбувається руйнування тканин (ендосперму, частини нуцелуса, частини інтегументів), за рахунок яких живиться зародок, що розвивається.

### 3.4. Біологія цвітіння та плодоутворення

Залежно від виду амаранта, точніше, від групи стиглості, цвітіння може відбуватися з розривом у 25 днів. Учені Казанського ботанічного саду (О.Г. Іванова, Г.Н. Борисова та ін., 1991 [145–146]) встановили, що вид *A. cruentus*, який відрізняється ранньостиглістю, в умовах Татарстану зацвітає через 45 діб, а пізньостиглий вид *A. mantegazzianus* – на 70 добу від початку появи сходів. При цьому волоть у *A. cruentus* і *A. mantegazzianus* цвіте 25–30 днів.

Розпускання квіток у межах суцвіття починається з верхівкового колоса і поступово розповсюджується вниз (базипетально). Інколи в межах волоті цвітіння може поширюватися від основи до верхівки (акропетально). В *A. mantegazzianus* розпускання квіток на окремих бічних суцвіттях і суцвітті в цілому починається з верхівки і розповсюджується на нижню частину. Максимальна кількість квіток розкривається через 10–15 днів після початку цвітіння.

Вивчення добової ритміки цвітіння показує, що амарант – рослина з ранішньо-денним типом цвітіння. Розпускання квіток в *A. cruentus* починається з 6 год і продовжується до 13–14 год. З 6 год до 7 год 30 хв збільшується кількість квіток, що розпустилися. Максимальну кількість (225 квіток) відмічено о 9 год

ранку при значенні температури 18–22 °С, вологості повітря 80–85 %, освітленості 50000 лк. Після 9 год кількість квіток за 1,5 год зменшується в п'ять разів і доходить до мінімального значення о 13 год 30 хв, коли освітленість і температура мають максимальне значення (85000 лк, 25 °С), а вологість повітря мінімальна (60 %) (рис. 3.5). За добу на одному суцвітті *A. cruentus* розкриваються 300–400 квіток.

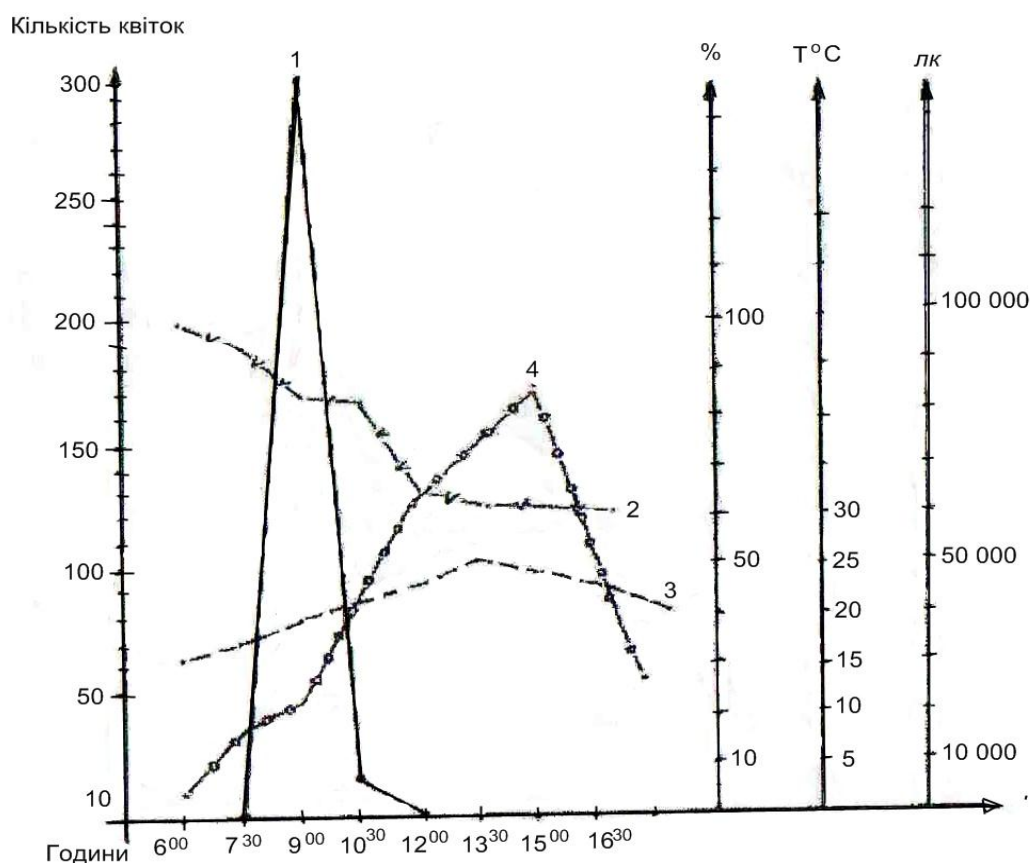


Рис. 3.5. Добова ритміка тичинкових квіток в *A. cruentus*. 1 – кількість розкритих квіток, шт.; 2 – відносна вологість повітря, %; 3 – температура повітря на рівні суцвіття, °С; 4 – освітленість, лк

Спостереження за тривалістю життя окремої квітки *A. cruentus* показали, що початок розпускання, коли оцвітина ледь помітно розкривається, припадає на 6–7 год. Близько 8 год настає фаза повного розпускання – оцвітина розкривається, щільно стулені пиляки розходяться і виходять з оцвітини. До 9 год починається фаза розкриття пиляків, пилок легко розсипається. Між 9 і 10 год розкриті пиляки повністю спустошуються і висихають. При цьому оцвітина залишається відкритою до 12 год і тільки потім починає закриватися, щільно змикаючись, залишаючи зверху сухі пиляки.

Цвітіння в *A. mantegazzianus* відбувається на одну годину пізніше, ніж у *A. cruentus*, і завершується до 12 год, тобто тривалість цвітіння впродовж доби скорочується на 4–5 год.

О 7 – 7 год 30 хв розкривається близько 30 квіток при температурі 17 °С, вологості повітря 94 %, освітленості 18000 лк. До 9 год спостерігають максимум розкриття: кількість квіток, які розкрилися, збільшується в 10 разів (300 квіток). Температура при цьому – 20 °С, вологість повітря – 84 %, освітленість – 32000 лк. До 12 год кількість квіток, що розкрилися, різко скорочується.

Згідно з даними П.Д. Шапоренка [416], тривалість фази формування насіння різна: в амаранта монгостануса 3–4 дні, волотистого 4–5, хвостатого 7–8, гібридного 8–10, індійського 12–14 днів. До кінця фази насіння амаранта монгостанус досягає розмірів, характерних для цього виду. Забарвлення білувато-зелене, консистенція водяниста, уміст вологи 77–83 %, маса 1000 насінин 0,2–0,3 г. Насіння амаранта волотистого до кінця фази формування досягає кінцевих розмірів, стає округло-кулясте, рожево-білого кольору. Консистенція насіння змінюється від мутно-водянистої на початку до водянисто-молочної в кінці фази внаслідок відкладень крохмалю. Вологість 82–86 %, маса 1000 насінин 0,7–0,8 г.

В амаранта хвостатого на другий день після запліднення зав'язі насіння плоско-кулясте, консистенція водяниста. Уміст вологи 89–84 %, маса 1000 насінин 2,0–2,1 г. Насіння амаранта гібридного до кінця фази формування досягає максимальних розмірів. Воно неправильно-кулясте, зеленкувато-біле, водянисте. Вологість 83–78 %, маса 1000 насінин 0,8–0,9 г. Насіння амаранта індійського після запліднення зав'язі росте і розвивається повільно. У перші дні фази формування утворюється насіннева оболонка, через 12–14 днів – зародок. Консистенція насіння водяниста, забарвлення сірувате. Вологість 86–88 %, маса 1000 насінин 0,3–0,5 г.

Фаза наливу в амаранта монгостануса настає через 7–8 днів після закінчення цвітіння. Насіння світлувато-коричневе, блискуче. При незмінній довжині та ширині помітно збільшується товщина. Забарвлення – від світлувато-коричневого на початку до темно-сірого в кінці фази. Уміст вологи 37–48 %, маса 1000 насінин 3,0–3,7 г. В амаранта волотистого фаза наливу настає на 8–10 день. До кінця фази помітно збільшується товщина насіння. Забарвлення – від рожево-білого на початку до червонувато-коричневого в кінці фази. Вологість насіння 43–56 %, маса 1000 насінин 3,5–3,8 г.

Фаза наливу в амаранта хвостатого настає через 7–8 днів після закінчення цвітіння. Насіння рожеве, блискуче, кулясто-сплюснуте з боків. Вологість 43–56 %, маса 1000 насінин 3,0–4,0 г. В амаранта гібридного фаза наливу настає через 10–12 і продовжується 25–30 днів. До кінця фази збільшується товщина насіння, забарвлення змінюється від світло-зеленого до жовтуватого. Вологість насіння 65–71 %, маса 1000 насінин 2,0–3,3 г. У насіння амаранта індійського до кінця фази помітно збільшується товщина, забарвлення змінюється від світло-коричневого на початку до коричневого в кінці фази, консистенція – від водянисто-молочної до тістоподібної. Вологість зменшується до 66–56 %, маса 1000 насінин досягає 0,4–1,0 г.

Повна стиглість насіння настає в амаранта монгостануса через 10–12 днів, волотистого – через 3–4 дні, хвостатого, гібридного – через 12–15 днів, індійського – через 15–20 днів після закінчення цвітіння. Насіння амаранта монгостануса набуває чорного забарвлення, кулясто-сплюснутої форми, поверхня стає блискучою. Уміст вологи зменшується до 22–16 %, маса 1000 насінин становить 3,3–3,5 г. В амаранта волотистого насіння кулясте чорне, ендосперм борошністий. Вологість 16–18 %, маса 1000 насінин 3,0–4,0 г. В насіння амаранта хвостатого забарвлення світло-рожеве, поверхня блискуча, сім'ядолі рожеві, насіння кулясто-сплюснуте з боків. Вологість 15–18 %, маса 1000 насінин 2,8–3,3 г. Насіння амаранта гібридного до кінця фази стає твердим, блискучим, забарвлення його білувате зі світло-зеленими сім'ядолями. Вологість 16–18 %, маса 1000 насінин 1,0 г. Насіння амаранта індійського стає борошністим і набуває чорного забарвлення. Вологість його 18–20 %, маса 1000 насінин 0,33 г [415].

Вивчення насінневої продуктивності різних видів амаранта, проведене П.Д. Шапоренком [415–416] на дослідному полі ХДАУ, свідчить про те, що найбільш високою насінневою продуктивністю в умовах Лівобережного Лісостепу України відрізняються такі види амаранта: амарант волотистий, хвостатий і аргентинський. Дещо нижчу насінневу продуктивність мають амарант індійський та монгостанус (табл. 3.1)

**Насіннева продуктивність амаранта (1986–1988 рр.)**

Показник	Вид амаранта				
	хвостатий	аргентинський	волотистий	індійський	монгостанус
Кількість генеративних стебел на 1 м <sup>2</sup> посіву	50	61	52	48	43
Кількість суцвіть на одній рослині	8	11	13	17	15
Довжина суцвіття, см	51	57	49	44	31
Маса суцвіття, г: у т.ч.					
усього	29,9	67,0	19,6	70,0	10,3
насіння	15,5	17,0	9,8	5,1	3,1
Маса 1000 насінин, г	1,0	0,9	0,4	невідома	0,3
Вихід насіння, %	52	26	50	61	30

**3.5. Морфобіологічні особливості та вимогливість амаранта до факторів довкілля**

Амарант – велика рослина, масою до 8 кг, заввишки до 3 м. В умовах Лівобережного Лісостепу України, залежно від виду і року вирощування, може мати висоту 1,5–2,0 м і масу 100–220 г (табл. 3.2).

Корінь в амаранта стрижневий, достатньо міцний. При цьому частка стрижневого кореня становить близько 50 % від загальної маси кореневої системи, 18–20 % – корені I порядку, 30–32 % – корені II порядку [406]. Учені вважають, що винятково висока продуктивність амарантових значною мірою реалізується завдяки інтенсивно функціонуючій кореневій системі, маса якої в амаранта, починаючи з фази бутонізації, не перевищує 10–12 % від усіх фітоелементів рослини. Установлено, що розпушування міжрядь і обгортання рослин сприяє деякому збільшенню загальної маси коренів (на 3–4%), переважно за рахунок коренів першого і другого порядків, і підвищенню врожайності амаранта на 15–18 %.

Стебла – прямі, товсті, при негустому стоянні – розгалужені, яскраво-червоні або зелені, неправильно закруглені. Розгалуженість залежно від виду може бути у верхній частині (*A. hypochondriacus*), знизу до верху (*A. hybridus*), нерозгалуженість стебла характерна для *A. mantegazzianus*.

**Характеристика видів амаранта за деякими господарсько цінними ознаками, 1992–2001 рр.**

Вид амаранта	Висота рослин, см	Довжина волоті, см	Маса однієї рослини (сира), г	Продуктивність волоті, г	Маса 1000 насінин, мг
<i>A. cruentus</i>	151,1	57,3	190	5,3	670
<i>A. aureus</i>	127,0	48,3	110	5,6	710
<i>A. pivlegenus</i>	134,0	51,5	140	6,0	680
<i>A. hybridus</i>	157,9	55,5	220	5,9	690
<i>A. caudatus</i>	141,0	43,8	100	4,2	450
<i>A. spinosus</i>	140,1	52,7	140	5,9	680
<i>A. oleraceus</i>	139,2	54,8	110	5,3	690
<i>A. flaus</i>	132,1	50,4	100	4,6	700
<i>A. mongostanus</i>	137,3	55,1	130	6,0	660
<i>A. albus</i>	132,5	56,9	110	5,8	650
<i>A. hypochondriacus</i>	146,9	48,3	150	7,0	650
<i>A. bouchonii</i>	128,8	49,4	100	4,9	560
<i>A. chlorostachis</i>	149,6	48,5	140	6,8	710
<i>A. lividus</i>	128,3	57,1	110	5,5	680
<i>A. elegans</i>	144,8	53,9	130	5,0	670
<i>A. deflexus</i>	142,7	48,8	100	3,5	660
<i>A. mantegazzianus</i>	141,1	23,0	160	3,4	700
<i>A. blitoides</i>	143,0	54,4	120	5,4	670
<i>A. crispus</i>	129,3	47,2	130	6,0	620

Листки – розміщені почергово, цільні, в основі видовжені в черешок. За формою листки бувають овальні, ромбічні, яйцеподібні, ланцетні. Верхівкові листки – з виїмкою і невеликим загостренням. Залежно від виду довжина нижніх листків становить 25–35 см, ширина – 6–15 см, середніх листків – 15–25 см і 5–10 см, верхніх листків – 7–10 і 2–6 см.

Суцвіття – складна волоть (зелена, золотиста, червона), різної інтенсивності забарвлення, завдовжки, залежно від виду, 23–57 см (див. табл. 3.2, 3.3, рис. 3.6).

Завдяки яскравому забарвленню амарант давно приваблює квітникарів. Його називають бархатником, «півнячим гребінцем», «котячим хвостом». Волоті в амаранта колосоподібні, верхівковий колос менший, ніж бічний, або такий самий.



**Характеристика видів амаранта за морфологічними ознаками,  
1992–2001 рр.**

Вид амаранта	Забарвлення		
	волоті	сходів	насіння
<i>A. cruentus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. aureus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. pivelegenus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. hybridus</i>	зелене	зелене	біле
<i>A. caudatus</i>	біле	зелене з рожевим відтінком	рожеве
<i>A. spinosus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. oleraceus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. flaus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. mongostanus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. albus</i>	світло - коричневе	зелене з коричневим відтінком	чорне
<i>A. hypochondriacus</i>	зелене з червоними кінчиками	зелене з червоним жилкуванням	біле
<i>A. bouchonii</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. chlorostachis</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. lividus</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. elegans</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. deflexus</i>	червоне	темно - зелене з червоним відтінком	чорне
<i>A. mantegazzianus</i>	кремове	темно - зелене	прозоре світло - жовте
<i>A. blitoides</i>	червоне	червоне	чорне
<i>A. crispus</i>	рожеве	темно - зелене з червоним відтінком	чорне

Квітки в амаранта дрібні, актиноморфні, із п'яти листочків із п'ятьма тичинками, двостатеві або одностатеві, однодомні або дводомні, зібрані у волоть. Повністю розкрите суцвіття може мати  $10^4$ – $10^5$  одиноких квіток або квіток, зібраних у верхоцвітні суцвіття – клубочки. Головна вісь суцвіття, як правило, розгалужена. Довжина і кількість гілочок та їх кут нахилу відносно головної осі визначає форму суцвіття.

Окремі клубочки розвиваються повздовж цих осей, кожен клубочок складається з ініціальної тичинкової квітки, оточеної великою кількістю маточкових квіток.

Перша квітка є термінальною на гілочці. У подальшому розвиваються друга і третя квітки. Кожна з цих квіток є термінальною і біля своєї основи розвиває дві квітки. Процес продовжується до тих пір, поки весь простір на гілочці не буде зайнято. Цей розвиток протікає симетрично до утворення третьої або четвертої серії квіток. Таку побудову клубочків M.J. Murray [559–560] позначив як перший тип. Усі однодомні види *Amarantus*, за винятком *A. spinosus*, належать до цього типу. Особливість другого типу полягає в тому, що всі квітки клубочка є квітками однієї статі: тичинкові або маточкові, але клубочки з маточковими квітками утворюються тільки в пазухах суцвіть і біля основи термінального суцвіття, тоді як клубочки з тичинковими квітками утворюються на головній осі та на бокових гілочках суцвіття.

Система запилення в амаранта – змішана, з різним рівнем само- і перехресного запилення [146]. Середній ступінь ауткросингу для популяцій змінюється від 5,8 до 28,8 % (*A. caudatus*), від 3,5 до 14 % (*A. hypochondriacus*) і досягає 31 % (*A. cruentus*). У межах популяції ступінь аутокросингу окремих рослин теж коливається.

Установлено, що види *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. lividus*, *A. graecizans* утворюють однакову кількість насіння як при вільному запиленні, так і в умовах ізоляції [133]. Це свідчить про те, що в цих видів немає суворої системи несумісності та їм однаковою мірою притаманне як самозапилення, так і перехресне запилення. При цьому було з'ясовано, що ауткросинг перебуває під контролем генотипу, але його прояв здебільшого зумовлений умовами середовища. Взаємодія *генотип – середовище* зумовлює відносно низьку спадковість ступеня ауткросингу.

Еволюція системи запилення амаранта відбувається в загальному руслі еволюційних перетворень від комахо- до вітро- і самозапилення. Лабільна система розмноження у видів амаранта, яка включає систему несумісності, способи запилення і структурні особливості квітки, забезпечує високий рівень гетерозиготності і виживання в мінливих умовах середовища.

Насіння в амаранта – округле, дисковидне, борошнистої та воскоподібної консистенції, чорне, коричневе різних відтінків, жовте, біле, рожеве, блискуче або матове (див. табл. 3.2, рис. 3.7). Пігменти локалізовані в зовнішньому шарі оболонки насіння.



а



б



в



г



д



е



ж



з

Рис. 3.6. Фенотипи амаранта за забарвленням та щільністю волоті: а – зелена (сорт Харківський-1, *A. hypochondriacus*), б – рожева (популяція К-22, *A. hypochondriacus*), в – двокольорова (популяція К-61, *A. hypochondriacus*), г – червона (зразок Кармен, *A. cruentus*), д – пурпурова (сорт Багряний, *A. cruentus*), е – коричнева (популяція 00038, *A. hybridus*), ж – руда (сорт Студентський, *A. hypochondriacus*), з – жовта (сорт Роганський, *A. caudatus*)

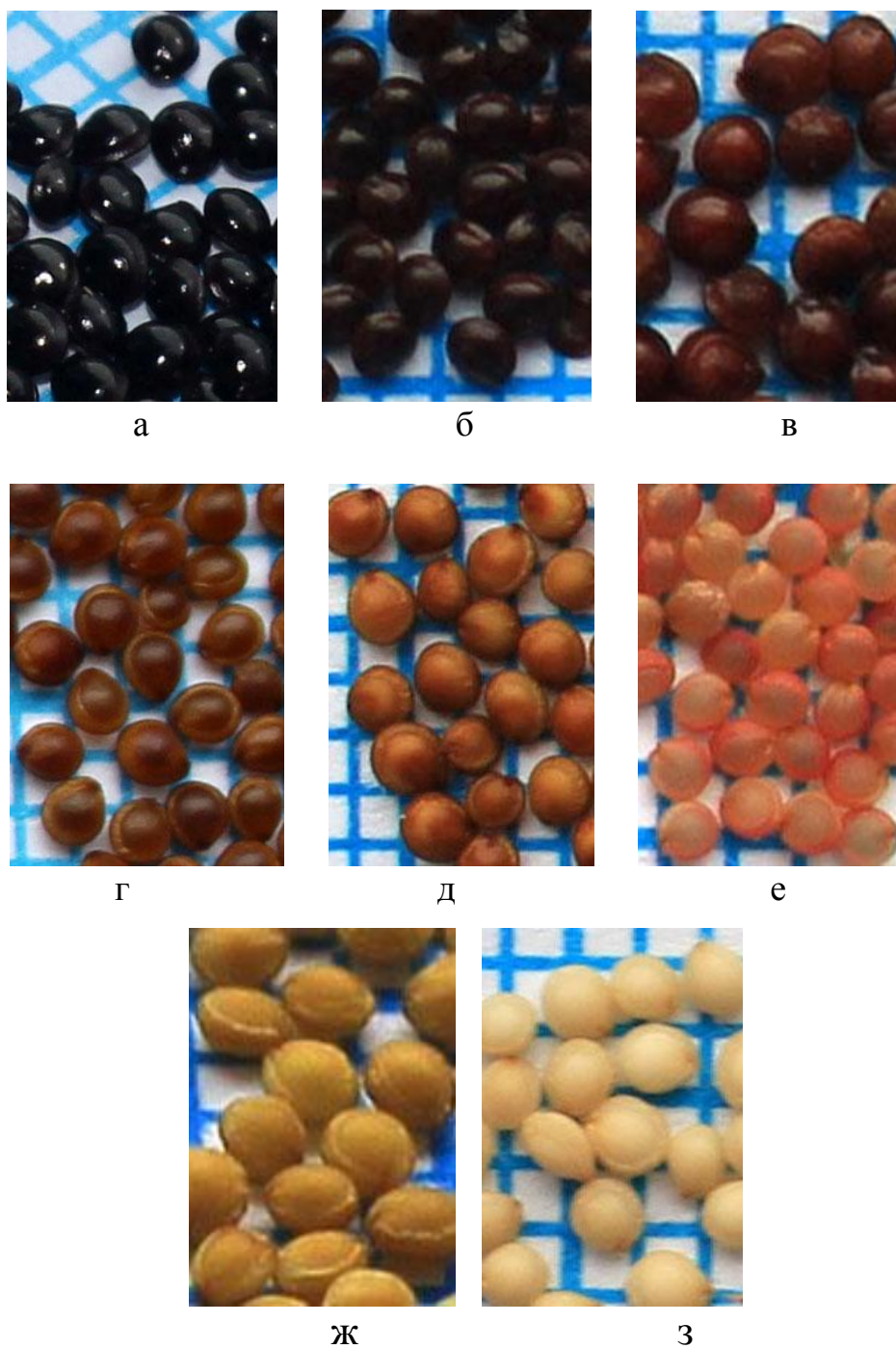


Рис. 3.7. Мінливість зернових видів амаранта за кольором і типом насіння і типом ендосперму: а – чорне (сорт Багряний, *A. cruentus*), б – темно-коричневе (популяція 00039, *A. hybridus*), в – коричневе (популяція 00110, *A. hybridus*), г – кавове (популяція 00087, *A. caudatus*), д – світло-коричневе (зразок Кармен, *A. cruentus*), е – рожеве (популяція К-146, *A. caudatus*), ж – жовте (популяція 00050, *A. hypochondriacus*), з – біле (сорт Ультра, *A. hybridus*); а–г – блискуче, д–з – матове; а–в, д, ж–з – борошністий ендосперм; г, е – воскоподібний ендосперм

Насіння дуже дрібне – до 1 мм в діаметрі. Маса 1000 насінин в умовах Лівобережжя України коливається від 0,45 г в *A. caudatus* до 0,71 г в *A. aureus* і *A. chlorostachis*. На одній рослині може утворюватися до 500 г насінин, хоча найчастіше одна рослина амаранта здатна давати приблизно 20 г насіння. У травостої, залежно від виду, продуктивність волоті може коливатися від 3,4 г в *A. mantegazzianus* до 6,8 г в *A. chlorostachis* (див. табл. 3.2).

Дрібнонасінність – одна з негативних ознак цієї культури, що ускладнює її вирощування в зонах нестійкого зволоження з частими посухами у весняний період, до яких належить і Лівобережжя Лісостепу України.

Водночас насіння деяких диких видів амаранта, а також видів, які знаходяться на перших етапах доместикації, має високий рівень життєздатності і проростає навіть після тривалого проморожування. У досліджах О.Л. Скрипки [341] доведено, що чорнонасінні форми можуть витримувати тривале проморожування – до  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  і зберігати при цьому 100 % схожість.

У польових умовах при сівбі насіння амаранта під зиму сходи отримано тільки в чорнонасінних форм. Біле насіння було нездатне витримувати довготривалу дію низьких температур, знаходячись на поверхні ґрунту або на глибині 1–1,5 см.

У наших досліджах із дев'ятнадцяти видів, що вивчали, п'ятнадцять, які належать до чорнонасінної групи, при сівбі під зиму давали поодинокі сходи. Відсоток сходів коливався залежно від виду в межах 0,3–1,8.

Від білонасінних форм, до яких належать *A. hybridus* і *A. hypochondriacus*, видів із рожевим насінням *A. caudatus* і світло-жовтим прозорим насінням *A. mantegazzianus* за роки досліджень при сівбі насіння під зиму сходів одержати не вдалось (табл. 3.4).

Отримані результати підтверджують можливість використання цих видів у польових сівозмінах без побоювань щодо утворення падалиці.

Українські вчені О.Л. Скрипка, І.К. Кудренко [342] дослідили, що насіннева шкірка в центральній частині насінини гладенька, із ледь помітною шорсткістю, поверхня – зморшкувата на периферії, у зоні розташування зародкового кільця. У чорнонасінних форм насіннева шкірка більш щільно охоплює насінину, що забезпечує їй підвищену стійкість до несприятливих умов середовища.

## Схожість амаранта при сівбі під зиму, %, 1999–2001 рр.

Вид амаранта	Рік			
	1999	2000	2001	середнє
<i>A. cruentus</i>	1,3	1,0	1,0	1,1
<i>A. aureus</i>	2,0	2,3	1,0	1,8
<i>A. pivelegenus</i>	1,0	0,3	0,3	0,5
<i>A. hybridus</i>	0	0	0	0
<i>A. caudatus</i>	0	0	0	0
<i>A. spinosus</i>	0,3	1,3	1,0	0,9
<i>A. oleraceus</i>	1,0	2,0	0,3	1,1
<i>A. flaus</i>	0,7	0,3	1,0	0,7
<i>A. mongostanus</i>	0,3	0,7	0,7	0,6
<i>A. albus</i>	1,3	1,7	1,3	1,4
<i>A. hypochondriacus</i>	0	0	0	0
<i>A. bouchonii</i>	0,3	0,7	0,7	0,6
<i>A. chlorostachis</i>	0,7	0,7	1,3	0,9
<i>A. lividus</i>	1,0	2,0	0,7	1,2
<i>A. elegans</i>	0,3	0,7	1,3	0,8
<i>A. deflexus</i>	0,3	1,0	1,0	0,8
<i>A. mantegazianus</i>	0	0	0	0
<i>A. blitoides</i>	0,7	0,7	0,7	0,8
<i>A. crispus</i>	0,3	0,3	0,3	0,3
НІР05	0,8	0,9	0,9	

Морфологію насіння амаранта детально вивчили американські вчені R.M. Saunders, R. Becker [590]. Живильну тканину насінини амаранта становить перисперм. Як і в ембріональних тканинах інших рослин, у зрілому зерні амаранта легко визначається прокамбій (майбутня судинна тканина). Прокамбій існує у вигляді жмутка, який проходить через центральну частину кореня, і у вигляді гілочок біля основи сім'ядолей у підсім'ядольному коліні – гіпокотилі.

Насіннева оболонка складається з одного шару; у зовнішній її частині знаходяться пігменти, які надають насініні певного кольору. Судинна система знаходиться в тому місці, де насінина прикріплюється до материнської рослини і проростає в перисперм [328–329].

У деяких дводольних рослин на розвиток зародка використовується ендосперм – джерело енергії та поживних речовин. При цьому в зрілому насінні ендосперму практично не буває. В амарантових ендосперм залишається у вигляді єдиного шару клітин у місці прикріплення зародка до насінневої оболонки. Декілька шарів клітин ендосперму залишаються на верхівках сім'ядолей і корінців.

Тонкошарові клітини паренхіми зародка містять запас поживних речовин у вигляді білкових тілець діаметром приблизно 3–5 мкм. Білкові тільця є в тканинах зародка і в ендоспермі, однак розміри тілець можуть бути різними. У клітинах ендосперму розміри білкових тілець становлять 1,5–2,0 мкм. У периспермі білок міститься у вигляді дуже дрібних відкладень між гранулами крохмалю, який є основним компонентом перисперму.

Амарант – теплолюбива рослина. Оптимальна температура фотосинтезу – близько 40 °С, тобто на 10–15 °С вища, ніж у більшості традиційних культур.

Листки амаранта витримують перегрів до 50 °С і більше. Висока продуктивність утворення біомаси в амаранта є результатом особливостей фотосинтезу, і це надає йому значну перевагу в подоланні шкідливих наслідків високих температур під час атмосферної посухи. За даними вчених, амарант не страждає від незначних весняних приморозків [255]. Він швидко росте при високих температурах у літній період. Як зазначає Г.С. Біляченко [24], амарант волохистий добре витримує весняні приморозки, тому в умовах Полісся України сівбу можна проводити в другій – третій декадах квітня. Однак температура суттєво впливає на насінневу продуктивність і врожайність зеленої маси амаранта [20]. При недоборі суми активних температур амарант не дає насіння і знижує врожайність зеленої маси.

Амарант – рослина тропічного походження із С<sub>4</sub>-шляхом фотосинтезу аспартатного типу. Уже сама «амінокислотна» назва свідчить про білкову спрямованість вуглеродного метаболізму цих рослин. Хоча прямого причинного зв'язку немає, проте відомо, що підвищення частоти аспартату серед С<sub>4</sub>-кислот пов'язане з підвищенням фотодихального метаболізму і збільшенням синтезу білка. Таке сполучення вискоєфективного фотосинтезу з достатньо ефективними системами, які синтезують білок, робить амарант перспективною культурою [613].

Амарант відрізняється високою вимогливістю до сонячного освітлення. Його фотосинтез не досягає насичення світлом при максимально можливому в наших умовах освітленні. Деякі дослідники відзначають наявність великої площі листової поверхні в основних видів амаранта, яка залежно від щільності посіву і площі живлення становить 4–6 м<sup>2</sup>, а інколи досягає 9,6 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>2</sup> площі посіву [387]. Рослини амаранта мають також велику кількість листків.

Наприклад, в умовах Лісостепу України в окремих рослин ранньовесняного посіву їх буває 80 шт.

В умовах Одеської області найменша кількість листків утворюється в амаранта волотистого – 97 шт., максимум – в амаранта хвостатого – 192 шт. із розрахунку на середньостатистичну рослину [372]. Незважаючи на велику кількість листків і значну площу їхньої поверхні, а також на унікальність розташування, яке дозволяє перекривати сонячні просвіти, облистянність (відношення листків до загальної маси рослини) в амаранта низька. Це пояснюється масивністю й особливістю будови суцвіття, що за масою значно перевищує масу листків. У період цвітіння продовжується ріст рослин, збільшується поверхня листків, але їхня маса відносно стебла і суцвіття знижується.

Оптимальна структура рослин у посівах забезпечує використання енергії світла з максимальним коефіцієнтом корисної дії. Таким чином, опівдні при значному освітленні та високій температурі листки амаранта не втрачають тургор, і в них із великою швидкістю йде утворення органічних речовин.

Амарант вимагає вільного стояння з перших фаз розвитку. Загущення посівів та їх забур'яненість призводять до значного пригнічення рослин, припинення росту. Під час збільшення щільності посіву відмічено зменшення довжини бокових пагонів і відсутність їх при щільності стояння 70–200 м<sup>2</sup>, а в негустих посівах (12–7 шт./м<sup>2</sup>) рослини мають прямостоячі стебла з добре розвинутими боковими пагонами. Загущеність посівів, як і забур'яненість, спричинює зміну інтенсивності фотосинтезу, що негативно впливає на продуктивність рослин [308; 387].

Доведено, що при сильній забур'яненості посівів на звичайних чорноземах урожайність зеленої маси з гектара зменшується на 45,2 % порівняно з посівами, що мають незначну забур'яненість [390]. На сірих лісових ґрунтах при значній забур'яненості вихід зеленої маси зменшується на 48,7 %. Спостереження за ростом і врожайністю зеленої маси амаранта в забур'яненому середовищі (куряче просо, мишій, пирій, ромашка непахуча, лобода біла, зірочник середній), проведені В.П. Бороною, В.В. Карасевичем [28] в Інституті кормів УААН на сірих лісових середньосуглинистих ґрунтах, свідчать про слабку конкурентну спроможність рослин амаранта відносно бур'янів. Так, уже за наявності двох бур'янів на 1 м<sup>2</sup> урожайність загальної маси (вегетативна маса і зерно разом)



зменшувалася на 1,9 %, а врожайність зерна – на 3,1 %. При щільності бур'янів 25 шт./м<sup>2</sup> урожайність загальної маси амаранта зменшилася на 16,6 %, зерна – на 23,1 %. При щільності бур'янів 50 шт./м<sup>2</sup> урожайність зеленої маси і зерна зменшувалася відповідно на 26,0 і 31,5 %. На ділянках, де зберігалась уся кількість бур'янів (природна забур'яненість), урожайність вегетативної маси амаранта зменшувалася на 34,4 %, а зерна – на 41,5 %.

Проведені польові дослідження показали, що найбільшу шкоду бур'яни завдають у перші 30–40 днів після появи сходів, оскільки в цей період рослини амаранта ростуть і розвиваються повільно, тоді як більшість бур'янів випереджають їх у рості і пригнічують розвиток культури. На забур'яненість посівів амаранта значно впливають строки сівби [323]. На думку авторів, не слід проводити ранньовесняні посіви, тому що в цьому випадку забур'яненість ґрунту різко зростає.

Отже, боротьбу з бур'янами на посівах амаранта потрібно проводити після сівби, або зразу після появи сходів, оскільки знищення бур'янів у більш пізні строки вже не компенсує шкоди, завданої амаранту в перші дні вегетації.

У виробничих дослідженнях у навчально-дослідному господарстві «Докучаєвське» ХНАУ в 1991 р. спостерігали вплив забур'яненості на врожайність насіння амаранта сорту Білонасінний (вид *A. hybridus*).

Було встановлено, що при забур'яненості посівів до чотирьох балів (бур'яни: свиріпа, мишій, осот) і запізненні з проведенням прополювання відбувається зниження врожайності насіння амаранта у 2,7 раза, а без прополювання врожайність зерна цієї культури знижується в чотири рази (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Вплив забур'яненості і своєчасності проведення прополювання на врожайність насіння амаранта сорту Білонасінний (вид *A. hybridus*), 1991 р.**

Варіант	Насіннева продуктивність, г	Урожайність зерна, ц/га
Без прополювання (природна забур'яненість)	0,8	2,7
Прополювання при висоті рослин 10 – 12 см	7,5	18,0
15–20 см	2,9	6,7
НІР 05		3,4

За результатами досліджень зроблено висновок, що агротехнічні заходи, виконані в передпосівний період, можуть знизити забур'яненість посівів амаранта в межах 18–29 %, однак цього недостатньо для нормального розвитку культури [28].

Амарант – виключно посухостійка рослина [408]. Він успішно виживає в напіваридних умовах, у яких основні зернові культури гинуть, і в посушливих умовах може становити конкуренцію пшениці та кукурудзі. Амарант також добре пристосований до зрошуваних земель, де води мало і вона дорога, оскільки йому потрібно менше води, ніж бавовнику і пшениці. ЮНЕСКО в рамках програми «Людина і біосфера» проводить дослідження з вирощування амаранта на суходолі в Аргентині, Чилі, Єгипті, Індії, Кенії, Мексиці, Пакистані і Тунісі [511].

Оригінальні розробки з вивчення водного режиму амаранта в посушливих умовах Татарстану певною мірою пояснюють його посухостійкість [263]. За даними дослідників, стебло в амаранта займає 40–50 % загальної біомаси рослини і є головним резервуаром-накопичувачем води. Це дозволяє воді стебла відігравати роль буфера і підтримувати водний запас в асимілюючих органах (листках). Мікрофотографії поперечного зрізу стебла амаранта багряного свідчать про наявність у стеблі, крім сильно розвиненої провідної системи, значної частини паренхімних клітин, здатних накопичувати воду так званої водоносної тканини [264]. Привертає до себе увагу незначна частка коренів у біомасі рослин (10–15 %). Відносний уміст води в коренях порівняно з іншими органами теж невеликий – трохи більше 70 %.

Незначна відносна частка коренів у загальній біомасі амаранта і невисока коренебезпеченість надземної частини на фоні інтенсивного приросту надземної біомаси свідчать про інтенсивну працездатність кореневої системи амаранта як постачальника води і мінеральних речовин. Крім того, є дані, які підтверджують високу опірність клітин мезофілу листя виходу води в слабких осмотичних розчинах, зумовлену зменшеною проникністю плазмалеми для води. Дані про високу водоутримуючу здатність мезофілу листків і невисоку стабільність швидкості транспірації в денні години, дозволили А.С. Муравйовій та І.Ф. Івановій [264] висловити припущення про особливість роботи продихового апарату, тобто можливість тримати продихи відкритими протягом дня. Існує

гіпотеза, що тип фотосинтезу безпосередньо впливає на функціональну активність продихового апарату.

В амаранта регуляція продихів великою мірою визначається водним балансом, тоді як у рослин  $C_3$ -шляху на ступінь відкриття продихів впливає постійна потреба у вуглекислоті, створюючи при цьому загрозу зневоднення.

Стратегія адаптації амаранта в посушливих умовах проявляється на всіх рівнях організації. На рівні організму вона зумовлена анатомічною будовою стебла, на клітинному – значним проявом сисної сили [145; 376].

Установлено, що висока посухостійкість амаранта зумовлена не тільки його властивостями як рослини – накопичувача води (особливо в стеблі), але й здатністю клітин мезофілу листків утримувати воду [376–377].

Висока опірність мембран водовіддачі дає змогу амаранту утримувати продихи відкритими протягом усього дня, що, можливо, є однією з причин відсутності полуденної депресії фотосинтезу [373–378]. При цьому величина транспіраційного коефіцієнта дорівнює всього 250–300 [391].

Стабільність водного балансу, фотосинтетичної та ростової активності дозволяє амаранту з успіхом конкурувати з іншими сільськогосподарськими культурами в зоні нестійкого зволоження [242]. Доведено, що амарант, забезпечуючи високий урожай зеленої маси та зерна на суходолі, дає високий результат і в умовах зрошення [412].

Про стійкість амаранта до повітряної та ґрунтової посухи в умовах сухого степу Одеської області свідчать роботи В.К. Крючкова [198]. У той час як інші кормові культури припиняють свій розвиток, амарант здатний формувати врожайність зеленої маси на рівні 150–300 ц/га. Спостереження показують, що в сильну посуху, коли, наприклад, рослини кукурудзи гинуть, в амаранта засихає листя. Однак він, завдяки міцному стеблу, стійко переносить несприятливі умови і при відповідному зволоженні ґрунту формує врожай за рахунок пасинків пазушних бруньок.

Вплив посухи на розвиток і продуктивність рослин амаранта простежено в 1993–1994 рр., які відрізнялися за рівнем зволоженості вегетаційного періоду. У 1993 р. ГТК становив 2,1, і вегетаційний період року характеризувався як надмірно вологий. Розподілення гідротермічних коефіцієнтів за місяцями вегетаційного періоду було

таким: травень – 0,8 (посушливий); червень – 2,2 (надмірно вологий); липень – 1,6 (вологий); серпень – 2,9 (надмірно вологий) і вересень – 4,3 (надмірно вологий).

У 1994 р. ГТК становив 0,7, що характеризує вегетаційний період як посушливий, при цьому розподіл ГТК за місяцями вегетаційного періоду був таким: травень – 2,2 (надмірно вологий); червень – 1,0 (нормально зволожений); липень – 0,3 (сухий); серпень – 0,05 (сухий) і вересень – 0,08 (сухий).

Таким чином, у 1994 р. склалися дуже несприятливі умови для рослин у липні – вересні, коли відбувається активний розвиток амаранта і формування врожаю.

У результаті порівняльного вивчення врожайності зеленої маси та насіння, елементів продуктивності (висоти і маси рослин, продуктивності та довжини головної волоті, характеру розгалуженості рослин) було встановлено, що такі види амаранта, як *A. cruentus* і *A. pivlegenus* не знижували врожайність зеленої маси в посушливих умовах, а утримували на рівні сприятливого року і при цьому збільшували врожайність насіння на 37,5 % (*A. cruentus*) і в 3,8 рази (*A. pivlegenus*), що пов'язано зі збільшенням довжини волоті в *A. cruentus* на 22,2 %, в *A. pivlegenus* на 82,7 %, а також зі збільшенням продуктивності волоті в *A. cruentus* на 40,6 %, а в *A. pivlegenus* – у 3,4 раза.

Інші види, до яких належать *A. aureus*, *A. hybridus*, *A. flaus*, *A. albus*, *A. hypochondriacus*, *A. elegans*, *A. deflexus*, *A. caudatus*, під впливом посухи знижували врожайність зеленої маси від 8,4 % в *A. hypochondriacus* до 53,6 % в *A. caudatus*, але при цьому збільшували врожайність насіння від 6,2 % в *A. hypochondriacus* до 4,5 рази в *A. deflexus*.

Збільшення врожайності насіння відбувалося за рахунок збільшення довжини волоті в *A. deflexus* у 2,4 рази, а в *A. hypochondriacus* – на 5,6 %, при цьому продуктивність волоті в *A. deflexus* зростала в 4,5 рази, а у *A. hypochondriacus* – на 8,4 %. На нашу думку, така реакція тропічної рослини, до якої належить амарант, на умови посухи пов'язана з тим, що в сприятливих умовах рослина прагне до реалізації своїх потенційних можливостей, утворює бокові пагони, на яких навіть формуються волоті, але при цьому припиняється розвиток головної волоті, через нестачу суми активних температур волоті не визрівають і насіннева продуктивність знижується. У посушливих умовах, навпаки, бокові пагони не

утворюються або їх розвиток припиняється, при цьому відтік усіх поживних речовин відбувається в головну волоть, за рахунок чого і збільшується її продуктивність. Лише два види – *A. mongostanus* і *A. spinosus* – під впливом посухи знижували врожайність зеленої маси на 65,2 і 74,1 % відповідно, але при цьому зберігали насінневу продуктивність на рівні сприятливого року.

Окрему групу становили види *A. oleraceus*, *A. chlorostachis*, *A. lividus*, *A. blitoides*, *A. crispus*, *A. Bouchonii*, які в умовах посухи знижували як урожайність зеленої маси, так і врожайність насіння.

Одним із показників посухостійкості рослин є стан пігментного комплексу, який належить до систем, що відрізняються значною чутливістю до умов середовища. При погіршенні водозабезпечення та дії високих температур відбувається деструкція хлоропластів [337], збільшується гідролітична активність хлорофілази, порушується синтез хлорофілу *a* і *b*, тому вміст пігментів у фотосинтезуючих тканинах рослин використовують як одну з найбільш виразних характеристик адаптації фотосинтетичного апарату до несприятливих умов навколишнього середовища, зокрема посухи [205]. Разом із тим дані, наведені в літературі, є досить суперечливими. Так, під час дослідження впливу посухи на рослини було виявлено збільшення загальної кількості пігментів у дослідних рослин. З'ясовуючи вплив посухи на динаміку пігментів у листках озимої пшениці в польових умовах, виявили, що різні за походженням і посухостійкістю сорти характеризуються неоднаковим рівнем біосинтезу пігментів. В умовах глибокої атмосферної та ґрунтової посухи пігментна система посухостійкого сорту руйнувалася набагато повільніше, ніж менш посухостійкого сорту. Дослідник І.А. Тарчевський із співавторами [369] вважає, що загальною тенденцією в зміні пігментного складу під дією високих температур є зниження вмісту пігментів. Суперечливість цих даних пояснюється неоднаковим ступенем зневоднення тканин під час проведення дослідів. Науковці В.Д. Зелепухін [139] та Є.О. Ткачук [381] також показали, що слабе зневоднення може стимулювати накопичення хлорофілу, при значному зневодненні відбувається розпад зелених пігментів.

Проведений нами аналіз реакції пігментного комплексу видів амаранта на дію посухи показав, що у більшості видів амаранта відбувалось незначне зниження вмісту хлорофілу *a*, *b* та їх суми, у той час, як у видів *A. crispus*, *A. oleraceus*, *A. chlorostachis*, *A. lividus*, *A. blitoides* зниження вмісту хлорофілу *a+b* у листі в період цвітіння в

умовах посухи, порівняно зі сприятливими умовами, становило від 12,6 % в *A. chlorostachis* до 30 % в *A. crispus*, що може бути свідченням нижчого рівня адаптивного потенціалу цих видів в умовах посухи порівняно з іншими (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Уміст хлорофілу в листках видів амаранта, мг % на суху речовину**

Вид амаранта	Рік					
	1993			1994		
	Хлорофіл					
	a	b	a+b	a	b	a+b
<i>A. cruentus</i>	0,560	0,210	0,770	0,555	0,220	0,775
<i>A. aureus</i>	0,523	0,187	0,710	0,500	0,180	0,680
<i>A. pivelegenus</i>	0,554	0,193	0,747	0,500	0,185	0,685
<i>A. hybridus</i>	0,750	0,290	1,040	0,760	0,280	1,04
<i>A. caudatus</i>	0,480	0,167	0,647	0,420	0,160	0,580
<i>A. spinosus</i>	0,577	0,200	0,777	0,560	0,200	0,760
<i>A. oleraceus</i>	0,610	0,225	0,835	0,520	0,180	0,700
<i>A. flaus</i>	0,623	0,230	0,846	0,660	0,210	0,870
<i>A. mongostanus</i>	0,627	0,236	0,863	0,630	0,230	0,860
<i>A. albus</i>	0,428	0,160	0,588	0,420	0,150	0,570
<i>A. hypochondriacus</i>	0,700	0,247	0,947	0,680	0,250	0,930
<i>A. bouchonii</i>	0,557	0,204	0,761	0,554	0,190	0,744
<i>A. chlorostachis</i>	0,440	0,235	0,675	0,430	0,160	0,590
<i>A. lividus</i>	0,550	0,197	0,747	0,420	0,150	0,570
<i>A. elegans</i>	0,598	0,230	0,820	0,577	0,200	0,777
<i>A. deflexus</i>	0,680	0,200	0,880	0,630	0,180	0,810
<i>A. mantegazzianus</i>	0,680	0,250	0,930	0,660	0,200	0,860
<i>A. blitoides</i>	0,490	0,160	0,650	0,400	0,147	0,547
<i>A. crispus</i>	0,510	0,183	0,683	0,328	0,147	0,475
НІР05	0,031	0,013		0,046	0,017	

Застосування методу лабораторної діагностики, проведене в 1997–1999 рр., підтвердило результати, одержані в польових умовах, і дозволило виділити види з високим, середнім і низьким рівнем посухостійкості (табл. 3.7).

Низьким рівнем посухостійкості характеризується вид *A. crispus*. Середнім рівнем посухостійкості відрізняються: *A. oleraceus*, *A. lividus*, *A. chlorostachis* і *A. blitoides*. Усі інші види мають високий рівень посухостійкості, що підтверджує висновки вчених про амарант як виключно посухостійку культуру.

**Посухостійкість видів амаранта на ранніх етапах розвитку,  
1997–1999 рр.**

Вид амаранта	Депресія росту, %	Рівень посухостійкості
<i>A. cruentus</i>	8,1	високий
<i>A. aureus</i>	12,8	високий
<i>A. pivlegenus</i>	7,4	високий
<i>A. hybridus</i>	8,7	високий
<i>A. caudatus</i>	15,1	високий
<i>A. spinosus</i>	12,3	високий
<i>A. oleraceus</i>	18,3	середній
<i>A. flaus</i>	3,8	високий
<i>A. mongostanus</i>	5,3	високий
<i>A. albus</i>	5,3	високий
<i>A. hypochondriacus</i>	7,4	високий
<i>A. bouchonii</i>	12,7	високий
<i>A. chlorostachis</i>	22,8	середній
<i>A. lividus</i>	15,5	середній
<i>A. elegans</i>	10,9	високий
<i>A. deflexus</i>	6,8	високий
<i>A. mantegazzianus</i>	-	-
<i>A. blitoides</i>	16,9	середній
<i>A. crispus</i>	26,1	низький

Амарант росте на різних типах ґрунтів у лісовій, лісостеповій і степовій зонах, за винятком дуже кислих і солонцюватих, і на ґрунтах із близьким заляганням ґрунтових вод. Вивчаючи вплив глибини залягання ґрунтових вод на ріст і розвиток амаранта з метою визначення типу земельних ділянок заплавної угідь, придатних для його вирощування, М.Н. Фисун і С.В. Гринько [389] встановили, що на ділянках, де води залягають в 50 см від поверхні ґрунту, відзначається значне пригнічення рослин. Рослини низькорослі, забарвлення листя і стебла – жовтувате. У місцях, де ґрунт більше ніж на добу заливається дощовою водою, амарант узагалі не росте [204].

У виробничих дослідах Ю.А. Утеуш [387] провів порівняння рослин амаранта волотистого ранньовесняного посіву на дерново-опідзолених ґрунтах Південного Полісся і потужних чорноземах Північного Лісостепу України. Відстань між дослідними становами становила 60 км. Технології вирощування і внесення добрив були однакові, але рослини, які вирости південніше, на чорноземах, у кращих ґрунтових умовах виглядали краще. Вони мали більш міцний кущ, більшу

висоту і більшу кількість листя. Вивчення кореневої системи показало, що на менш родючих ґрунтах рослини прагнули розвинути стрижневий корінь, глибше і далі розташувати бокові корінці. Про значний вплив типу ґрунтів на врожайність зеленої маси амаранта свідчать і дослідження, проведені в Кабардино-Балкарії [390]. Найбільший урожай зеленої маси амаранта був отриманий у посівах на вилугуваних чорноземах.

Зокрема, при порівняно невеликій різниці в сумі опадів за вегетацію (у межах 3–5 %) і сумі ефективних температур за той самий період (близько 1 %) на вилугуваних чорноземах, складених середніми і легкими лесовидними суглинками, отримано врожай зеленої маси на 25,5 % більший, ніж на сірих лісових ґрунтах із важким механічним складом ґрунту.

Тип засолення ґрунту також впливає на поживність зеленої маси амаранта. Хлоридно-сульфатне засолення сприяє підвищенню вмісту білка, а наявність соди в ґрунтового розчині призводить до суттєвого зниження не тільки врожайності зеленої маси, але й вмісту білка та каротину [18].

Для вивчення відношення рослин амаранта до реакції ґрунтового середовища проведено вегетаційні та польові дослідження у ботанічному саду Казанського державного університету на дуже кислому слабоокультуреному дерново-підзолистому ґрунті. Дослідження показали, що оптимальний інтервал рН для амаранта дорівнює 5,8–6,3 [273].

На основі сукупності експериментальних даних встановлено, що амарант є середньостійкою відносно засолення рослиною глікофітного типу [53]. Для його вирощування придатні ґрунти зі слабким засоленням – до 30–50 мм залежно від виду. На таких ґрунтах можна досягти високої продуктивності зеленої маси амаранта і значної концентрації в ній сирого протеїну, якщо немає надлишків акумуляції нітратного азоту в органах рослин. За ступенем солестійкості можна виділити *A. mantegazzianus* як найбільш стійкий до хлоридного і сульфатного засолення середовища.

Дослідження з вивчення солестійкості амаранта на ранніх етапах органогенезу шляхом застосування методу лабораторної діагностики, проведені в 1997–1999 рр., дозволили виділити зразки з високою, середньою і низькою стійкістю до засолення. Серед досліджуваних видів найбільш солестійким був *A. crispus*. Середній рівень стійкості



характерний для *A. spinosus* і *A. chlorostachis*. Усі інші види відрізнялися низьким рівнем солестійкості (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Солестійкість видів амаранта на ранніх етапах розвитку,  
1997–1999 рр.**

Вид амаранта	Проростання при засоленні, % до контролю	Рівень солестійкості
<i>A. cruentus</i>	14,8	низький
<i>A. aureus</i>	0,0	низький
<i>A. pivlegenus</i>	15,9	низький
<i>A. hybridus</i>	12,7	низький
<i>A. caudatus</i>	2,0	низький
<i>A. spinosus</i>	53,1	середній
<i>A. oleraceus</i>	17,8	низький
<i>A. flaus</i>	2,4	низький
<i>A. mongostanus</i>	2,0	низький
<i>A. albus</i>	0,0	низький
<i>A. hypochondriacus</i>	1,8	низький
<i>A. bouchonii</i>	6,5	низький
<i>A. chlorostachis</i>	46,1	середній
<i>A. lividus</i>	22,6	низький
<i>A. elegans</i>	0,0	низький
<i>A. deflexus</i>	23,7	низький
<i>A. mantegazzianus</i>		-
<i>A. blitoides</i>	28,3	низький
<i>A. crispus</i>	75,9	високий

Дослідження вчених і досвід виробників підтвердили, що амарант легко адаптується в нових для нього умовах. Більше того, збувається і прогноз Т.С. Мальцева про здатність амаранта як фітомеліоранта підвищувати родючість ґрунтів.

Інтенсивно поглинаючи хлористий натрій із засоленого ґрунту, наприклад, після зрошення, амарант сприяє його рекультивації [271].

Здатність амаранта інтенсивно поглинати мінеральні речовини дає змогу використовувати його для винесення з ґрунту важких металів, пестицидів, радіонуклідів. Концентруючи ці речовини в тканинах, амарант ліквідує локальні забруднення, що особливо важливо для ґрунтів, які зберігають «Чорнобильський слід». Уже розроблено технологію для очищення радіоактивного амаранта з метою отримання цінного кормового продукту. Крім того, сівба, скошування і подальше заорювання амаранта – прийом, який

дозволяє використовувати його як прекрасний сидерат – зелене органічне добриво [11; 234]. Вагомі докази фітомеліоративної здатності амаранта отримано співробітниками ФДБНУ Волзького НДІ гідротехніки і меліорації [278].

Установлено також, що сівба амаранта волотистого на дерново-підзолистих і чорноземних ґрунтах стимулює життєдіяльність деяких мікроорганізмів, які роблять доступним для кореневої системи амаранта вільний азот повітря.

Обробка насіння амаранта культурою мікроорганізмів, виділених із ґрунту, забезпечує значне підвищення врожаю.

Дослідження, проведені на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, показали, що амарант не викликає ґрунтовтоми (табл. 3.9).

*Таблиця 3.9*

**Вплив амаранта на алелопатичну активність ґрунту 1992–1994 рр.**

Варіант	Приріст корінців крес - салату, мм	% до контролю (води)	% до контролю (ґрунт до сівби)	pH ґрунту
Вода	26,4	100		
Ґрунт до сівби амаранта	23,8	90,0	100	6,3
Ґрунт після збирання врожаю амаранта	23,1	87,0	97	6,3

У результаті досліджень із вивчення динаміки змін ґрунтової мікрофлори амаранта багряного на дерново-підзолистих ґрунтах, проведених у ботанічному саду Казанського державного університету, було доведено, що найменша кількість мікроорганізмів майже всіх фізіологічних груп міститься в пробах ґрунту, відібраних до сівби амаранта. У ризосфері амаранта відбувається зростання чисельності більшості груп мікроорганізмів.

Аналіз складу целюлозних мікроорганізмів ґрунту – показника родючості ґрунту – показав, що кількість цих мікроорганізмів у дослідних варіантах, за винятком контролю, висока і становить 80–100 % [282].

У наших дослідах також було встановлено, що амарант позитивно впливає на життєдіяльність деяких мікроорганізмів, не зменшуючи їх загальної чисельності (табл. 3.10).

**Вплив амаранта на чисельність мікроорганізмів у ґрунті,  
1992–1994 рр.**

Зразки ґрунту	Мікроорганізми, які розщеплюють азот		Загальна кількість, млн/г
	органічний (МПА), млн/г	мінеральний (КАА), млн/га	
До посіву амаранта	43,44	$\frac{45,15^1}{5,56}$	88,59
Після закінчення вегетації амаранта	40,53	$\frac{50,40}{9,24}$	90,93

*Примітка.* У чисельнику — загальна кількість мікроорганізмів; у знаменнику — актиноміцети.

У корневих ексудатах амаранта містяться аспарагінова та глютамінова кислоти, гліцин, аланін, серин, тирозин, гістидин. Серед карбонових кислот ідентифіковані мурашина, щавлева і лимонна, які можуть бути живильним середовищем для мікрофлори і сприяти її життєдіяльності [48]. Крім того, з'ясовано, що кореневі ексудати амаранта позитивно впливають на розвиток таких азотфіксуювальних мікроорганізмів: *Azotobakter*, *Azospirillum* та ін. Із ризосфери амаранта виділено високоефективні штами азотобактера, що позитивно впливають на рослини, а також здатні добре приживатися і розвиватися в ризосфері амаранта, підвищуючи біологічну активність ґрунту [407]. Інокуляція насіння *A. cruentus* азотобактером дозволила скоротити кількість внесених азотних добрив у середньому на 20 % і підвищити врожайність на 50 %. Було встановлено, що інокуляція насіння *A. cruentus* азотобактером поліпшує забезпеченість рослин не тільки азотом, але й фосфором і калієм.

Відмічено підвищення вмісту протеїну в рослинах, що сприяє поліпшенню кормових властивостей культури. Також доведено, що для амаранта характерний широкий діапазон азотфіксуювальної активності в ризосфері залежно від виду і навіть від походження виду.

Обробка насіння різних видів амаранта азотфіксуювальними мікроорганізмами показала, що активність азотфіксації підвищується внаслідок бактеризації у 2,3–87,0 разів і корелює з кількістю азотфіксуювальних мікроорганізмів. Загальна їх кількість збільшується в 1,4–10,4 разів, азотобактера — в 1,7–52,0 разів.

Різна реакція видів амаранта на бактеризацію свідчить про можливість створення генотипів із високим рівнем асоціативної

азотфіксації, що сприятиме підвищенню ролі амаранта у біологічному зв'язуванні азоту в агроценозах [283].

У наших досліджах передпосівна обробка насіння амаранта фізіологічно активними речовинами з проростаючого насіння польових культур у суміші з ризоторфіном і флавобактерином позитивно впливала на врожайність зеленої маси та зерна в *A. hybridus* [2] (табл. 3.11, 3.12).

Таблиця 3.11

**Вплив передпосівної обробки насіння виду амаранта *A. hybridus* екстрактом і флавобактерином на врожайність зеленої маси, кг/м<sup>2</sup>, 1989–1990 рр.**

Варіант обробки	Рік		
	1989	1990	середнє
Без обробки	2,04	3,10	2,57
Вода	2,31	2,87	2,59
Екстракт кукурудзи	2,87	3,33	3,10
Екстракт пшениці	3,00	3,60	3,30
Flavobacterin	3,54	3,30	3,42
Екстракт кукурудзи +Flavobacterin	3,58	3,32	3,45
Екстракт пшениці +Flavobacterin	3,31	3,15	3,23
НІР05	0,40	0,20	

Одержані результати свідчать про доцільність застосування бактеризації насіння для підвищення врожайності зеленої маси та насіння амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Таблиця 3.12

**Вплив передпосівної обробки насіння виду амаранта *A. hybridus* фізіологічно активними екстрактами і ризоторфіном на врожайність зеленої маси і насіння, ц/га**

Варіант	Урожайність, ц/га			
	зеленої маси		насіння	
	1991 р.	1992 р.	1991 р.	1992 р.
Без обробки	700,5	230	6,0	12,6
Вода	774,2	-	6,4	-
Екстракт озимої пшениці	831,0	-	7,6	-
Ризоторфін	825,1	360	6,7	15,8
Екстракт озимої пшениці + ризоторфін	857,3	-	7,9	-
НІР 05	54,4	35,8	1,1	2,4

Вирішальне значення в пристосуванні чужоземних видів рослин до нових умов існування відіграє стійкість до шкідників і хвороб,

найбільш шкідливих у цій зоні. На думку Ф.Н. Архипенка та інших [5], на сучасному етапі розвитку ентомоценозу амаранта інтерес може становити кожен вид комах, який живиться на культурі, оскільки формування специфічної ентомофауни для цієї культури перебуває в стадії становлення.

Однак уже сьогодні можна впевнено говорити про види, які трофічно пов'язані з амарантом і вимагають особливої уваги від служб захисту рослин.

У 1980 р. G.J.H. Grubben описав хвороби і шкідників амаранта, найбільш поширені у Беніні (чорна ніжка, борошниста роса, жуки-точильники, кореневі нематоди). Дослідник С.Р. Daloz [468] відзначав, що *A. tricolor* не ушкоджується шкідниками, а значно уражується хворобами. У Пенсільванії амарант зазнає великих ушкоджень від одного шкідника – жука *Lugus lineolaris*. Він ушкоджує насіння на стадії воскової стиглості, що знижує якість зерна. Ентомолог Р. Вільсон вивчав чутливість 50 різних ліній амаранта до цього шкідника, щоб знайти генетичні основи резистентності [610].

Знайшов Р. Вільсон і іншого шкідника – амарантового довгоносіка (*Constrachelus seniculus*). Ця комаха паразитує на *A. retroflexus*. Довгоносик відкладає яйця в ґрунт, а коли вилуплюються личинки, вони проникають у корінь амаранта і живуть там. Перед утворенням кокону личинка виходить із кореня в ґрунт, і через отвір у корінь проникають патогенні мікроорганізми. Унаслідок цього інфекція уражує корінь рослини, що може спричинювати її вилягання і загибель [610].

У штаті Міссурі (США) суттєві проблеми під час вирощування амаранта виникають від таких шкідників, як «тьмянний» жучок, люцерновий (павутинний) черв'як та іспанська мушка [561]. На Кубі знайдено вид нематоди *Heterodera amaranthi*, який істотно ушкоджує посіви амаранта [603]. Установлено, що певні види шкідників віддають перевагу тим чи іншим видам амаранта [436–437]. Учений М.А. Altieri з колегами [437] вносили водний екстракт *A. retroflexus* на ділянки сої. При цьому спостерігали значну активність осі *Trychogramma*, що паразитує на яйцях *Heliothis zea* (Boddie). Це свідчить про те, що невелика домішка амаранта на полі, засіяному соєю, сприяє біологічному контролю кількості шкідників.

В умовах Ставропілля С.В. Белікова та інші [18] відзначали ушкодження рослин амаранта щиричним довгоносіком і фузаріозними кореневими гнилями.

В умовах Кубані відбувалось ушкодження рослин амаранта щиричним довгоносом, причому рослини з темно-червоним і червоним забарвленням листя і стебла були ушкоджені менше [134]. У великій кількості на суцвіттях амаранта знайдено міль-чохлоноску, гусениці якої живляться насінням амаранта, особливо амаранта хвостатого. Амарант також можуть уражати віруси. Установлено більше 120 вірусів, які належать до 24 груп, що викликають захворювання культури [435; 462; 480–484; 512–514]. У дослідженнях лабораторії ентомотоксикології Санкт-Петербурзького НДІ захисту рослин за останні роки виявлено понад 20 видів фітофагів, які живляться вегетативними і генеративними органами амаранта.

Найбільшої шкоди сходам амаранта завдають бурякові блішки: звичайна, західна, південна, а також хрестоцвіті блішки: велика смугаста і хвиляста. Чисельність жуків на сходах досягає 2–5 шт. на рослину. Комахи пошкоджують молоде листя і пригнічують сходи. У роки сильного розмноження шкідників жуки нового покоління блішок живляться на дорослих рослинах, але при цьому вони завдають менше шкоди посівам. Блішки можуть перелітати на рослини амаранта з посівів буряків, капусти, редьки.

У фазі 4–8 листків на рослинах з'являються звичайний буряковий і сірий буряковий довгоносики, які в пошуках їжі залітають на плантації амаранта. Жуки частково або повністю об'їдають листя, а інколи і повністю знищують сходи. При чисельності більше 10 жуків на 1 м<sup>2</sup> сильно зріджуються посіви, а ушкодження рослини досягають 5–25 %. Жуки звичайного довгоносика можуть перелітати на посіви амаранта з посівів буряків, а сірого – з рослин осоту польового.

У фазі утворення розетки з 8–10 листків у теплі та сухі роки на посівах амаранта збирається велика кількість бобової попелиці. На одній рослині живляться 100–250 і більше особин фітофагу. Як правило, крилаті особини двох–трьох поколінь перелітають на посіви амаранта з буряків і живляться до фази плодоутворення. Колонії попелиці розміщуються на нижньому боці листків і на молодих частинах стебла. Пошкоджене листя скручується, деформується, рослини уповільнюють ріст і розвиток. На насінневих посівах амаранта колонії попелиці концентруються на верхівках головного і бокових стебел, які при істотних ушкодженнях деформуються і підсихають, а врожай насіння знижується на 15–35 %.

У цей період велику небезпеку для посівів амаранта становлять різні види совки. У роки підвищеної чисельності амарант ушкоджує

луговий метелик, який живиться листками. На насінневих посівах гусінь, крім листків, поїдає насіння. Певну небезпеку для насінневих посівів становлять клопи: бурякові, трав'яні, польові, які пошкоджують листки, молоді частини рослин, волоть, що уповільнює ріст рослин, процес цвітіння і плодоутворення. Крім того, унаслідок ушкоджень утворюється багато несхожого насіння. В окремі роки чисельність клопів на рослинах амаранта досягає 8–16 особин, на них живляться також цикади: шестикрапкова, жовта, смугаста.

Як показали дослідження, проведені на дослідному полі ХНАУ, амарант належить до культур, на ріст, розвиток і продуктивність яких збудники хвороб і шкідники мають незначний вплив, але в останні роки відбувається ураження посівів амаранта кореневими гнилями та ушкодження бобовою попелицею (табл. 3.13 і 3.14) [97].

Таблиця 3.13

**Ураження видів амаранта кореневими гнилями, %, 1993 – 1995 рр.**

Вид амаранта	Ураження за фазами розвитку рослин					
	поява сходів		2–4 листки		8–10 листків	
	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>
<i>A. cruentus</i>	13,8	7,0	15,7	7,7	8,8	4,6
<i>A. aureus</i>	16,2	7,9	18,4	9,0	10,7	5,3
<i>A. pivlegenus</i>	15,5	7,4	18,0	8,7	11,1	5,2
<i>A. hybridus</i>	11,9	5,3	14,7	7,3	8,0	4,1
<i>A. caudatus</i>	17,2	8,4	19,4	9,9	13,1	6,7
<i>A. spinosus</i>	15,9	7,9	18,7	8,6	11,4	5,9
<i>A. oleraceus</i>	15,3	6,9	17,9	10,3	10,9	4,9
<i>A. flaus</i>	13,3	6,5	16,7	8,3	9,5	4,8
<i>A. mongostanus</i>	16,1	9,0	19,1	8,3	11,7	5,9
<i>A. albus</i>	13,4	6,2	14,9	6,9	9,5	4,9
<i>A. hypochondriacus</i>	10,7	5,1	12,9	6,6	7,7	3,9
<i>A. bouchonii</i>	11,6	5,5	14,2	6,6	7,7	4,1
<i>A. chlorostachis</i>	24,2	11,7	26,3	13,4	16,4	8,2
<i>A. lividus</i>	15,2	7,1	17,6	8,6	10,1	5,1
<i>A. elegans</i>	15,8	7,5	18,2	8,8	10,4	5,2
<i>A. deflexus</i>	14,0	6,9	15,8	7,9	8,7	4,5
<i>A. mantegazzianus</i>	16,4	8,2	19,3	10,1	12,1	6,3
<i>A. blitoides</i>	13,1	6,1	15,3	7,4	9,0	4,4
<i>A. crispus</i>	17,8	8,9	19,3	9,4	12,4	6,1

Примітки. 1 – поширеність хвороби; 2 – розвиток хвороби.

Дослідження 1995 – 1997 рр. на різних видах амаранта виявили, що великих ушкоджень від попелиці зазнають посіви виду *A. albus* (табл 3.14). Попелиця на рослинах цього виду з'являлася на 7–10 днів раніше, ніж на рослинах інших видів. Заселеність цього виду бобовою попелицею була найбільшою в 1997 р. у фазі 8–10 листків і становила 90 %. Заселеність інших видів амаранта в середньому за роки досліджень коливалася від 57,8 % в *A. lividus* до 38,9 % в *A. hybridus* і *A. hypochondriacus* (див. табл. 3.14).

Таблиця 3.14

**Заселеність видів амаранта бобовою попелицею, %, 1995–1997 рр.**

Вид амаранта	Фаза	
	2 – 4 листки	8 – 10 листків
<i>A. cruentus</i>	17,8	47,8
<i>A. aureus</i>	20,0	51,1
<i>A. pivlegenus</i>	14,4	45,6
<i>A. hybridus</i>	12,2	38,9
<i>A. caudatus</i>	17,8	51,1
<i>A. spinosus</i>	15,5	48,9
<i>A. oleraceus</i>	16,7	46,7
<i>A. flaus</i>	18,9	51,1
<i>A. mongostanus</i>	17,8	48,9
<i>A. albus</i>	25,6	64,5
<i>A. hypochondriacus</i>	11,1	38,9
<i>A. bouchonii</i>	20,0	53,3
<i>A. clorostachis</i>	16,7	51,1
<i>A. lividus</i>	20,0	57,8
<i>A. elegans</i>	14,4	54,5
<i>A. deflexus</i>	18,9	51,1
<i>A. mantegazzianus</i>	17,8	56,7
<i>A. blitoides</i>	18,9	53,3
<i>A. crispus</i>	14,5	52,2

### 3.6. Рівень реалізації біологічного потенціалу амаранта залежно від метеорологічних факторів

Продуктивність сільськогосподарських культур – результат комбінації генетичних характеристик рослинних організмів і умов навколишнього середовища, серед яких найважливіше значення має погода.

Відомо, що клімат визначає тип культур, які вирощують у певному регіоні, а фактична погода протягом сезону – їх урожайність.



Кількісна залежність між погодою і розвитком рослин може бути основою для прогнозування врожайності культури, а також для управління продукційним процесом.

Вводячи в культуру нові рослини, особливо важливо визначити вплив погодних умов зони на особливості їх розвитку та продукційний процес, оскільки це є основою подальшого прогнозування перспективності вирощування цих рослин у цій зоні.

З огляду на те, що амарант – нова культура для умов Лівобережного Лісостепу України, з різноманітним видовим складом, перед нами постало питання визначення характеру впливу погодних умов зони на ріст і розвиток рослин амаранта, їхні адаптивні властивості, розробку прогнозу щодо подальшого використання в культурі.

Одним із важливих чинників адаптивності рослин є тривалість вегетаційного періоду, яка складається з тривалості проходження окремих фаз онтогенезу (формула 3.1) [385]:

$$T_j = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i + \dots + t_n, \quad (3.1)$$

де  $T_j$  – загальна тривалість онтогенезу;

$t_i$  – тривалість окремої фази розвитку.

Наведена формула відображає дискретність часу розвитку біологічного об'єкта, важливість якої особливо підкреслював Д.А. Сабінін [327].

Дослідження впливу кожного етапу дозволяє виявити особливості більш ефективного використання відповідного виду у виробництві, а також у селекційних програмах.

Як показали проведені дослідження, у видів амаранта існує суттєва відмінність як за тривалістю окремих фаз вегетації, так і за вегетаційним періодом у цілому. Середня тривалість вегетаційного періоду в амаранта становила 96 днів (табл. 3.15).

Найкоротший вегетаційний період – 88 днів – притаманний виду *A. flaus*. Найдовший вегетаційний період був характерний для *A. mantegazzianus* – 117 днів. Найбільшу варіабельність довжини вегетаційного періоду за роки досліджень відмічено в *A. aureus* – коефіцієнт варіації 13,9 %, найменш варіабельною вона була в *A. blitoides* – 2,2 % при середній міжвидовій варіації довжини вегетаційного періоду  $V=6,7$  %.

Аналіз видів за тривалістю окремих фаз вегетації виявив, що найбільш тривалою в амаранта є фаза вегетативного розвитку, яка

дорівнювала 49 дням; найменш тривала фаза – бутонізації – дорівнювала 20 дням.

Таблиця 3.15

**Тривалість окремих фаз вегетації та вегетаційного періоду  
у видів амаранта, 1992–2000 рр.**

Вид амаранта	Тривалість фази, днів							
	вегетативного розвитку		бутонізації		цвітіння – досягання		сходів – досягання	
	X	V, %	X	V, %	X	V, %	X	V, %
<i>A. cruentus</i>	51	4,1	16	8,5	25	8,0	93	2,5
<i>A. aureus</i>	42	14,3	20	7,9	34	29,6	100	13,9
<i>A. pivlegenus</i>	50	6,1	17	11,1	28	9,3	95	3,0
<i>A. hybridus</i>	43	12,2	26	14,5	29	16,6	97	8,6
<i>A. caudatus</i>	60	4,2	23	11,2	20	39,6	101	8,2
<i>A. spinosus</i>	52	3,4	17	13,5	24	13,3	93	5,8
<i>A. oleraceus</i>	41	15,0	25	9,5	27	14,2	92	1,8
<i>A. flaus</i>	49	4,3	19	9,4	20	11,3	88	2,5
<i>A. mongostanus</i>	48	8,3	19	11,4	28	15,6	94	3,3
<i>A. albus</i>	43	12,9	21	13,4	32	11,2	96	7,9
<i>A. hypochondriacus</i>	54	4,2	21	18,0	23	12,1	98	4,5
<i>A. bouchonii</i>	40	16,4	22	5,7	29	20,2	91	6,4
<i>A. chlorostachis</i>	48	5,7	20	11,6	21	11,5	89	2,7
<i>A. lividus</i>	50	5,2	19	7,2	30	2,5	101	3,0
<i>A. elegans</i>	51	5,6	16	18,9	28	10,1	94	5,2
<i>A. deflexus</i>	44	9,3	20	11,0	30	12,4	94	6,7
<i>A. mantegazzianus</i>	58	4,0	26	1,4	32	7,9	117	3,4
<i>A. blitoides</i>	45	8,5	22	5,2	25	15,0	91	2,2
<i>A. crispus</i>	51	2,2	21	10,5	20	16,6	92	4,7
X	49		20		27		96	
V, %		10,9		14,7		16,4		6,7

Коливання за тривалістю окремих фаз вегетації між видами відповідно до фази вегетативного розвитку від 40 днів в *A. bouchonii* до 60 днів в *A. caudatus*. За фазою бутонізації – від 16 днів в *A. elegans* і *A. cruentus* до 26 днів у *A. hybridus*, за фазою цвітіння – досягання – від 20 днів в *A. caudatus*, *A. flaus*, *A. crispus* до 34 днів в *A. aureus*.

Найбільш мінливою у видів амаранта виявилася фаза цвітіння – досягання, коефіцієнт варіації 16,4 %, найменш мінливою – вегетативного розвитку, коефіцієнт варіації дорівнював 10,9 %.

Аналіз варіації тривалості окремих фаз вегетації у видів амаранта порівняно з середньою міжвидовою варіацією фаз вегетації показав, що мінливість тривалості фази вегетативного розвитку становила 10,9 % і змінювалася від 2,2 % в *A. crispus* до 16,4 % в *A. bouchonii*.

Мінливість тривалості фази бутонізації – цвітіння була в межах 14,7 %. Найменший коефіцієнт варіації за роками досліджень було встановлено в *A. mantegazzianus* – 11,4 %, найбільший – у виду *A. elegans* – 18,9 %.

Коливання за тривалістю фази цвітіння–достигання у видів амаранта було в межах від 2,5 % в *A. lividus* до 39 % в *A. caudatus* при середній міжвидовій варіації  $V=16,4$  %.

Як відомо, тривалість окремих етапів онтогенезу залежить як від генетичної природи рослини, так і від впливу факторів довкілля в період проходження того чи іншого етапу [37].

Для більш детального визначення впливу кліматичних умов зони на розвиток рослин амаранта погодні умови зони були проаналізовані за характером мінливості основних складових в окремі фази вегетації: суми опадів, суми ефективних температур вище 10 °С, середньої добової температури, ГТК (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

**Характеристика погодних умов Лівобережного Лісостепу України за фазами розвитку рослин амаранта, 1992–2000 рр.**

Рік	Фаза розвитку			
	вегетативного розвитку	бутонізації	цвітіння–достигання	сходів–достигання
1	2	3	4	5
Кількість опадів, мм				
1992	144,3	94,7	22,2	261,2
1993	141,1	51,4	156,4	348,9
1994	97,2	14,0	3,2	114,4
1995	86,1	17,9	23,0	127,0
1996	77,1	10,6	36,2	124,5
1999	95,3	32,9	47,1	175,3
2000	91,4	37,9	46,0	175,3
$\bar{X}$	104,7	43,6	47,7	189,5
V, %	25,5	83,5	95,5	45,6
Середня температура повітря, °С				
1992	18,2	20,3	22,0	20,2
1993	16,4	20,0	19,0	18,5
1994	16,3	20,8		18,8

1	2	3	4	5
1995	21,5	20,8	19,5	20,6
1996	19,2	19,8	20,9	20,0
1999	21,3	23,5	19,9	21,6
2000	18,3	21,3	20,6	20,0
$\bar{X}$	18,7	20,9	20,2	19,9
V, %	11,2	5,9	5,3	5,3
Сума температур вище 10 °С				
1992	881,1	450,5	613,7	1945,3
1993	818,8	437,3	535,1	1787,6
1994	807,9	431,6	542,9	1782,4
1995	944,2	427,0	511,4	1882,6
1996	906,5	383,5	513,6	1803,6
1999	997,2	449,9	532,6	1979,2
2000	913,3	411,7	507,5	1832,5
$\bar{X}$	895,6	427,0	536,7	1859,1
V, %	7,5	5,5	6,8	4,2
ГТК				
1992	1,6	2,2	0,4	1,4
1993	1,7	1,1	3,1	2,0
1994	1,2	0,3	0,06	0,5
1995	0,9	0,5	0,4	0,6
1996	0,9	0,3	0,7	0,6
1999	1,0	0,7	0,9	0,9
2000	0,9	0,9	0,3	0,7
$\bar{X}$	1,2	0,9	0,8	1,0
V, %	29,9	76,7	99,9	57,3

Було встановлено, що найбільш забезпеченою вологою в умовах цієї зони в амаранта є фаза вегетативного розвитку. Кількість опадів за цей період за роки досліджень була найбільшою і становила 104,7 мм при коефіцієнті варіації за роками 25,5 %.

Найменш вологозабезпеченою виявилася фаза бутонізації. Кількість опадів у середньому за цей період становила 43,6 мм, при коефіцієнті варіації за роками 83,5 %. Середня добова температура за фазами розвитку суттєво не відрізнялась і коливалась у межах 19,9 – 20,9 °С, при коефіцієнті варіації від 5,9 % у фазі вегетативного розвитку до 5,3 % у фазі цвітіння–достигання.

Найбільш сприятливі умови розвитку амаранта складаються в цій зоні для фази вегетативного розвитку, ГТК у середньому за роки досліджень дорівнював 1,2 при коефіцієнті варіації 29,9 %,

найменш сприятливі – у фазі цвітіння–достигання – 0,8 при коефіцієнті варіації 99,9 %.

Найбільша сума ефективних температур вище 10 °С потрібна амаранту для проходження фази вегетативного розвитку – 895,6 °С, найменша – для проходження фази бутонізації–цвітіння – 427,4°С. Мінливість суми ефективних температур за роками досліджень була незначною і коливалась у межах від 5,5 % у фазі бутонізації до 7,5 % у фазі вегетативного розвитку.

Доведено, що для конкретної культури в конкретній фазі її розвитку момент досягнення сумою температур певної величини достатньо добре узгоджується з моментом закінчення фенологічної фази. Використовуючи правило суми температур або градусо-днів, можна визначити, наскільки фенологія культури відповідає температурним умовам, які спостерігають у цій місцевості [392].

Визначення суми температур або градусо-днів (днів×°С) здійснюють за формулою 3.2:

$$h \text{ сум.} = \sum H ( \bar{T}_i - T_c ) ( \bar{T}_i - T_c ) \quad (3.2)$$

де  $h$  – сума градусо-днів,  $H$  – порогова функція (функція Хевісайда);

$H(T_i - T_c)=0$ , якщо  $\bar{T}_i < T_c$  ;  $H(T_i - T_c)=1$ , якщо  $\bar{T}_i \geq T_c$ , де  $\bar{T}_i$  – середня температура за добу,  $T_c=10$  °С.

Визначення суми градусо-днів для різних фаз розвитку амаранта показало, що найбільша сума потрібна для фази вегетативного розвитку – 338–528° залежно від виду (табл. 3.17).

Найменша сума днів×°С потрібна для проходження цієї фази виду амаранта *A. oleraceus* 338, найбільша – виду *A. mantegazzianus* – 528. Фази бутонізації та цвітіння–достигання є менш температуроємними. Коливання суми температур для фази бутонізації відбувалось у межах від 172 днів×°С в *A. pivlegenus* до 240 днів×°С в *A. bouchonii*.

Сума днів×°С для фази цвітіння–достигання коливалась у межах 169–347. Найменш температуроємною вона була у виду *A. caudatus* – 169 днів×°С, найбільш температуроємною в *A. albus*.

За період сходів–достигання, тобто вегетаційній період, диференціація суми днів×°С коливалася в межах від 833 в *A. flaus* до 1054 днів×°С в *A. mantegazzianus*.

**Тривалість окремих фаз вегетації та вегетаційного періоду  
у видів амаранта в днях×°С, 1992–2000 рр.**

Вид амаранта	Фаза розвитку							
	Веgetативно-го розвитку		бутонізації		цвітіння–достигання		сходів–достигання	
	X	V, %	X	V, %	X	V, %	X	V, %
<i>A. cruentus</i>	451	22,4	174	17,2	272	14,8	897	13,1
<i>A. aureus</i>	349	25,4	224	14,6	325	25,2	898	8,9
<i>A. pivlegenus</i>	463	18,7	172	15,6	291	13,0	926	9,6
<i>A. hybridus</i>	356	23,9	287	16,8	331	32,9	974	18,9
<i>A. caudatus</i>	522	21,7	256	16,2	169	47,1	947	11,0
<i>A. spinosus</i>	488	17,0	186	20,3	245	16,1	919	8,4
<i>A. oleraceus</i>	338	24,6	262	13,7	281	16,9	881	11,5
<i>A. flaus</i>	417	22,3	203	17,8	213	17,5	833	14,3
<i>A. mongostanus</i>	405	22,8	205	13,6	279	18,6	889	12,4
<i>A. albus</i>	352	24,0	220	15,3	347	19,1	919	11,7
<i>A. hypochondriacus</i>	442	23,5	234	20,5	289	18,8	965	10,8
<i>A. bouchonii</i>	320	21,4	240	14,8	326	24,3	886	11,1
<i>A. chlorostachis</i>	410	21,4	222	15,8	226	14,1	858	11,9
<i>A. lividus</i>	440	26,0	230	25,1	325	28,2	995	14,1
<i>A. elegans</i>	446	19,9	182	22,6	288	13,5	916	10,2
<i>A. deflexus</i>	372	24,4	207	16,0	310	10,9	889	11,0
<i>A. mantegazzianus</i>	528	17,0	293	8,7	233	19,3	1054	8,6
<i>A. blitoides</i>	372	23,5	233	18,9	239	19,8	844	13,0
<i>A. crispus</i>	448	23,5	225	15,6	208	19,3	881	11,2
$\bar{X}$	417		223		274		914	
V, %		14,6		15,5		18,0		5,9

За результатами вивчення тривалості окремих фаз вегетації (веgetативного розвитку, бутонізації, цвітіння–достигання) у видів амаранта проведено кластерний аналіз [172]. Отримана дендрограма евклідових відстаней дозволила розділити 19 вивчених видів на 4 групи (кластери) з різною тривалістю фаз вегетації та кількістю днів×°С (рис. 3.8).

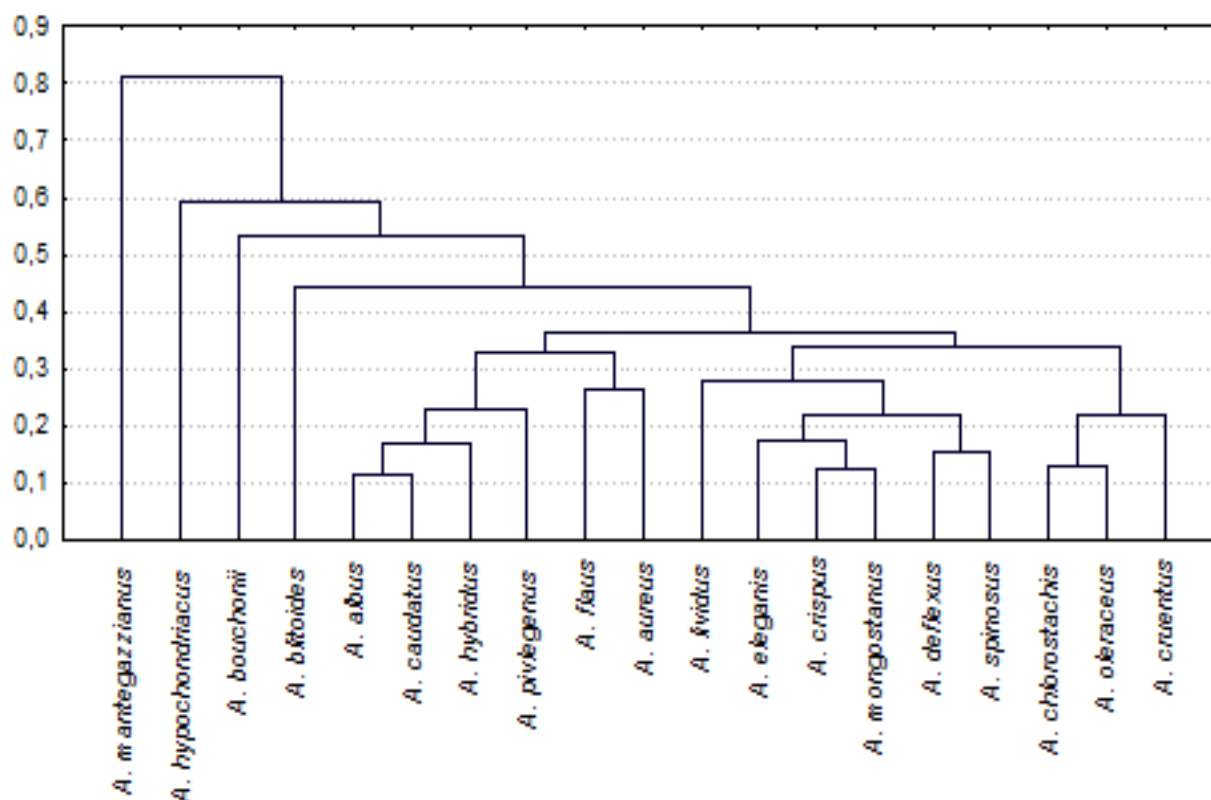


Рис 3.8. Дендрограма евклідових відстаней між видами (на основі кількості днів кожної фази і днів $\times^{\circ}\text{C}$ )

До кластера № 1 увійшли види *A. oleraceus*, *A. hybridus*, *A. bouchonii*, *A. deflexus*, *A. albus*, *A. aureus*. У кластер № 2 виділені види *A. lividus*, *A. hypochondriacus*, *A. mongostanus*, *A. spinosus*, *A. pivlegenus*, *A. elegans*, *A. cruentus*. Види *A. blitoides*, *A. crispus*, *A. chlorostachis*, *A. flaus* віднесені до кластера № 3. Лише два види увійшли до кластера № 4: *A. mantegazzianus* і *A. caudatus*. У табл. 3.18 представлено середні значення днів і днів $\times^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 3.18

**Середні значення кількості днів і днів $\times^{\circ}\text{C}$  за фази розвитку за кластерами**

Фази розвитку	Кластери			
	1	2	3	4
<b>Дні</b>				
Вегетативного розвитку (I)	50,4	42,0	48,3	49,0
Бутонізації (II)	17,0	21,6	20,5	22,0
Цвітіння – досягання (III)	26,6	30,4	21,5	27,3
<b>Дні<math>\times^{\circ}\text{C}</math></b>				
Вегетативного розвитку (I)	433	346	525	413
Бутонізації (II)	200	231	275	250
Цвітіння – досягання(III)	251	318	201	315

За наведеними даними було побудовано графіки тривалості фаз вегетації (рис. 3.9) та днів $\times$ °C (рис. 3.10) за середніми значеннями в кластерах.

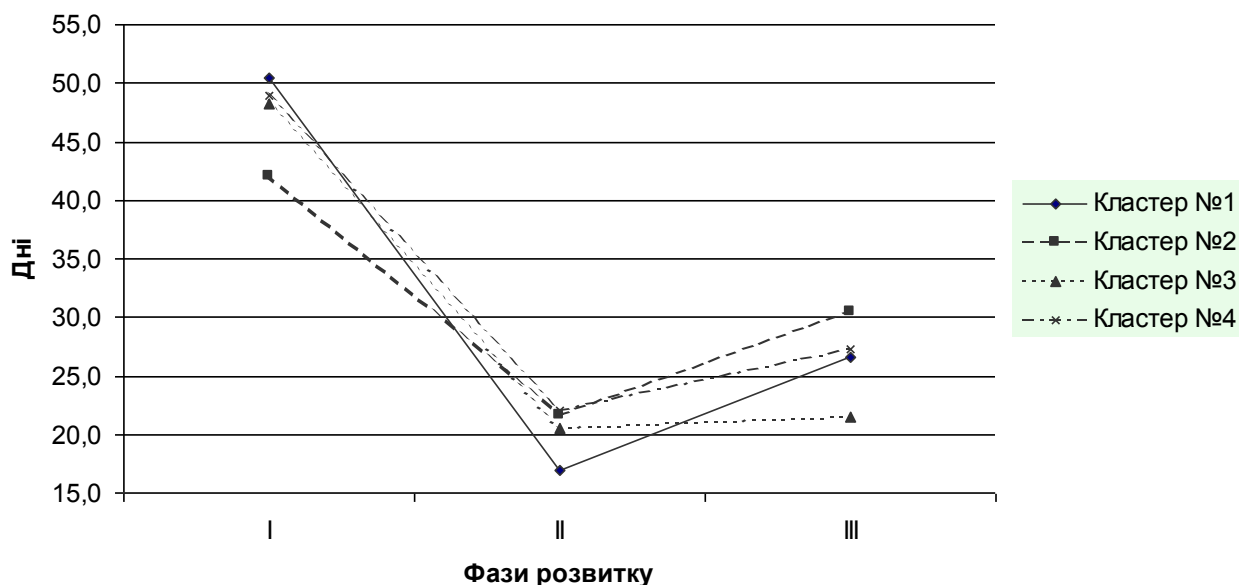


Рис. 3.9. Графік К-середніх значень у кластері за тривалістю фаз вегетації

Отримані дані засвідчують, що у вивчених зразків найдовшою є фаза вегетативного розвитку (див. табл. 3.18 та рис. 3.9). Із наведених видів найменшу її тривалість мали види кластера № 2 (42 дні в середньому за видами), що займали середнє положення за тривалістю фази II та найвище – за тривалістю фази III (30,4 дня).

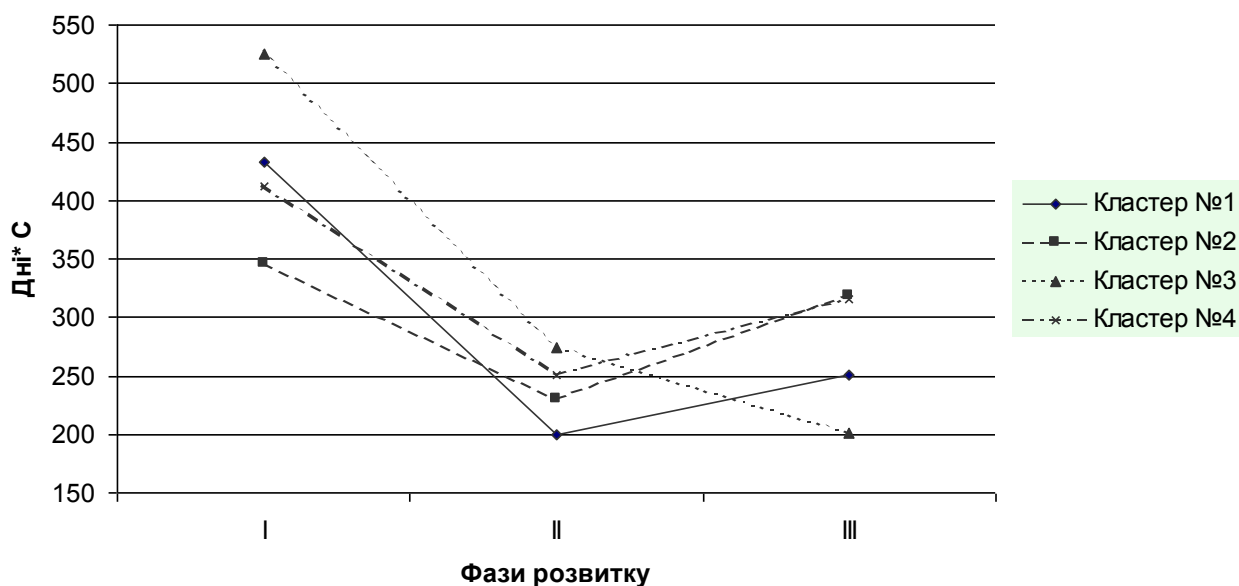


Рис. 3.10. Графік К-середніх значень у кластері за кількістю днів $\times$ °C



Види, представлені у кластері № 1, мали найдовшу тривалість першої фази, найкоротшу другу фазу (17,0) та займали середнє положення за фазою III. Найменша тривалість останньої фази була у видів кластера № 3 (21,5).

Дані табл. 3.18 та рис. 3.5 показують, що найбільше днів×°C відмічено у видів кластера № 3 за фазу вегетативного розвитку (525) та бутонізації (275), але найменше (201) – за фазу цвітіння–достигання. Цей кластер значно відрізняється за співвідношенням днів×°C за фази розвитку.

Види четвертого кластера займають середнє положення за фази I і II, але в останній фазі вони мали найвищу кількість днів×°C (315).

Види, віднесені до кластера № 2, мали найменшу кількість серед кластерів за першу фазу (346).

Перший кластер займав проміжне положення між іншими за фазу I, але мав найменше днів×°C за фазу бутонізації, а за фазу цвітіння–достигання знаходився між кластерами № 3 та № 2.

Для обґрунтування детермінованості фаз розвитку амаранта погодними умовами зони визначали залежність тривалості фаз вегетації у видів амаранта від таких складових погодних умов зони, як сума опадів, середня температура повітря за фазу вегетації, сума ефективних температур вище 10 °C за фазу вегетації та ГТК.

У результаті проведеного кореляційного і регресійного аналізу було встановлено, що характер залежності від складових погодних умов змінюється і залежить як від фази розвитку рослин амаранта, так і від їхніх видових особливостей. За даними табл. 3.19, залежність тривалості фаз вегетації від середньої температури повітря від'ємна у більшості видів, тільки в деяких: *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. flaus*, *A. albus*, *A. hypochondracus* у фазі цвітіння–достигання вона має слабовиражений позитивний характер.

Залежність тривалості фаз вегетації у видів амаранта від суми ефективних температур вище 10 °C висока позитивна у більшості видів, тільки в деяких: *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. flaus*, *A. hypochondriacus*, *A. chlorostachis*, *A. elegans*, *A. mantegazzianus* і *A. crispus* – вона має від'ємний характер у фазі вегетативного розвитку. Залежність тривалості фаз вегетації від ГТК протягом усього вегетаційного періоду в основній масі видів позитивна, за винятком *A. aureus* і *A. oleraceus*, для яких характерна слабка від'ємна залежність у фазі вегетативного розвитку, і *A. caudatus* і *A. crispus*, яким властива слабка від'ємна залежність для фази цвітіння–достигання.

**Залежність тривалості фаз вегетаційного періоду у видів  
амаранта від погодних умов, 1992–2000 рр.**

Показник	Фаза					
	вегетативного розвитку		бутонізації		цвітіння–достигання	
	by/x	Рівняння регресії	by/x	Рівняння регресії	by/x	Рівняння регресії
1	2	3	4	5	6	7
<i>A. cruentus</i>						
∑ опадів, мм	0,04	Y=46,64+0,04x	0,01	Y=15,69+0,01x	- 0,01	Y=26,35 - 0,01x
Середня t повітря, °C	0,65	Y=63,31 - 0,65x	- 0,30	Y=22,54 - 0,30x	0,30	Y=19,87+0,30x
∑ t еф.> 10 °C, °C	0,01	Y=61,34 - 0,01x	0,02	Y=10,69+0,02x	0,03	Y=9,18+0,03x
ГТК	4,66	Y=45,94+4,66x	0,54	Y=15,71+0,54x	- 0,41	Y=26,36 - 0,41x
<i>A. aureus</i>						
∑ опадів, мм	0,01	Y=41,01+0,01x	0,02	Y=19,54+0,02x	0,06	Y=30,71+0,06x
Середня t повітря, °C	0,85	Y=57,73 - 0,85x	- 0,23	Y=25,08 - 0,23x	- 4,90	Y=133,54 - 4,90x
∑ t еф.> 10 °C, °C	0,03	Y=15,07+0,03x	0,02	Y=9,38+0,02x	0,05	Y= - 2,67+0,05x
ГТК	2,89	Y=45,91 - 2,89x	0,70	Y=19,64+0,70x	4,51	Y=30,73+4,51x
<i>A. pivillegenus</i>						
∑ опадів, мм	0,05	Y=44,53+0,05x	0,03	Y=15,41+0,03x	- 0,01	Y=28,49 - 0,01x
Середня t повітря, °C	0,60	Y=61,74 - 0,60x	- 0,43	Y=25,87 - 0,43x	- 0,60	Y=40,69 - 0,60x
∑ t еф.> 10 °C, °C	0,01	Y=41,20+0,01x	0,03	Y=4,96+0,03x	0,04	Y=6,71+0,04x
ГТК	4,58	Y=44,97+4,58x	0,16	Y=16,70+0,16x	- 0,53	Y=28,70 - 0,53x
<i>A. hybridus</i>						
∑ опадів, мм	0,01	Y=41,27+0,01x	0,04	Y=23,92+0,04x	0,03	Y=28,01+0,03x
Середня t повітря, °C	1,14	Y=63,75 - 1,14x	- 0,81	Y=42,82 - 0,81x	- 1,41	Y=57,55 - 1,41x
∑ t еф.> 10 °C, °C	0,03	Y=21,95+0,03x	0,04	Y=2,82+0,04x	0,01	Y=26,58+0,0x1
ГТК	0,72	Y=43,67 - 0,72x	1,31	Y=24,39+1,31x	1,59	Y=28,23+1,59x
<i>A. caudatus</i>						
∑ опадів, мм	0,02	Y=57,26+0,02x	0,01	Y=22,38+0,01x	0,19	Y=16,16+0,19x
Середня t повітря, °C	0,04	Y=61,22 - 0,04x	- 0,02	Y=23,35 - 0,02x	0,68	Y=8,66+0,68x
∑ t еф.> 10 °C, °C	0,01	Y=65,08 - 0,01x	0,04	Y=5,33+0,04x	0,03	Y=8,13+0,03x
ГТК	2,06	Y=57,18+2,06x	0,31	Y=22,58+0,31x	- 4,16	Y=23,90 - 4,16x
<i>A. spinosus</i>						
∑ опадів, мм	0,02	Y=49,86+0,02x	0,01	Y=16,42+0,01x	0,03	Y=22,61+0,03x
Середня t повітря, °C	0,75	Y=66,91 - 0,75x	0,02	Y=16,42+0,02x	- 0,64	Y=36,83 - 0,64x

1	2	3	4	5	6	7
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,01	$Y=49,82+0,01x$	0,03	$Y=4,29+0,03x$	0,04	$Y=2,81+0,04x$
ГТК	2,39	$Y=49,80+2,39x$	1,00	$Y=16,20+1,00x$	1,41	$Y=22,57+1,41x$
<i>A. oleraceus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,02	$Y=39,30+0,02x$	0,01	$Y=22,84+0,01x$	0,02	$Y=26,09+0,02x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	1,06	$Y=60,66 - 1,06x$	- 0,45	$Y=33,08 - 0,45x$	- 0,91	$Y=45,78 - 0,91x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,04	$Y=12,48+0,04x$	0,03	$Y=6,65+0,03x$	0,04	$Y=2,88+0,04x$
ГТК	1,95	$Y=43,49 - 1,95x$	0,60	$Y=22,95+0,60x$	0,75	$Y=26,28+0,75x$
<i>A. flaus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,04	$Y=44,53+0,04x$	0,01	$Y=18,32+0,01x$	0,01	$Y=19,83+0,01x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	0,86	$Y=64,70 - 0,86x$	- 0,02	$Y=19,35 - 0,02x$	1,08	$Y=1,92+1,08x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,02	$Y=69,86 - 0,02x$	0,03	$Y=7,81+0,03x$	0,04	$Y=4,76+0,04x$
ГТК	3,30	$Y=44,70+3,30x$	0,66	$Y=18,29+0,66x$	0,20	$Y=19,95+0,20x$
<i>A. mongostanus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,02	$Y=45,61+0,02x$	0,04	$Y=17,53+0,04x$	0,02	$Y=26,76+0,02x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	0,86	$Y=63,52 - 0,86x$	- 0,56	$Y=30,74 - 0,56x$	- 1,02	$Y=48,25 - 1,02x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,01	$Y=38,08+0,01x$	0,04	$Y=2,69+0,04x$	0,04	$Y=2,88+0,04x$
ГТК	0,25	$Y=47,27+0,25x$	1,84	$Y=17,47+1,84x$	0,88	$Y=26,95+0,88x$
<i>A. albus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,01	$Y=42,20+0,01x$	0,06	$Y=18,77+0,06x$	0,01	$Y=31,68+0,01x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	0,97	$Y=60,37 - 0,97x$	- 0,80	$Y=37,33 - 0,80x$	0,66	$Y=18,92+0,66x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,03	$Y=17,89+0,03x$	0,04	$Y=2,56+0,04x$	0,03	$Y=10,30+0,03x$
ГТК	2,59	$Y=45,97 - 2,59x$	3,00	$Y=18,54+3,00x$	0,88	$Y=31,82+0,88x$
<i>A. hypochondriacus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,02	$Y=51,46+0,02x$	0,03	$Y=19,84+0,03x$	- 0,01	$Y=23,34 - 0,01x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	0,93	$Y=72,22 - 0,93x$	- 1,59	$Y=54,23 - 1,59x$	0,84	$Y=6,70+0,84x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,01	$Y=66,44 - 0,01x$	0,05	$Y=0,06+0,05x$	0,04	$Y=5,33+0,04x$
ГТК	2,37	$Y=51,47+2,37x$	- 0,13	$Y=21,26 - 0,13x$	0,27	$Y=22,87+0,27x$
<i>A. bouchonii</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,07	$Y=34,71+0,07x$	0,04	$Y=21,04+0,04x$	0,04	$Y=27,30+0,04x$
Середня $t$ повітря, $^{\circ}\text{C}$	1,27	$Y=62,96 - 1,27x$	- 0,16	$Y=25,70 - 0,16x$	- 0,23	$Y=33,77 - 0,23x$
$\sum t_{\text{эф.}} > 10^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{C}$	0,04	$Y=8,19+0,04x$	0,01	$Y=15,11+0,01x$	0,04	$Y=3,30+0,04x$
ГТК	1,05	$Y=38,59+1,05x$	1,55	$Y=21,14+1,55x$	2,05	$Y=27,49+2,05x$
<i>A. chlorostachis</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,02	$Y=45,53+0,02x$	0,02	$Y=19,60+0,02x$	0,01	$Y=20,20+0,01x$

1	2	3	4	5	6	7
Середня t повітря, °C	0,99	Y=66,34 - 0,99x	- 0,29	Y=26,49 - 0,29x	- 0,52	Y=31,48 - 0,52x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,12	Y=63,60 - 0,12x	0,04	Y=4,11+0,04x	0,04	Y=2,91+0,04x
ГТК	2,04	Y=45,47+2,04x	0,83	Y=19,74+0,83x	0,56	Y=20,10+0,56x
<i>A. lividus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,01	Y=50,35 - 0,01x	0,01	Y=19,11+0,01x	- 0,01	Y=30,52 - 0,01x
Середня t повітря, °C	0,30	Y=56,02 - 0,30x	0,15	Y=16,23+0,15x	- 0,02	Y=30,82 - 0,02x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,01	Y=49,54+0,01x	0,03	Y=7,95+0,03x	0,01	Y=30,00+0,01x
ГТК	0,35	Y=50,69 - 0,35x	0,10	Y=19,20+0,10x	- 0,31	Y=30,52 - 0,31x
<i>A. elegans</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,04	Y=46,02+0,04x	0,01	Y=15,62+0,01x	0,01	Y=27,14+0,01x
Середня t повітря, °C	1,26	Y=74,71 - 1,26x	0,01	Y=15,57+0,01x	- 0,40	Y=35,50 - 0,40x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,02	Y=73,31 - 0,02x	0,03	Y=4,29+0,03x	0,03	Y=7,37+0,03x
ГТК	4,24	Y=45,82+4,24x	0,17	Y=15,70+0,17x	0,10	Y=27,19+0,10x
<i>A. deflexus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,01	Y=43,08+0,01x	0,02	Y=19,14+0,02x	0,02	Y=28,43+0,02x
Середня t повітря, °C	0,69	Y=57,20 - 0,69x	- 0,61	Y=32,48 - 0,61x	- 1,25	Y=55,03 - 1,25x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,02	Y=31,13+0,02x	0,03	Y=6,68+0,03x	0,05	Y=1,7+0,05x
ГТК	0,14	Y=44,28+0,14x	0,77	Y=19,22+0,77x	1,5	Y=28,43+1,5x
<i>A. mantegazzianus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,01	Y=57,77+0,01x	0,01	Y=25,74+0,01x	0,02	Y=31,14+0,02x
Середня t повітря, °C	0,78	Y=73,20 - 0,78x	- 0,01	Y=26,18 - 0,01x	- 0,20	Y=35,95 - 0,20x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,01	Y=58,63 - 0,01x	0,01	Y=23,83+0,01x	0,03	Y=15,8+0,03x1
ГТК	0,74	Y=57,46+0,74x	0,19	Y=25,76+0,19x	0,82	Y=31,27+0,82x
<i>A. blitoides</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,03	Y=41,36+0,03x	0,01	Y=21,05+0,01x	0,02	Y=24,36+0,02x
Середня t повітря, °C	0,91	Y=61,41 - 0,91x	0,19	Y=17,64+0,19x	- 0,94	Y=44,0 - 0,94x1
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,01	Y=38,26+0,01x	0,01	Y=14,81+0,01x	0,04	Y=5,12+0,04x
ГТК	1,52	Y=42,76+1,52x	0,48	Y=21,18+0,48x	0,92	Y=24,43+0,92x
<i>A. crispus</i>						
$\sum$ опадів, мм	0,02	Y=48,18+0,02x	0,05	Y=18,66+0,05x	- 0,02	Y=21,37 - 0,02x
Середня t повітря, °C	0,46	Y=59,37 - 0,46x	- 0,28	Y=26,34 - 0,28x	- 0,74	Y=35,58 - 0,74x
$\sum t \text{ еф.} > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ , °C	0,01	Y=59,89 - 0,01x	0,04	Y=2,97+0,04x	0,04	Y=2,73+0,04x
ГТК	2,06	Y=48,36+2,06x	2,28	Y=18,25+2,28x	- 0,89	Y=21,37 - 0,89x

Аналіз впливу погодних умов на тривалість окремих фаз розвитку показав, що у фазі сходів–бутонізації відбувається позитивна кореляція між тривалістю фази і кількістю опадів за період. Коефіцієнт кореляції змінювався від 0,69 в *A. crispus* до 0,01 в *A. lividus*. Тривалість фази від середньої температури повітря знаходиться у зворотній кореляції. Коефіцієнт кореляції змінюється в межах від –0,94 в *A. flaus* до –0,27 в *A. lividus*.

Сума ефективних температур вище 10°C по-різному впливає на тривалість фази вегетативного розвитку у видів амаранта. Характер кореляційної залежності змінюється від високої від’ємної в *A. flaus* –  $r = -0,85$  до високої позитивної в *A. bouchonii* –  $r = 0,74$ . Залежність тривалості фази вегетативного розвитку від ГТК змінюється від високої позитивної в *A. cruentus* –  $r = 0,77$  до слабкої від’ємної в *A. aureus*.

Детермінованість фази бутонізації кількістю опадів за період має позитивний характер і змінюється від 0,79 в *A. albus* до 0,11 в *A. elegans*, а залежність тривалості фази від середньої температури повітря коливається в межах 0,55 в *A. albus* до 0,29 в *A. blitoides*. Позитивну залежність встановлено між тривалістю фази бутонізації та сумою ефективних температур із диференціацією за видами від 0,98 в *A. hypochondriacus* до 0,25 в *A. mantegazzianus*. Залежність фази від ГТК також має позитивний характер із коливаннями від 0,77 в *A. albus* до 0,02 в *A. hypochondriacus*.

Тривалість фази цвітіння–достигання від кількості опадів залежно від виду може мати як позитивний, так і від’ємний характер, коефіцієнт кореляції змінювався від 0,69 в *A. caudatus* до –0,39 в *A. lividus*.

Вплив температури повітря на тривалість фази цвітіння–достигання змінювався у видів амаранта від позитивного в *A. flaus* –  $r = 0,46$  до від’ємного в *A. aureus* –  $r = -0,63$ . Вплив суми ефективних температур вище 10 °C на тривалість фази цвітіння–достигання в усіх видів позитивний, коефіцієнт кореляції змінювався від 0,96 в *A. aureus* до 0,05 в *A. lividus*. Характер залежності тривалості фази цвітіння–достигання від ГТК може змінюватися від позитивного до від’ємного. Середню позитивну залежність тривалості фази цвітіння–достигання від ГТК відмічено у виду *A. mantegazzianus*  $r = 0,51$ , від’ємна залежність  $r = -0,41$  – у виду *A. caudatus*.

Сукупність факторів (кліматичні, едафічні, антропогенні та ін.) і загальна продуктивність рослин – це єдина динамічна система,

характер та інтенсивність взаємозв'язку компонентів якої змінюються в часі.

Протягом періоду вегетації або онтогенезу рослин, як це було встановлено нами на видах амаранта для кліматичних факторів, ступінь впливу факторів приймає різні значення. У певні інтервали часу суттєвість впливу змінюється від одного фактора до іншого. У темпах росту і продуктивності рослини відображається сумарний ефект одночасної дії всього комплексу факторів середовища. Однак для оптимізації та прогнозування ефекту впливу умов середовища виникає необхідність виміру ступеня впливу окремих факторів, їх компонентів як у цілому, так і за часом. Для вирішення цього питання застосовують кореляційний аналіз, як показник впливу визначають коефіцієнт детермінації або кореляційне відношення. Такий підхід до вивчення ступеня впливу є досить простим, однак він має серйозні недоліки, які суттєво обмежують можливості його застосування.

Коефіцієнт детермінації або кореляційне відношення тільки тоді правильно відображають ступінь впливу фактора, коли вплив інших факторів елімінований. Виключення впливу окремих факторів є малоефективним через наявність міжфакторної взаємодії. При зміні хоча б одного компонента фону ступінь впливу фактора може бути іншим. Особливо це характерно для тих випадків, коли один або декілька факторів (компонентів) фону досягає крайніх значень. Наприклад, сила впливу такого фону, як вологість, на врожайність сільськогосподарських рослин, виявлена в інтервалі температури повітря 18–28 °С, різко змінюється при температурі 38–40 °С [214]. Інколи змінюється не тільки величина абсолютного значення, але й знак коефіцієнта кореляції, тому в умовах рухливого фону застосування цього методу може призвести до помилкових висновків.

Для визначення питомої ваги впливу факторів на темпи лінійного приросту зеленої маси амаранта використано метод, що запропонували Н.Я. Лієпа і Х.А. Мауріня, основою якого є регресійний аналіз [214].

Алгоритм визначення питомої ваги впливу фактора має такий вигляд:

$$G_j = \alpha |b_j C_{0j}|, \quad i=1, 2, \dots, k, \quad (3.3)$$

$$X_0 = a + \sum b_j X_j, \quad (3.4)$$

де  $X_0$  – ознака, яку вивчають;  $a$  – вільний член рівняння регресії;  $X_j$  – числове значення  $j$ -го фактора;  $k$  – кількість факторів, які

вивчають;  $b_j$  – коефіцієнт регресії  $j$ -го фактора;  $\alpha$  – постійний коефіцієнт для всіх факторів;

$$\alpha = \frac{R^2}{\sum_j |b_j C_{oj}|}, \quad (3.5)$$

де  $R^2$  – коефіцієнт множинної детермінації;

$$R^2 = \frac{N^2 \sum_j b_j C_{oj}}{N \sum_i X_{oi}^2 - (\sum_i X_{oi})^2}, \quad (3.6)$$

$i=1, 2, \dots, N$ , де  $N$  – кількість спостережень;  $X_{oi}$  – числове значення ознаки, яку вивчають,  $i$ -го спостереження;  $C_{oj}$  – коефіцієнт коваріації між ознакою, яку вивчають, та  $j$ -м фактором;

$$C_{oj} = \frac{N \sum_i X_{oi} X_{ij} - \sum_i X_{oi} \sum_i X_{ij}}{N^2}, \quad (3.7)$$

Показник питомої ваги впливу фактора  $G_j$  завжди має знак «+». Для того, щоб визначити напрямок дії  $j$ -го фактора, слід керуватися знаком коефіцієнта  $b_j$ . Якщо  $b_j > 0$ , то зі збільшенням числового значення  $j$ -го фактора збільшується значення ознаки  $X_o$ . Значення  $G_j$  змінюється в інтервалі  $0 < G_j < 1$ . Питому вагу впливу сумарної дії групи факторів визначають як сума питомої ваги цих факторів.

Проведене нами вивчення впливу суми ефективних температур вище  $10^\circ\text{C}$  і кількості опадів на темпи лінійного приросту зеленої маси у видів амаранта за фазами розвитку показало, що найбільший вплив як суми ефективних температур вище  $10^\circ\text{C}$ , так і кількості опадів відмічено у фазі бутонізації і становить у середньому 0,28 для суми ефективних температур вище  $10^\circ\text{C}$  і 0,40 для кількості опадів, при сумарному вкладі цих факторів  $G_{\text{сум.}}=0,68$ , що є свідченням значного їх впливу на темпи лінійного приросту зеленої маси амаранта (табл. 3.20).

Ураховуючи різне походження видів амаранта і тривалість їх перебування в умовах Лівобережного Лісостепу України, можна було б сподіватися на диференціацію видів за характером реакції на кліматичні умови зони. У результаті проведених досліджень встановлено відмінність між видами за реакцією лінійного приросту зеленої маси як на температуру, так і на вологу.

Найбільш чутливим до суми ефективних температур вище  $10^\circ\text{C}$  у фазі бутонізації був вид *A. mantegazzianus* –  $G_y=0,94$ , найменш чутливим – *A. deflexus* –  $G_y=0,06$ . Підвищена чутливість до вологи у

цей період була характерна для *A. spinosus*  $G_z=0,70$ , низький рівень чутливості відмічено для *A. mantegazzianus*  $G_z=0,03$ .

Таблиця 3.20

**Показники впливу погодних умов на темпи лінійного приросту зеленої маси за фазами розвитку у видів амаранта 1992–2001 рр.**

Вид амаранта	Фази розвитку								
	вегетативного розвитку			бутонізації			цвітіння–достигання		
	Темпи приросту за добу, см	$гху*z$	$гхz*у$	Темпи приросту за добу, см	$гху*z$	$гхz*у$	Темпи приросту за добу, см	$гху*z$	$гхz*у$
<i>A. cruentus</i>	1,0	0,2	0,5	3,1	0,5	0,7	0,9	0,2	0,1
<i>A. aureus</i>	1,1	0,4	0,2	3,6	0,5	0,8	0,9	0,5	0,2
<i>A. pivelegenus</i>	1,0	0,4	0,1	3,3	0,5	0,5	0,9	0,2	0,2
<i>A. hibridus</i>	0,9	0,3	0,6	3,4	0,8	0,8	0,9	0,0	0,3
<i>A. caudatus</i>	0,9	- 0,3	- 0,2	2,7	0,9	0,8	1,0	0,3	0,2
<i>A. spinosus</i>	1,1	0,2	0,1	3,6	0,4	0,8	1,0	0,2	0,2
<i>A. oleraceus</i>	1,0	0,0	- 0,4	3,8	0,5	0,6	0,8	0,0	0,4
<i>A. flaus</i>	1,1	0,4	0,7	3,6	0,6	0,8	0,9	0,3	0,0
<i>A. mangostanus</i>	1,2	0,4	0,2	3,4	0,6	0,9	0,8	0,1	0,2
<i>A. albus</i>	1,0	0,2	0,0	3,4	0,6	0,5	0,8	0,2	0,2
<i>A. hypochondriacus</i>	0,9	0,7	0,6	2,9	0,8	0,6	0,8	0,0	0,1
<i>A. bouchonii</i>	1,2	0,0	- 0,3	4,8	0,1	0,2	0,8	- 0,1	- 0,1
<i>A. chlorostachis</i>	1,1	0,1	- 0,3	3,9	0,5	0,7	0,8	0,2	0,4
<i>A. lividus</i>	1,2	- 0,2	- 0,2	3,2	0,4	0,7	0,8	- 0,1	0,5
<i>A. elegans</i>	1,0	0,2	0,2	3,4	0,5	0,8	0,9	0,0	0,3
<i>A. deflexus</i>	1,2	0,2	0,2	3,6	0,3	0,9	1,0	0,3	0,1
<i>A. mantegazzianus</i>	0,8	0,1	0,2	2,3	0,9	- 0,1	1,0	0,1	0,1
<i>A. blitoides</i>	1,1	0,2	0,1	3,7	0,6	0,7	0,8	- 0,4	0,7
<i>A. crispus</i>	1,1	0,2	- 0,1	3,5	0,4	0,7	0,9	0,2	0,3

Примітка:  $гху*z$  – частковий коефіцієнт кореляції між лінійним приростом зеленої маси амаранта і сумою ефективних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$ ;  $гхz*у$  – частковий коефіцієнт кореляції між лінійним приростом зеленої маси амаранта і кількістю опадів за фазами розвитку

Визначення сумарного показника питомої ваги кліматичних факторів показало, що найбільш залежним від суми ефективних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$  і кількості опадів є *A. mantegazzianus*  $G_{\text{сум.}}=0,97$ , найменш залежним *A. bouchonii*  $G_{\text{сум.}}=0,14$ . Вклад суми



ефективних температур вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  і кількості опадів у темпи лінійного приросту зеленої маси видів амаранта у фазах вегетативного розвитку і цвітіння–достигання був незначним –  $G_{\text{сум.}}$  дорівнював відповідно 0,17 і 0,16.

У фазі вегетативного розвитку найбільш чутливим до суми ефективних температур був *A. hypochondriacus* –  $G_y=0,5$ , найменш чутливими були *A. oleraceus*, *A. bouchonii* і *A. mantegazzianus* –  $G_y=0,01$ .

Суттєву залежність від вологи у фазі вегетативного розвитку встановлено для *A. cruentus*  $G_z=0,3$ ; вона відсутня в *A. pivlegenus* –  $G_z=0,0$ .

Найнижчий сумарний показник питомої ваги кліматичних факторів у фазі сходів–бутонізації було встановлено для *A. albus* –  $G_{\text{сум.}}=0,05$ , найвищий – для *A. hypochondriacus* –  $G_{\text{сум.}}=0,57$ .

У фазі цвітіння – достигання найбільшим показником питомої ваги суми ефективних температур вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  у лінійному прирості зеленої маси характеризувався *A. aureus* –  $G_y=0,29$ , відсутністю залежності – *A. hybridus* –  $G_y=0,0$ .

Значний внесок кількості опадів у темпи лінійного приросту зеленої маси амаранта було встановлено для *A. blitoides* –  $G_z=0,44$ , незначний – для *A. cruentus*, *A. flaus*, *A. bouchonii* –  $G_z=0,01$ .

Найвищий сумарний внесок кліматичних факторів у цій фазі розвитку визначено для *A. blitoides* –  $G_{\text{сум.}}=0,46$ , найнижчий – для *A. bouchonii* –  $G_{\text{сум.}}=0,02$ .

За результатами вивчення впливу погодних умов на темпи лінійного приросту зеленої маси за фазами розвитку у видів амаранта проведено інтегровану оцінку дії кількості опадів і суми ефективних температур  $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . З використанням ієрархічного кластерного аналізу [172] (рис. 3.11) і аналізу методом К-середніх (рис. 3.12, 3.13) види були розділені на три групи і три окремих види за показниками питомої ваги обох факторів за такими фазами розвитку: вегетативного розвитку (I), бутонізації (II) та цвітіння – достигання (III).

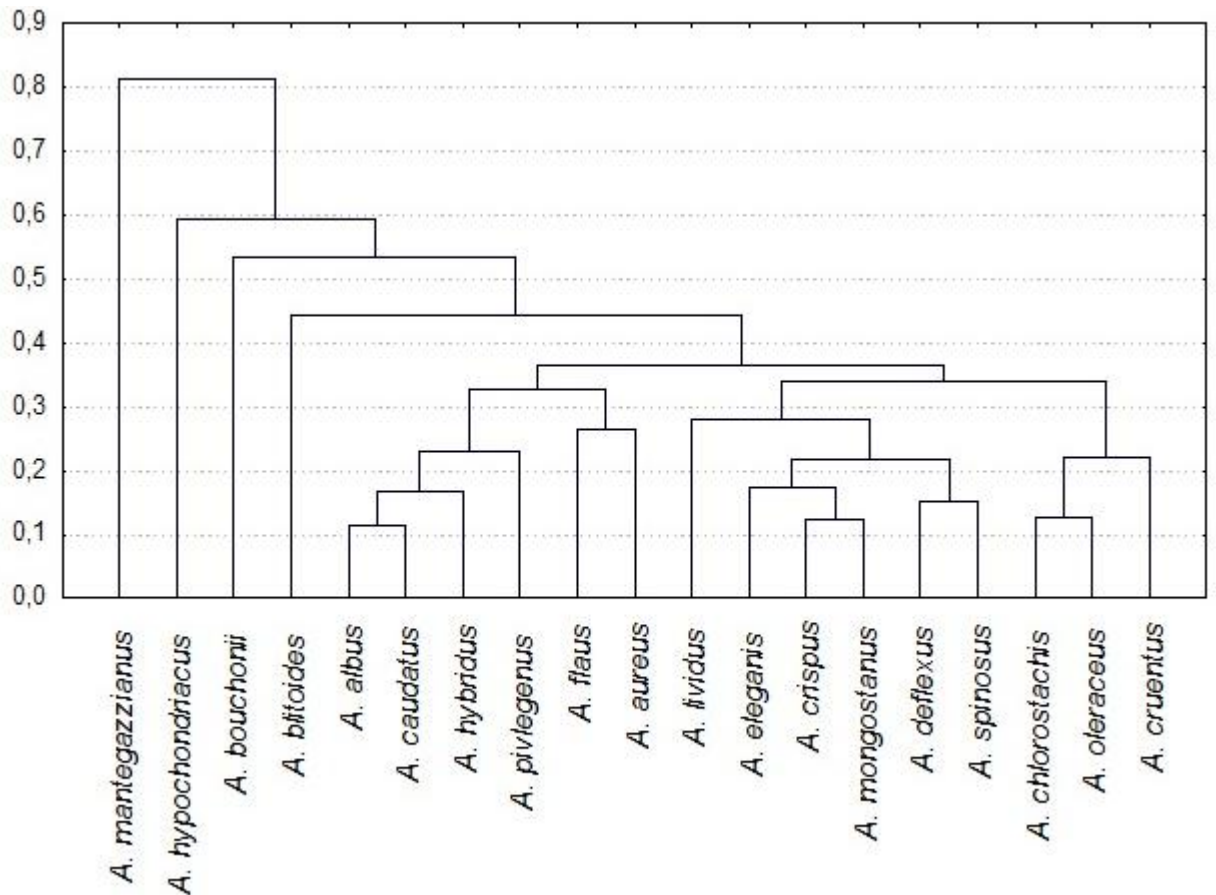


Рис. 3.11. Дендрограма евклідових відстаней між видами амаранта

За показниками питомої ваги кількості опадів ( $G_z$ ) та суми ефективних температур  $>10\text{ }^\circ\text{C}$  ( $G_y$ ) за фазами розвитку в лінійному прирості зеленої маси значно відрізнялися від інших три види: *A. hypochondriacus*, *A. bouchonii*, *A. mantegazzianus*.

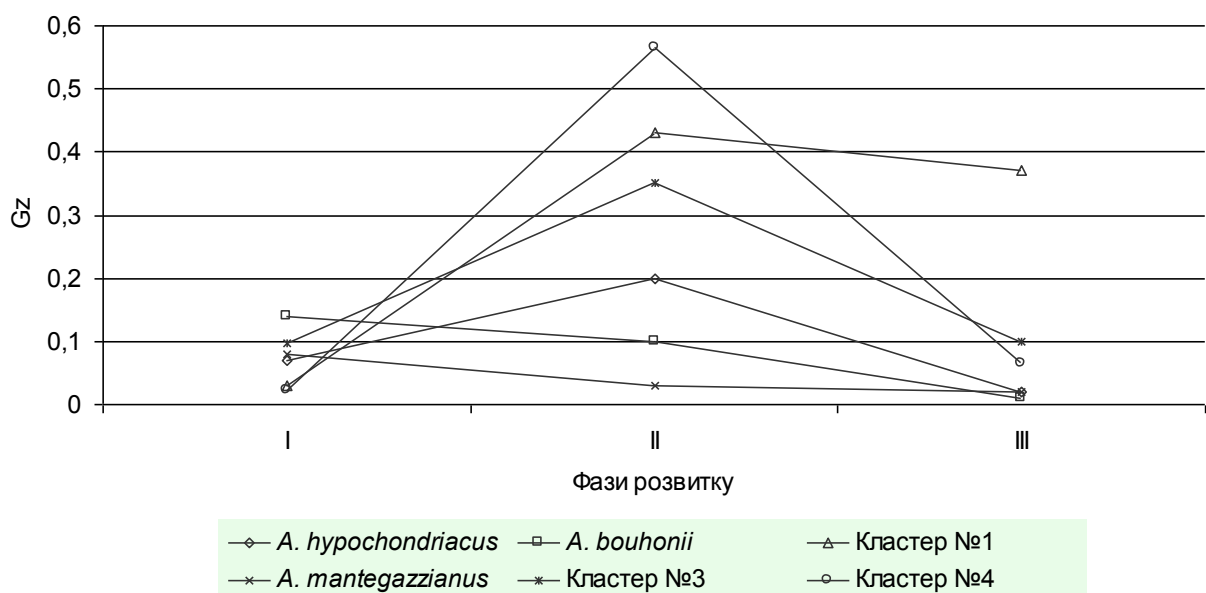


Рис. 3.12. Графік К-середніх значень  $G_z$  за кластерами, виділеними на основі показників  $G_z$  та  $G_y$

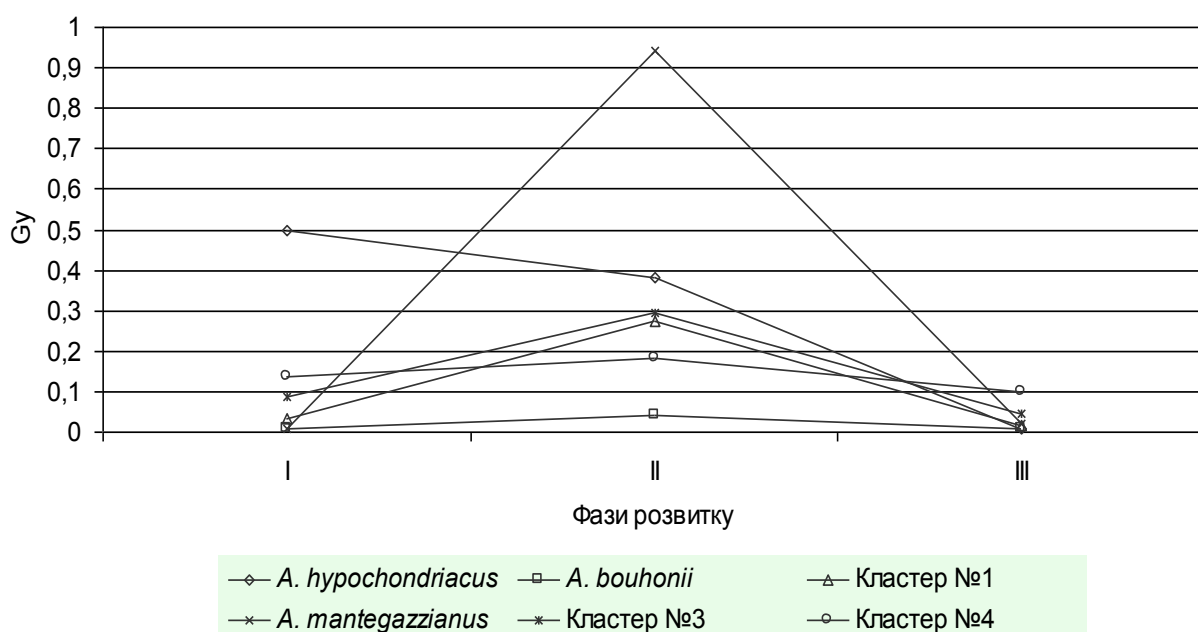


Рис. 3.13. Графік К-середніх значень  $G_y$  за кластерами, виділеними на основі показників  $G_z$  та  $G_y$

До кластера № 1 увійшли *A. lividus* і *A. blitoides*. Кластер № 2 містив сім видів: *A. cruentus*, *A. pivlegenus*, *A. hybridus*, *A. caudatus*, *A. oleraceus*, *A. albus*, *A. chlorostachis*. Парними, найбільш близькими за відстанню, тобто подібними за питомою вагою обох факторів у лінійному прирості, були *A. oleraceus* і *A. chlorostachis*, а також *A. caudatus* і *A. albus*. До третьої групи були віднесені парні *A. aureus* і *A. flaus*, *A. mongostanus* і *A. crispus*, *A. spinosus* і *A. deflexus*, окремий вид *A. elegans*.

Середні значення показників питомої ваги факторів за трьома групами та окремими видами наведено в табл. 3.21.

Таблиця 3.21

### Середні значення показників питомої ваги погодних умов у лінійному прирості зеленої маси амаранта за кластерами

Фаза розвитку	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. bouhonii</i>	<i>A. mantegazzianus</i>	Кластери		
				1	2	3
<b><math>G_z</math></b>						
Веgetативного розвитку (I)	0,07	0,14	0,03	0,08	0,10	0,02
Бутонації (II)	0,20	0,10	0,43	0,03	0,35	0,57
Цвітіння–достигання (III)	0,02	0,01	0,37	0,02	0,10	0,07
<b><math>G_y</math></b>						
Веgetативного розвитку (I)	0,50	0,01	0,03	0,01	0,09	0,14
Бутонації (II)	0,38	0,04	0,28	0,94	0,29	0,18
Цвітіння–достигання (III)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10

За наведеними даними побудовано графіки К-середніх окремо для показника питомої ваги кількості опадів ( $G_z$ ) за фазу розвитку в лінійному прирості зеленої маси груп видів амаранта (рис. 3.14) і для показника питомої ваги суми ефективних температур  $>10^\circ\text{C}$  ( $G_y$ ) (рис. 3.15). Виявлено значну диференціацію видів за показниками впливу погодних умов на темпи приросту зеленої маси, а також за фазами розвитку, особливо за фазою бутонізації (II).

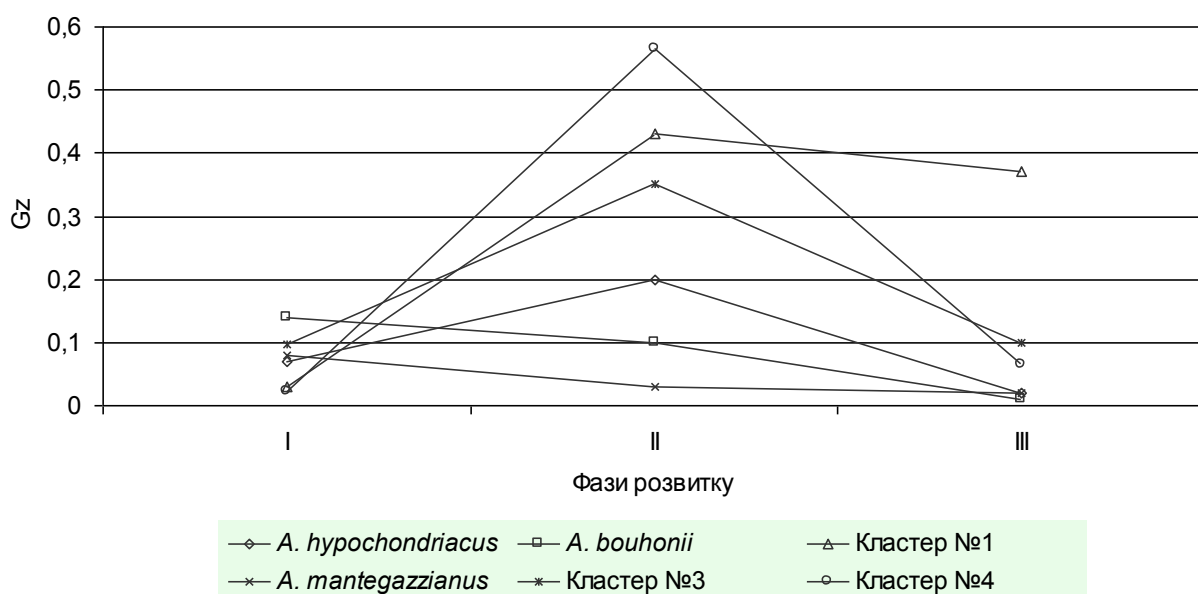


Рис. 3.14. Графік К-середніх значень  $G_z$  за кластерами, виділеними на основі показників  $G_z$  та  $G_y$

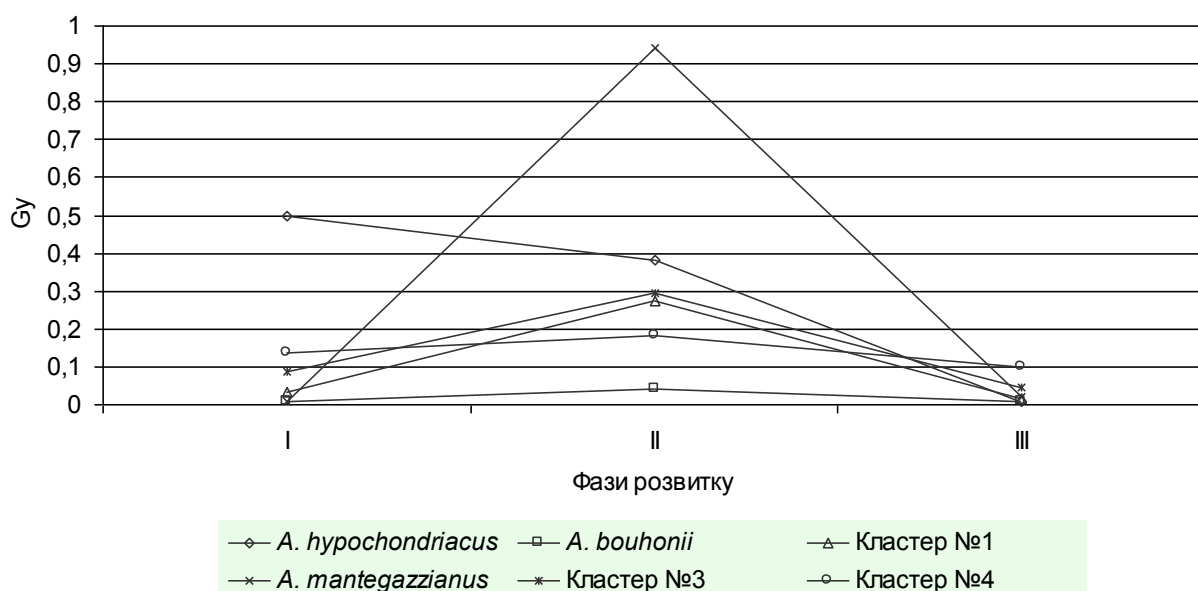


Рис. 3.15. Графік К-середніх значень  $G_y$  за кластерами, виділеними на основі показників  $G_z$  та  $G_y$

Зокрема, найменшу питому вагу кількості опадів ( $G_z$ ) спостерігали у видів кластера № 3 у фазі вегетативного розвитку (0,02), а найбільшу – у фазі бутонізації у видів цієї групи (0,57). Кількість опадів за фазу цвітіння–достигання на темпи лінійного приросту зеленої маси мала найбільший вплив у видів кластера № 1 ( $G_z=0,37$  у середньому за видами). Незначний вплив на приріст зеленої маси мала кількість опадів протягом трьох вивчених фаз у видів *A. bouchonii* і *A. mantegazzianus*. Середнє положення займали види кластера № 2 (показники питомої ваги кількості опадів – 0,10, 0,35, 0,10 у середньому за видами відповідно за фази I, II, III). Інша залежність приросту зеленої маси була від суми ефективних температур  $>10$  °C ( $G_y$ ). У протилежність питомій вазі кількості опадів показник  $G_y$  у виду *A. mantegazzianus* мав найвище значення у фазі бутонізації (0,94) та найменше – у фазах вегетативного розвитку і цвітіння–достигання (0,01 та 0,02 відповідно). Приріст зеленої маси в *A. hypochondriacus* за фазу вегетативного розвитку набагато більше залежить від  $G_y$ , ніж від  $G_z$ , але ці показники знаходяться на одному рівні за фазу цвітіння–достигання – 0,02 та 0,01. Показник питомої ваги суми ефективних температур  $>10$  °C за весь період розвитку не перевищує 0,3 у видів із виділених кластерів.

Приріст зеленої маси видів кластера № 3 однаковою мірою залежить від  $G_y$  за всі фази розвитку (0,14; 0,18; 0,09). У видів кластерів № 1 та № 2 цей показник незначний у першій і третій фазах та значно підвищується за другу фазу розвитку.

Проведений аналіз дозволяє стверджувати про великий вплив погодних умов на ріст і розвиток рослин амаранта, диференціацію між видами за реакцією на зміну температурного фактора та ступінь зволоженості, що може бути свідченням їх відмінності за адаптивним потенціалом.

### **3.7. Екологічна пластичність і стабільність продуктивності видів амаранта**

Здатність до економного й ефективного використання факторів середовища – властивість високоадаптованого генотипу [135; 162]. Сільському господарству України потрібні культури і сорти з підвищеною екологічною стабільністю, оскільки більшість регіонів України, у т.ч. і Лівобережжя Лісостепу України, розміщені в зоні нестійкого землеробства [49–51; 162]. Виявити високоадаптований

генотип можливо після оцінки впливу на нього екологічних факторів, його відповіді на стресову дію.

Адаптаційний процес відбувається в межах генетичної норми реакції та забезпечується найважливішими системами постійної і безперервної регуляції основних процесів життєдіяльності організмів, а також підтримується прийомами технології.

Для визначення адаптивного потенціалу генотипу рослин необхідні широкі екологічні дослідження або, якщо мова йде про пристосованість його до певної ґрунтово-кліматичної зони, багаторічні дослідження з вивчення взаємодії генотипу з умовами цієї зони [162].

З метою визначення видів амаранта, найбільш адаптованих до умов Лівобережного Лісостепу України, і подальшого прогнозу щодо їх використання було застосовано статистичний метод Ебертхарта-Рассела в модифікації В.З. Пакудіна [287; 479].

Специфічність реакції видів на конкретні ліміти середовища визначали за дисперсією розсіювання від лінії регресії, а кількісну оцінку адаптивних реакцій видів проводили через ступінь вираженості регресії значень виду на середнє значення ознаки в конкретній екологічній ситуації. За характером реакції видів ( $b_i$ ,  $S_i^2$ ) на зміну погодних умов, а в кінцевому результаті – на можливий спектр лімітів екологічних факторів у певному регіоні проводили оцінку адаптивного потенціалу конкретного року і виду. Коефіцієнт загальної пластичності ( $b_i$ ) дає змогу оцінити ступінь вираженості реакції на зміну умов середовища, що рівнозначно ступеню генетичного захисту врожаю від існуючого спектра лімітів середовища, а варіанса специфічної пластичності ( $S_i^2$ ) – визначити характер мінливості, зумовлений внутрішніми генетичними процесами й охарактеризувати ступінь однозначності реакції середовища.

Облік урожайності зеленої маси видів амаранта показав, що в групі досліджуваних видів найбільш урожайним був *A. hybridus* (у середньому 48,3 т/га). Найнижчий рівень урожайності мав *A. bouchonii* – 24,8 т/га (табл. 3.22).

Індекс середовища, який відображає сприятливість умов у пункті порівняно з середнім по досліді, змінювався від 11,45 у 1993 р. до –11,07 у 1999 р. Це свідчить про вплив фактора «погодні умови» на врожайність зеленої маси.

Таблиця 3.22

**Урожайність зеленої маси видів амаранта (т/га) та показники її екологічної пластичності та стабільності**

Вид амаранта	Роки									$\bar{x}$	$b_i$	$S_i^2$
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2000	2001			
<i>A. cruentus</i>	69,0	46,0	48,0	40,0	40,0	41,0	32,0	43,0	40,0	44,3	0,81	82,6
<i>A. aureus</i>	35,0	35,0	22,0	27,0	15,0	34,0	18,0	43,0	20,0	27,7	1,10	33,7
<i>A. pivlegenus</i>	30,0	46,0	48,0	18,0	40,0	41,0	16,0	34,0	38,0	34,6	0,75	115,2
<i>A. hybridus</i>	48,0	85,0	41,0	40,0	44,0	45,0	45,0	42,0	45,0	48,3	1,22	135,9
<i>A. caudatus</i>	27,0	28,0	13,0	35,0	34,0	18,1	17,1	30,3	28,2	25,6	0,27	64,7
<i>A. spinosus</i>	34,0	85,0	22,0	25,0	33,0	32,0	20,0	49,0	15,0	35,0	2,32	202,0
<i>A. oleraceus</i>	37,8	26,0	20,0	34,8	7,9	34,0	25,0	41,0	24,0	27,8	0,69	93,2
<i>A. flavus</i>	30,9	35,0	22,0	19,9	13,8	37,8	22,0	29,0	20,0	25,6	0,79	36,1
<i>A. mongostanus</i>	34,8	66,0	23,0	26,9	18,9	41,0	26,0	35,0	24,0	32,8	1,56	91,3
<i>A. albus</i>	32,0	28,0	20,0	20,9	27,9	30,9	12,9	33,0	40,0	27,3	0,69	47,9
<i>A. hypochondriacus</i>	42,0	48,0	44,0	36,1	30,1	39,9	30,0	30,0	49,0	38,8	0,49	52,7
<i>A. bouhonii</i>	38,0	18,0	11,0	20,1	9,1	17,2	25,0	57,0	28,0	24,8	0,93	204,5
<i>A. chlorostachis</i>	50,1	36,0	24,0	32,1	38,2	20,0	25,0	47,0	30,0	33,6	0,80	83,3
<i>A. lividus</i>	41,2	29,0	28,0	28,2	17,2	26,3	10,0	40,0	34,0	28,2	1,06	48,7
<i>A. elegans</i>	32,2	51,0	38,0	21,1	30,0	33,1	10,0	31,0	40,2	31,8	1,21	68,7
<i>A. deflexus</i>	30,1	42,0	24,0	18,6	22,4	19,0	20,0	31,1	18,0	25,0	0,91	24,4
<i>A. mantegazzianus</i>	48,1	26,0	21,0	40,2	44,2	54,3	8,0	50,0	62,0	39,3	0,87	306,1
<i>A. blitoides</i>	38,1	48,0	43,0	17,1	22,0	33,0	15,0	40,0	19,1	30,6	1,38	66,9
<i>A. crispus</i>	32,2	53,0	35,0	26,0	19,0	29,0	26,0	42,0	27,0	32,1	1,15	40,4
Індекс середовища, Ij	6,16	11,45	-3,50	-4,55	-5,62	0,69	-11,07	7,05	-0,63			
НІР05	2,8	1,4	1,3	0,8	0,4	0,4	0,6	0,7	3,7			

За результатами дисперсійного аналізу було встановлено, що вклад фактора «погодні умови» становив 25,8 %, фактора «вид» – 24,1 %, а взаємодія факторів дорівнювала 48,9 %, що свідчить про вирішальне значення взаємодії факторів у формуванні продуктивності зеленої маси амаранта.

За даними, наведеними у табл. 3.22, види амаранта розрізняють за рівнем екологічної пластичності і стабільності. Зокрема, до групи інтенсивного типу за урожайністю зеленої маси належать види: *A. aureus*, *A. hybridus*, *A. spinosus*, *A. mongostanus*, *A. elegans*, *A. blitoides*, *A. crispus*. Серед них найвищий рівень урожайності зеленої маси мав вид *A. hybridus* – 48,3 т/га при 32,3 т/га в середньому у досліді ( $b=1,22$ ;  $S^2_i=135,9$ ).

До групи видів з середнім рівнем екологічної пластичності належать види: *A. cruentus*, *A. pivlegenus*, *A. oleraceus*, *A. flaus*, *A. albus*, *A. bouchonii*, *A. chlorostachis*, *A. deflexus*, *A. mantegazzianus*, *A. lividus*. Найвищий рівень урожайності в цій групі в середньому за роки досліджень встановлено у *A. cruentus* – 44,3 т/га.

До групи видів з нейтральною реакцією на умови середовища (екстенсивного типу) належать *A. caudatus* та *A. hypochondriacus*. Найбільш урожайним у цій групі був *A. hypochondriacus* – 38,8 т/га при  $S^2_i=52,7$ .

Визначення практичної значимості видів і пристосованості їх до умов зони лівобережного лісостепу України на основі методики Б.П. Гур'єва, П.П. Літуна, І.А. Гур'євої [116] показало, що серед групи видів, які вивчались в досліді, найбільший рівень прояви врожайності зеленої маси мали види *A. cruentus*, *A. hybridus*, *A. hypochondriacus* і *A. mantegazzianus* (ранг 1) (табл. 3.23).

Найбільш високу стабільність продукційного процесу в конкретному експерименті показав вид *A. hypochondriacus* (ранг 1). Дещо нижчим рівнем пристосованості характеризувалися види *A. cruentus* і *A. hybridus* (ранг 2) при загальній сумі рангів 3. Вид *A. mantegazzianus* поступався їм за рівнем продукційного процесу.

Аналіз урожайності насіння (табл. 3.24) показав, що серед видів, які вивчались в досліді, найбільш урожайними були *A. hypochondriacus* і *A. chlorostachis*. Їхня середня урожайність за роки досліджень становила 1,70 т/га, за середньої урожайності в досліді 1,31 т/га.



**Оцінка адаптивних властивостей видів амаранта  
за врожайністю зеленої маси, 1992 – 2001 рр.**

Вид	Урожайність, т/га	Генетичний ефект		Рівень пластичності		Сума рангів
		$\epsilon_i$	ранг	$R_i$	ранг	
<i>A. cruentus</i>	44,3	12,0	1	0,81	2	3
<i>A. aureus</i>	27,7	- 4,6	2	1,10	2	4
<i>A. pivlegenus</i>	34,6	2,3	2	0,75	2	4
<i>A. hybridus</i>	48,3	16,0	1	1,22	2	3
<i>A. caudatus</i>	25,6	- 6,7	3	0,27	1	4
<i>A. spinosus</i>	35,0	2,7	2	2,32	3	5
<i>A. oleraceus</i>	27,8	- 4,5	2	0,69	2	4
<i>A. flavus</i>	25,6	- 6,7	3	0,79	2	5
<i>A. mongostanus</i>	32,8	0,5	2	1,56	3	5
<i>A. albus</i>	27,3	5,0	2	0,69	2	4
<i>A. hypochondriacus</i>	38,8	6,5	1	- 0,49	1	2
<i>A. bouhonii</i>	24,8	7,5	3	0,93	2	5
<i>A. chlorostachis</i>	33,6	1,3	2	0,80	2	4
<i>A. lividus</i>	28,2	4,1	2	1,06	2	4
<i>A. elegans</i>	31,8	- 0,5	2	1,21	2	4
<i>A. deflexus</i>	25,0	7,3	3	0,91	2	5
<i>A. mantegazzianus</i>	39,3	7,0	1	0,87	2	3
<i>A. blitoides</i>	30,6	1,7	2	1,38	3	5
<i>A. crispus</i>	32,1	0,2	2	1,15	2	4

Індекс середовища, який змінювався від 0,82 до -0,40, свідчить про вплив фактора «погодні умови» на урожайність насіння. За результатами дисперсійного аналізу його вплив становить 28,9 %, фактора «вид» – 19,3 %, а взаємодія факторів дорівнює 48,9 %, що свідчить про більше значення взаємодії факторів у формуванні продуктивності насіння видів амаранта порівняно з впливом будь-якого окремого.

На підставі визначених показників екологічної пластичності та стабільності урожайності насіння видів амаранта можна розподілити таким чином: група видів інтенсивного типу: *A. cruentus*, *A. aureus*, *A. pivlegenus*, *A. spinosus*, *A. mongostanus*, *A. bouchonii*; група видів з середнім рівнем екологічної пластичності: *A. oleraceus*, *A. flavus*, *A. albus*, *A. hypochondriacus*, *A. chlorostachis*, *A. elegans*, *A. deflexus*, *A. crispus*, *A. mantegazzianus* (за недостатньої суми активних температур в окремі роки цей вид взагалі не давав насіння); група видів екстенсивного типу: *A. hybridus*, *A. caudatus*, *A. lividus*.

Таблиця 3.24

## Урожайність насіння видів амаранта (т/га) та показники її екологічної пластичності і стабільності

Вид	Роки									$\bar{x}$	$b_i$	$S_i^2$
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2000	2001			
<i>A. cruentus</i>	2,8	0,8	1,1	1,5	0,7	1,0	0,5	3,0	0,9	1,37	2,05	0,19
<i>A. aureus</i>	2,0	0,8	1,6	1,0	1,1	1,9	0,9	2,1	0,6	1,33	1,22	0,11
<i>A. pivlegenus</i>	2,2	0,4	1,5	1,1	1,0	1,4	1,1	3,4	1,3	1,49	2,00	0,12
<i>A. hybridus</i>	0,4	1,3	0,9	1,2	1,2	1,7	1,6	1,3	1,4	1,22	-0,18	0,16
<i>A. caudatus</i>	0,9	0,9	1,2	1,6	1,0	0,9	0,8	1,0	1,4	1,08	-0,11	0,08
<i>A. spinosus</i>	1,9	0,9	0,9	1,5	0,9	2,3	1,5	2,3	0,8	1,44	1,35	0,10
<i>A. oleraceus</i>	2,0	1,3	0,8	1,6	0,6	1,2	1,5	2,1	1,0	1,34	1,02	0,11
<i>A. flavus</i>	1,8	0,5	0,8	1,8	0,3	1,4	1,8	1,9	0,9	1,24	1,14	0,22
<i>A. mongostanus</i>	2,8	0,8	0,8	1,2	0,8	2,0	1,1	2,9	1,1	1,50	2,08	0,04
<i>A. albus</i>	1,6	1,1	1,6	0,9	0,7	1,4	1,0	2,2	0,7	1,24	1,05	0,09
<i>A. hypochondriacus</i>	2,2	1,6	1,7	1,4	1,9	2,0	1,1	2,1	1,3	1,70	0,67	0,09
<i>A. bouhonii</i>	1,9	0,9	0,8	0,9	0,8	1,3	1,0	2,5	0,9	1,22	1,45	0,02
<i>A. chlorostachis</i>	2,4	1,0	0,9	1,1	2,5	2,3	1,3	2,6	1,2	1,70	1,27	0,32
<i>A. lividus</i>	2,0	1,2	1,1	1,4	1,7	1,2	1,0	1,4	1,2	1,36	0,35	0,10
<i>A. elegans</i>	1,5	1,1	1,4	1,0	1,3	1,4	1,0	1,5	0,8	1,22	0,44	0,04
<i>A. deflexus</i>	1,1	0,2	0,9	0,7	0,6	1,0	-	1,1	1,3	0,86	0,57	0,10
<i>A. mantegazzianus</i>	-	0,9	-	-	0,3	-	1,8	-	1,5	1,13	-0,83	0,91
<i>A. blitoides</i>	2,4	1,0	1,0	1,0	0,4	1,5	0,8	2,5	1,1	1,30	1,67	0,07
<i>A. crispus</i>	0,6	1,0	1,0	1,2	1,3	1,6		2,7	1,2	1,33	1,01	0,32
Індекс середовища, Ij	0,48	-0,40	-0,22	-0,10	-0,32	0,20	-0,16	0,82	-0,24			
HIPO5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2			

Визначення практичної значущості видів за врожайністю зерна і пристосованістю до умов зони показало, що найвищу стабільність продукційного процесу виявили види *A. hypochondriacus* (сума рангів 2) та *A. hybridus*, *A. caudatus*, *A. lividus*, *A. elegans* (сума рангів 3) (табл. 3.25).

Таблиця 3.25

**Оцінка адаптивних властивостей видів амаранта  
за врожайністю насіння, 1992–2001 рр.**

Вид	Урожайність, т/га	Генетичний ефект		Рівень пластичності		Сума рангів
		$\varepsilon_i$	ранг	$R_i$	ранг	
<i>A. cruentus</i>	1,37	0,06	2	2,05	3	5
<i>A. aureus</i>	1,33	0,02	2	1,22	3	5
<i>A. pivlegenus</i>	1,49	0,18	2	2,00	3	5
<i>A. hybridus</i>	1,22	- 0,09	2	- 0,18	1	3
<i>A. caudatus</i>	1,08	- 0,23	2	- 0,11	1	3
<i>A. spinosus</i>	1,44	0,13	2	1,35	3	5
<i>A. oleraceus</i>	1,34	0,03	2	1,02	2	4
<i>A. flavus</i>	1,24	- 0,07	2	1,14	2	4
<i>A. mongostanus</i>	1,50	0,19	2	2,08	3	5
<i>A. albus</i>	1,24	- 0,07	2	1,05	2	4
<i>A. hypochondriacus</i>	1,70	0,39	1	0,67	1	2
<i>A. bouhonii</i>	1,22	- 0,09	2	1,45	3	5
<i>A. chlorostachis</i>	1,70	0,39	1	1,27	3	4
<i>A. lividus</i>	1,36	0,05	2	0,35	1	3
<i>A. elegans</i>	1,22	- 0,09	2	0,44	1	3
<i>A. deflexus</i>	0,86	- 0,45	3	0,57	1	4
<i>A. mantegazzianus</i>	1,13	- 0,18	2	- 0,83	2	4
<i>A. blitoides</i>	1,30	- 0,01	2	1,67	3	5
<i>A. crispus</i>	1,33	0,02	2	1,01	2	4

Серед них найвищий рівень продукційного процесу мав вид *A. hypochondriacus* (ранг 1). Цей вид також характеризувався високим рівнем стабільності (ранг 1). Високий рівень пристосованості до умов зони був характерний для видів *A. hybridus*, *A. caudatus*, *A. lividus* і *A. elegans*, але вони поступалися виду *A. hypochondriacus* за рівнем урожайності.

Комплексна оцінка адаптивних властивостей видів амаранта за продуктивністю зеленої маси та насіння дозволила виділити з 19 видів, що вивчали в досліді, один – *A. hypochondriacus*, який може бути рекомендований для умов Лівобережного Лісостепу України як вид з високим адаптивним потенціалом кормових і зернових властивостей.

Таким чином, проведені дослідження дозволили розділити види амаранта на групи за типом реакції на зміну умов навколишнього середовища, а також визначити напрямок використання найбільш перспективних з них в умовах Лівобережного Лісостепу України.

### 3.8. Інтродукційна стійкість і перспективність введення в культуру деяких видів амаранта

Визначення інтродукційної стійкості видів амаранта до умов зони Лівобережного Лісостепу України здійснювали на основі вивчення фенології культури і її оцінки з використанням політипової шкали [137]. Ступінь відхилення об'єкта від норми за тривалістю фаз вегетації встановлювали через показник аномальності:

$$\Phi_i = 1/n \sum (a_i - \mu_1) / \delta_i, \quad (3.8)$$

де  $\Phi_i$  – показник аномальності;  $n$  – кількість ознак;  $a_i$  – окремі значення ознаки;  $\mu_1$  – середня арифметична величина ознаки;  $\delta_i$  – середнє квадратичне відхилення ознаки.

Оцінку комплексного показника аномальності  $\Phi_i$  проводили за 15 балами (табл. 3.26).

Таблиця 3.26

#### Фенологія видів амаранта, 1992–2000 рр.<sup>1</sup>

Пор. №	Вид амаранта	Тривалість фази розвитку, днів			$\Phi_i$ , показник аномальності	Кількість балів
		вегетативного розвитку	бутонізація	цвітіння – досягання		
1	2	3	4	5	6	7
1	<i>A. cruentus</i>	51	17	25	- 0,37	7
2	<i>A. aureus</i>	48	20	32	0,47	9
3	<i>A. pivlegenus</i>	50	17	28	- 0,21	8
4	<i>A. hybridus</i>	46	23	29	0,37	9
5	<i>A. caudatus</i>	60	23	18	0,42	9
6	<i>A. spinosus</i>	52	17	24	- 0,38	7
7	<i>A. oleraceus</i>	41	25	26	0,08	8
8	<i>A. flaus</i>	49	19	20	- 0,62	7
9	<i>A. mongostanus</i>	48	19	27	- 0,16	8
10	<i>A. albus</i>	43	21	32	0,16	8
11	<i>A. hypochondriacus</i>	54	21	23	0,17	8
12	<i>A. bouchonii</i>	40	22	29	- 0,13	8

<sup>1</sup> Крім 1998 р.

1	2	3	4	5	6	7
13	<i>A. chlorostachis</i>	48	20	21	- 0,49	7
14	<i>A. lividus</i>	50	19	32	0,34	9
15	<i>A. elegans</i>	51	16	27	- 0,35	7
16	<i>A. deflexus</i>	44	20	30	- 0,06	8
17	<i>A. mantegazzianus</i>	58	22	31	- 1,14	10
18	<i>A. blitoides</i>	45	22	24	0,23	8
19	<i>A. crispus</i>	51	21	20	0,25	9

Використання 15-бальної політипової шкали дає змогу детально диференціювати об'єкти вивчення за порівняно невеликими їх відхиленнями від інтервалу норми ( $\mu \pm \delta$ ), який коливається в межах від 1,24 до -1,25.

На основі проведеної оцінки типовості фенологічних фаз розвитку видів амаранта можна зробити висновок, що всі види за показником  $\Phi_i$  перебувають у межах норми. Це є свідченням того, що представлені види становлять групу рослин, порівняно близьких за своєю фенологією.

Розподіл видів амаранта за фенологією за балами дозволив згрупувати їх за ступенем скоростиглості. Дуже ранньостиглі види – 6 балів, ранньостиглі – 7 балів, середньостиглі – 8 балів, пізньостиглі – 9 балів, дуже пізньостиглі – 10 балів.

Серед видів, які вивчали в досліді, дуже ранньостиглих не виявлено. До ранньостиглих належать: *A. cruentus*, *A. spinosus*, *A. flaus*, *A. chlorostachis*, *A. elegans*. Групу середньостиглих видів становлять *A. oleraceus*, *A. pivlegenus*, *A. mongostanus*, *A. albus*, *A. Hypochondriacus*, *A. deflexus*, *A. blitoides*, *A. bouchonii*. Пізньостиглу групу представляють види: *A. aureus*, *A. caudatus*, *A. hybridus*, *A. lividus*, *A. crispus*. Дуже пізньостиглим є вид *A. mantegazzianus*, який у Лівобережному Лісостепу України дає насіння тільки у сприятливі за погодними умовами роки і який не може бути рекомендований для цієї зони через низьку інтродукційну стійкість.

Амарант – універсальна культура: кормова, зернова, лікарська, овочева та декоративна. Але в різних країнах світу один і той же вид може мати різне застосування. Так, вид амаранта *A. cruentus* в Азії, Західній Африці і на Карибах вирощують на насіння, а у вологих тропіках Африки це овочева рослина [438]. Вид *A. caudatus*, походженням з Південної Америки, де він був також доместикований, вирощують в Еквадорі, Перу, Болівії та Аргентині

як зернову культуру, а в Центральній Мексиці це овоч, який належить до шпинатної групи. Вид *A. hypochondriacus*, який широко використовують у селекційних програмах США і який входить до родоводу зернових американських сортів амаранта, у Мексиці поширений як бур'ян у посівах кукурудзи і споживається місцевими жителями на зелень. Така різноманітність напрямків використання видів амаранта у світі вимагає у разі введення їх у культуру більш чіткого підходу до визначення їхньої практичної значущості і перспективності вирощування в тій чи іншій ґрунтово-кліматичній зоні України.

Але, незважаючи на різнобічний характер використання, сьогодні вже визначено конкретний морфотип рослин цієї культури, який відповідає певному напрямку використання. Так, рослини кормового типу повинні бути високорослими, високооблистяними, з високою врожайністю зеленої маси. Рослини зернового типу – низькорослі, нерозгалужені, з великою щільною або напівщільною волоттю, з високим відсотком жіночих квіток, дружним досяганням, насінням білого, золотистого або рожевого кольору. Декоративні рослини амаранта повинні бути середньо- або низькорослими – з яскравим забарвленням волоті і розтягнутим періодом цвітіння.

Для визначення цінних у господарському відношенні для умов Лівобережного Лісостепу України видів амаранта 19 видів, що вивчали в багаторічному досліді, було проаналізовано за комплексом господарсько цінних ознак і розподілено за господарським призначенням та практичною значущістю.

Одним з показників, який може характеризувати напрямок використання виду, є висота рослини. За цим показником між досліджуваними видами спостерігали різницю в межах 30 см. До високорослих видів можна віднести: *A. hybridus*, *A. cruentus*, *A. chlorostachis*, *A. hypochondriacus*. Їх висота була в межах 157,9–146,9 см. Групу низькорослих видів становили *A. aureus*, *A. lividus*, *A. bouchonii*, *A. crispus*, висота яких коливалася в межах 127,0–129,3 см; найбільш мінливою за роки досліджень ця ознака була у видів *A. pivlegenus* і *A. deflexus* (коефіцієнт варіації відповідно 21,5–20,9 %); найменш мінливою – у виду *A. chlorostachis* (коефіцієнт варіації 8,2), при середньому міжвидовому коефіцієнті варіації 6,5 %.

До показників, які характеризують кормовий тип рослин, належать облистяність і поживність зеленої маси. Аналіз, проведений нами за облистяністю видів, показав, що серед видів, які вивчали за

цим показником, існує суттєва різниця. Найвищий рівень облистяності мали види *A. cruentus* – 35,4 %, *A. hypochondriacus* – 35,1 %, *A. spinosus* – 32,9 % і *A. mongostanus* – 32,3 %, тобто 26 % видів за цією ознакою можна віднести до кормового типу. Усі інші види мали облистяність у межах 29,9–27,6 %. Найменший рівень облистяності був у виду *A. deflexus* – 27,6 %. Вивчення цієї ознаки за мінливістю показало, що варіабельність облистяності була незначною або середньою і коливалася від 18,4 % в *A. chlorostachis* до 5,8 % в *A. albus* при міжвидовій варіабельності 6,7 %.

На основі аналізу рослин амаранта за поживністю визначено, що найбільшим вмістом протеїну в зеленій масі відрізнялися вид *A. hybridus* – 20,1 % і *A. hypochondriacus* – 19,3 %. Найменший вміст протеїну був у *A. flaus* – 14,0 %. Для цієї ознаки характерне незначне варіювання за роками – у межах 2,4–10,2 %. Найбільш варіабельною вона була в *A. hypochondriacus* – 10,2 %, найменш варіабельною – в *A. pivlegenus* – 2,4 % при міжвидовій варіабельності 9,8 %.

За вмістом вуглеводів в зеленій масі у видів амаранта спостерігалися незначні коливання. Вміст вуглеводів в перерахунку на суху речовину був найвищим в *A. hybridus* – 6,3 %, найнижчий – в *A. aureus* – 4,2 %.

Найбільше коливання цієї ознаки за роками було виявлено в *A. albus* – 15,8 %, найменше в *A. oleraceus* і *A. bouchonii* – 3,6 % при міжвидовій варіації 12,6 %.

Зернову групу амарантів характеризують такі ознаки, як довжина волоті, продуктивність волоті, вологість насіння під час збирання та поживні якості насіння. Проведений аналіз видів амаранта за цими показниками дозволив виявити значну їх диференціацію за одними і відсутність за іншими ознаками.

Так, найбільшу довжину волоті зафіксовано в *A. lividus* – 57,1 см, найменшу – в *A. mantegazzianus* – 23,0 см. Найбільш мінливою ця ознака була в *A. crispus* – 30,6 %, найменш мінливою – в *A. bouchonii* – 9,6 %, при міжвидовій варіації – 15,2 %.

Маса однієї рослини коливалася в межах 0,22–0,1 кг. Найбільша маса – 0,22 кг – була характерна для *A. hybridus*, найменша – 0,1 кг – для *A. caudatus*, *A. flaus*, *A. bouchonii*, *A. deflexus*, з коливаннями за роками від 60,8 % у *A. bouchonii* до 19,3 % у *A. cruentus* при міжвидовій варіації 31,7 %.

Продуктивність волоті – досить варіабельна ознака в амаранта. За роки досліджень коливання за продуктивністю волоті у видів

амаранта зафіксовано в межах 92,3–18,9 %. Найбільш варіабельною ця ознака була у *A. mantegazzianus* – 92,3 %, найменш варіабельною – у *A. elegans* – 18,9 %.

Найвища продуктивність волоті характерна для виду *A. hypochondriacus* – 7,0 г, найменша – для *A. mantegazzianus* і *A. deflexus* – відповідно 3,4 – 3,5 г. За масою 1000 насінин спостерігали коливання від 710 мг у *A. aureus* і *A. chlorostachis* до 450 мг у *A. caudatus*. За роками досліджень коливання за цією ознакою варіювало від 17,5 % у *A. hypochondriacus* до 4,4 % у *A. chlorostachis* при міжвидовій варіації 9,3 %.

За вмістом протеїну в насінні у видів амаранта відзначено суттєву різницю. Високим вмістом протеїну характеризувався вид *A. flaus* – 18,6 %, низький вміст протеїну був у *A. hypochondriacus* – 15,8 %. За роки досліджень ця ознака варіювала в межах від 17,7 % у *A. oleraceus* до 4,1 % у *A. deflexus* при міжвидовій варіації 5,1 %.

Високий вміст олії в насінні був характерний для *A. hypochondriacus* – 8,1 %, низьким вмістом олії характеризувався вид *A. Pivlegenus* – 4,9 %. Коливання за цією ознакою у видів амаранта спостерігали в межах від 33,9 % у *A. mongostanus* до 10,0 % у *A. lividus* при міжвидовій варіації в межах 17,6 %.

Для визначення практичної значущості видів під час оцінювання кожної ознаки було використано трибальну сигмальну монотипову шкалу, яка будується при класифікації варіант за трьома групами:  $X_i < \mu - \delta = 1$  бал;  $\mu - \delta < X_i < \mu + \delta = 2$  бали і  $X_i > \mu + \delta = 3$  бали [137]. Перспективність напрямку використання виду проводили шляхом сумування балів за всіма ознаками, які характеризують напрямок використання.

Найбільшу суму балів за загальною оцінкою кормових властивостей одержали три види: *A. cruentus* – 18 балів, *A. hypochondriacus* і *A. hybridus* – по 16 балів (табл. 3.27).

Як перспективні зернові види за сумою балів виділено *A. hybridus* і *A. hypochondriacus*, які одержали найбільшу суму балів, – 18 (табл. 3.28).



Таблиця 3.27

## Оцінка практичної значущості амаранта під час використання на зелену масу, 1992–2001 рр.

Вид	Урожайність зеленої маси		Висота рослини		Маса однієї рослини		Облистяність		Вміст протеїну в зеленій масі		Вміст вуглеводів у зеленій масі		Сума балів
	т/га	бал.	см	бал.	кг	бал.	%	бал.	% на сух. реч	бал.	% на сух. реч	бал.	
<i>A. cruentus</i>	44,3	3	151,1	3	0,19	3	35,4	3	18,5	3	6,1	3	18
<i>A. aureus</i>	27,7	2	127,0	1	0,10	2	32,4	2	16,1	2	4,2	1	10
<i>A. pivlegenus</i>	34,6	2	134,0	2	0,14	2	29,9	2	14,8	2	4,3	1	11
<i>A. hybridus</i>	48,3	3	157,9	3	0,22	3	28,8	1	20,1	3	6,3	3	16
<i>A. caudatus</i>	25,6	1	141,0	2	0,10	2	30,4	2	16,4	3	5,4	3	13
<i>A. spinosus</i>	35,0	2	140,1	2	0,14	2	32,9	2	15,6	2	4,7	2	12
<i>A. oleraceus</i>	27,8	2	139,2	2	0,11	1	31,2	2	14,8	2	4,7	2	11
<i>A. flaus</i>	25,6	1	132,1	2	0,10	2	31,7	2	14,0	1	5,3	3	11
<i>A. mongostanus</i>	32,8	2	137,3	2	0,13	2	32,3	2	15,4	2	4,8	2	12
<i>A. albus</i>	27,3	2	132,5	2	0,11	2	31,7	2	15,9	2	4,8	2	12
<i>A. hypochondriacus</i>	38,8	3	146,9	2	0,15	2	35,1	3	19,3	3	6,0	3	16
<i>A. bouchonii</i>	24,8	1	122,8	1	0,10	2	29,4	2	15,3	2	4,4	2	10
<i>A. chlorostachis</i>	33,6	2	149,6	3	0,14	2	31,1	2	16,8	3	4,7	2	14
<i>A. lividus</i>	28,2	2	128,3	1	0,11	2	28,8	1	16,0	2	4,5	2	10
<i>A. elegans</i>	31,8	2	144,8	2	0,13	2	28,8	1	15,1	2	4,8	2	11
<i>A. deflexus</i>	25,0	1	142,7	2	0,10	2	27,6	1	15,3	2	4,8	2	10
<i>A. mantegazzianus</i>	39,3	3	141,1	2	0,16	2	29,5	2	17,3	3	4,8	2	14
<i>A. blitoides</i>	30,6	2	143,0	2	0,12	2	30,3	2	15,2	2	4,5	2	12
<i>A. crispus</i>	32,1	2	129,0	1	0,13	2	30,8	2	15,7	2	4,5	2	10
S	6,63		9,08		0,13		2,07		1,59		0,62		
x	32,3		139,0		32,13		31,0		16,2		4,9		

Таблиця 3.28

## Оцінка практичної значущості амаранта в разі його використання на насіння, 1992–2001 рр.

Вид	Урожайність насіння		Висота рослини		Довжина волоті		Продуктивність головної волоті		Маса 1000 насінин		Вологість насіння при збиранні		Вміст протеїну		Вміст олії		Сума балів
	т/га	бал.	см	бал.	см	бал.	г	бал.	мг	бал.	%	бал.	%	бал.	%	бал.	
<i>A. cruentus</i>	1,37	2	151,1	1	57,3	2	5,3	2	670	2	28,0	2	16,8	2	7,3	3	16
<i>A. aureus</i>	1,33	2	127,0	3	48,3	2	5,6	2	710	2	30,6	2	16,5	2	5,8	2	17
<i>A. pivlegenus</i>	1,49	2	134,0	2	51,5	2	6,0	2	680	2	31,0	2	17,2	2	4,9	1	15
<i>A. hybridus</i>	1,22	2	157,9	1	55,5	2	5,9	2	690	2	27,4	3	17,9	3	7,2	3	18
<i>A. caudatus</i>	1,08	1	141,0	2	43,8	2	4,2	1	450	1	33,6	1	16,5	2	7,5	3	13
<i>A. spinosus</i>	1,44	2	140,1	2	52,7	2	5,9	2	680	2	31,4	2	17,2	2	6,2	2	16
<i>A. oleraceus</i>	1,34	2	139,2	2	54,8	2	5,3	2	690	2	30,4	2	15,9	1	5,2	1	14
<i>A. flaus</i>	1,24	2	132,1	2	50,4	2	4,6	2	700	2	30,4	2	18,6	3	6,0	2	17
<i>A. mongostanus</i>	1,50	2	137,3	2	55,1	2	6,0	2	660	2	30,0	2	16,0	1	6,0	2	15
<i>A. albus</i>	1,24	2	132,5	2	56,9	2	5,8	2	650	2	32,0	1	18,0	3	7,1	2	16
<i>A. hypochondriacus</i>	1,70	3	146,9	1	48,3	2	7,0	3	650	2	28,0	2	15,8	1	8,1	3	18
<i>A. bouchonii</i>	1,22	2	122,8	3	49,4	2	4,9	2	560	1	30,8	2	18,3	3	5,7	2	17
<i>A. chlorostachis</i>	1,70	3	149,6	1	48,5	2	6,8	3	710	2	31,2	2	17,0	2	5,6	2	17
<i>A. lividus</i>	1,36	2	128,3	3	57,1	2	5,5	2	680	2	32,6	1	17,5	2	5,8	2	16
<i>A. elegans</i>	1,22	2	144,8	2	53,9	2	5,0	2	670	2	32,0	2	16,4	2	5,3	2	16
<i>A. deflexus</i>	0,86	1	142,7	2	48,8	2	3,5	1	660	2	32,8	1	16,3	2	5,5	2	13
<i>A. mantegazzianus</i>	1,13	2	141,1	2	23,0	1	3,4	1	700	2	37,0	1	16,8	2	7,7	3	14
<i>A. blitoides</i>	1,30	2	143,0	2	54,4	2	5,4	1	670	2	33,0	1	18,4	3	5,2	1	15
<i>A. crispus</i>	1,33	2	129,3	3	47,2	2	6,0	2	620	2	33,2	1	17,5	2	5,2	1	15
S	0,2		9,08		7,66		0,95		61,2		2,24		0,87		0,99		
x	1,32		139,0		50,4		5,4		657		29,9		17,1		6,2		

Таким чином, результати комплексної оцінки інтродукційної стійкості і перспективності інтродукції видів амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України, визначеної на основі показника фенологічної атиповості, і комплексної інтегральної оцінки господарських властивостей і напрямку використання, підтверджують перспективність використання в умовах Лівобережного Лісостепу України таких видів, як *A. cruentus*, *A. hybridus* і *A. hypochondriacus*, з яких два останні мають універсальне застосування – як у кормовому, так і в зерновому напрямках.

## Розділ 4

# ОСОБЛИВОСТІ ПОЛІПШЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО ЦІННИХ ОЗНАК АМАРАНТА У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ ВВЕДЕННЯМ ЙОГО В КУЛЬТУРУ В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Складність поліпшення господарсько цінних ознак амаранта полягає в збереженні ним на видовому рівні значної кількості біологічних особливостей, характерних для представників «дикої» флори: тривалий період цвітіння і дозрівання, схильність до обсипання, невіривняність за габітусом тощо.

У зв'язку із введенням амаранта в культуру розширюються перспективи його використання. Зокрема можна відзначити такі напрями поліпшення цієї рослини: створення сортів кормового, зернового, олійного та декоративного типів [103; 173].

Для сортів кормового амаранта характерні такі ознаки: високорослість рослин (до 3 м) з високою конкурентоспроможністю в перші тижні розвитку; висока облистяність – більше 40 %; стійкість до вилягання; стійкість до шкідників і хвороб; підвищений вміст протеїну в сухій речовині зеленої маси – 22 % і більше; урожайність зеленої маси на рівні 700–800 ц/га.

Сорти зернового типу мають такі ознаки: низькорослість рослин (до 1 м), нерозгалуженість, з великою щільною або напівщільною волоттю, з високим відсотком жіночих квіток, дружним дозріванням; насіння білого, золотистого або рожевого кольору з масою 1000 насінин до 1 г, вміст сирого протеїну до 18,0–19,0 %, крохмалю – 58,0–59 %, урожайність зерна до 30 ц/га; придатність до механізованого збирання.

Сортам олійного типу властиві ті самі ознаки, як і сортам зернового типу, але обов'язковою умовою є підвищений вміст олії – до 10–11 %.

Сорти декоративного типу низькорослі і середньорослі, висотою до 100–120 см. Волоть кім'ястого або пониклого типу з яскравим забарвленням: червоним, білим, золотистим, довжиною волоті 50–60 см і тривалим періодом цвітіння.

### 4.1. Види вихідного матеріалу та його одержання

Успіх селекційної роботи, як відзначав М.І. Вавилов, значною мірою залежить від удаю підібраного вихідного матеріалу. Як

вихідний матеріал амаранта сьогодні можна виділити вітчизняні і зарубіжні сорти й види.

Селекцію амаранта проводять порівняно віднедавна, тому кількість вітчизняних сортів невелика. У Реєстрі сортів України (станом на 2003 р.) налічується трохи більше десятка сортів, більшість із яких є сортами кормового та декоративного типів.

У селекції сортів зернового типу значних успіхів досягли американські вчені. Зернові сорти американської селекції Д 107, Д 34-1-1, К 709, К 549, Plainsman, Д 43В, Д 106, Д 113, К 578, К 433В; К 551, К 433, К 432В, Д 108, К 583, А 5198, Amont; К 591, Д 70-1, К 432, Д 141, А 5188, Д 110, А 5187, А 200Д, К 593, А 5183, К 283, А.5483, А 5194, Д 56А, А 5200, А 5192, А 5196, А 5199, К 266, К 436, Д 136-1 відрізняються високим рівнем урожайності насіння – до 20–40 ц/га [442; 444].

Детальне вивчення колекційних зразків амаранта американського походження дозволило А.О. Бабичу, В.Д. Бугайову, В.В. Каправому [12] виділити зернові форми, які можна використовувати для створення сортів зерно-фуражного, продовольчого і технічного напрямків. Було виділено еректоїдні форми УК-149 і ЧК-150 (США), які характеризуються значною вкороченістю міжвузлів і перевищують інші колекційні зразки за площею листової поверхні в 1,5–2,0 раза. Листовий індекс цих форм становить 8,0–8,8, що зумовлює високу інтенсивність процесів фотосинтезу. За результатами фенологічних спостережень колекції зернового амаранта виділено ряд джерел ранньостиглості: форми УК-148, ВРК-276 та ВРК-279 (США). Повну стиглість у цих форм спостерігали через 100–110 днів.

Вивчення американських сортів Д 56А, Plainsman, К 432, К 433 в конкурсному випробуванні в умовах дослідного поля ХНАУ показало, що ці сорти відрізняються високим рівнем вирівняності за морфологічними ознаками, низькорослістю, але вони дуже пізньостиглі, що не дозволяє їм реалізувати свій потенціал в умовах Лівобережного Лісостепу України. Водночас їх можна використовувати в секційних програмах для створення низькорослих вирівняних сортів зернового типу (табл. 4.1). Через необхідність здійснення селекційної роботи з амарантом у зв'язку із введенням його в культуру зростає інтерес до видової різноманітності в межах цього поліморфного роду. Тому одним із завдань нашого дослідження було вивчення господарської цінності найпоширеніших

видів амаранта і розробка шляхів їх застосування у селекції [69–70; 73; 75–77; 79–80; 82–83; 86; 90; 95; 98–99; 101; 195–197].

Таблиця 4.1

**Результати конкурсного сортовипробування сортів амаранта селекції США, 1992–1993, 1995 рр.**

Сорт	Висота рослин, см			Урожайність насіння, ц/га			Довжина вегетаційного періоду, днів		
	Рік								
	1992	1993	1995	1992	1993	1995	1992	1993	1995
Ультра	60,0	100,8	105,7	15,0	19,1	25,0	95	90	90
Д 56А	68,3	148,7	-	18,7	12,5	-	117	115	-
Plainsman	83,7	138,9	-	2,8	11,1	-	118	120	-
К-432	76,2	99,6	136,3	5,5	8,4	18,9	125	120	115
К-433	83,0	93,5	114,4	9,2	8,7	17,0	125	120	115
НІР05				2,2	1,9	1,5			

На основі проведення багаторічних досліджень і визначення практичного значення видів амаранта можна впевнено стверджувати, що на селекційне поліпшення в умовах Лівобережного Лісостепу України заслуговують такі види амаранта: *A. hypochondriacus*, *A. hybridus* і *A. cruentus*, інші ж види можуть бути використані як джерела певних господарсько цінних і біологічних ознак. Так, *A. caudatus*, зелена маса якого не містить сапонінів, доцільно використовувати для поліпшення якості зеленої маси під час створення сортів амаранта кормового типу. Значна адаптивна стійкість цього виду до умов середовища (витримує від 4 до 40 °С у період гілкування) і толерантність до алюмінієвої токсикації робить його цінним джерелом для створення сортів з високим адаптивним потенціалом. Високу адаптивну здатність цього виду було виявлено і в наших дослідженнях.

Види *A. aureus* і *A. chlorostachis*, які мають високу масу 1000 насінин і продуктивність волоті, можуть бути використані в селекції на продуктивність. Вид *A. flaus*, виділений як найбільш скоростиглий, придатний для застосування в селекційних програмах як джерело скоростиглості. Вид *A. crispus*, який за результатами лабораторної діагностики виявив високий рівень солестійкості, доцільно використовувати в селекції сортів амаранта, стійких до засолення.

Пошук джерел високої облистяності і високого вмісту білка та вуглеводів у зеленій масі слід здійснювати серед зразків видів *A. cruentus*, *A. hypochondriacus* та *A. hybridus*. Високий вміст протеїну в насінні характерний для видів *A. flaus* та *A. blitoides*. Значним вмістом олії в насінні характеризується вид *A. hypochondriacus*.

Диференціацію між видами за темпами наростання зеленої маси також можна враховувати в селекції сортів кормового типу і під час створення сортів з підвищеним рівнем конкурентоспроможності на перших етапах розвитку.

Цінними у цьому відношенні можуть бути види *A. deflexus* і *A. mongostanus* – з темпами наростання у фазі вегетативного розвитку до 44 см, вид *A. chlorostachis* – з темпами наростання у фазі бутонізації до 39 см.

Особливий інтерес може становити групування видів амаранта та їх аналіз за типом волоті. На наш погляд, в амаранта можна виділити такі типи волоті: розгалужена, поникла, кім'яста, короткорозгалужена.

В умовах Харківської області найбільш продуктивною була короткорозгалужена волоть, яка забезпечила стабільно високу продуктивність протягом трьох років (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Насіннева продуктивність різних типів волоті амаранта,  
1992–1994 рр.**

Вид амаранта	Тип волоті	Маса насіння з однієї волоті, г			Маса 1000 насінин, г	
		1992	1993	1994	1993	1994
<i>A. hypochondriacus</i>	розгалужена (м'яка)	19,0	19,3	15,5	0,8	0,5
<i>A. caudatus</i>	поникла (м'яка)	12,5	12,2	9,6	0,8	0,4
<i>A. cruentus</i>	розгалужена (жорстка)	10,3	10,7	12,8	0,8	0,4
<i>A. hybridus</i>	розгалужена (жорстка)	10,3	16,4	14,7	0,8	0,8
<i>A. mantegazzianus</i>	кім'яста (м'яка)	3,8	4,0	7,0	0,7	0,8
НІР05		1,1	3,6	2,4		

Також на основі трирічних досліджень було проведено аналіз видів та різновидів амаранта за вмістом рутину (табл. 4.3).

**Вміст рутину в рослинах різних видів амаранта, 1993–1995 рр.**

Вид амаранта	Орган рослини	Вміст рутину, %
<i>A. caudatus</i>	листя	0,63
	стебла	0,00
	суцвіття	0,06
<i>A. cruentus</i> (бордовий)	листя	0,50
	стебла	0,00
	суцвіття	0,42
<i>A. cruentus</i> (зелений)	листя	0,18
	стебла	0,00
	суцвіття	0,69
<i>A. hybridus</i>	листя	0,67
	стебла	0,00
	суцвіття	0,39
<i>A. hybridus</i> (К-22 )	листя	0,49
	стебла	0,00
	суцвіття	0,15
<i>A. hybridus</i> (зелений)	листя	1,36
	стебла	0,00
	суцвіття	0,29
<i>A. cruentus</i> (темно-бордовий)	листя	0,34
	стебла	0,00
	суцвіття	0,57

На основі аналізу встановлено, що в амаранта, залежно від виду, спостерігається значна диференціація за вмістом рутину. Коливання може бути в межах 0,18–1,36 %. Найбільший вміст рутину відзначено в *A. hybridus*, найменший – у *A. cruentus*. Аналіз різних частин амаранта за вмістом рутину показав, що в стеблах рутин відсутній, у той час як у листі і суцвіттях він може міститися в різній кількості.

Аналіз жирнокислотного складу олії різних видів амаранта підтвердив значні видові відмінності за цим показником, що відкриває перспективи для його селекційного поліпшення (табл. 4.4).

Унаслідок проведеного аналізу видів за співвідношенням цукрів і протеїну, що має велике значення у створенні сортів силосного типу, було виділено *A. hybridus* та *A. mantegazzianus*, які у фазі досягання мали в зеленій масі оптимальне співвідношенням цукрів і протеїну (табл. 4.5).



**Вміст олії в насінні амаранта та її жирно-кислотний склад,  
1992–1994 рр.**

Вид амаранта	Вміст олії, %	Жирнокислотний склад, %					
		пальмітино-ва	пальмітинова + олеїнова	стеаринова	олеїнова	лінолева	ліноленова
<i>A. caudatus</i>	7,93	24,68	0,59	2,56	23,0	48,35	0,72
<i>A. mantegazzianus</i>	7,17	25,5	0,46	2,76	24,7	45,95	0,68
<i>A. hybridus</i>	6,63	27,00	0,30	2,76	21,9	47,55	0,49
<i>A. cruentus</i>	7,06	26,78	0,60	3,81	23,9	43,70	1,20
<i>A. hypochondriacus</i>	7,92	21,57	0,34	3,42	35,7	38,00	1,02

Вивчення гібридів амаранта  $F_1$  між *A. cruentus* і *A. hybridus*, а також спонтанних гібридів цих видів з *A. retroflexus* свідчить про можливість використання гетерозису в його селекції. Так, гібриди  $F_1$  між *A. cruentus* і *A. hybridus* значно перевищували вихідні батьківські форми за висотою. Якщо висота рослин виду *A. cruentus* дорівнювала 118 см, *A. hybridus* – 117,1 см, то гібрида  $F_1$  – 182,6 см.

**Співвідношення цукрів та протеїну в зеленій масі різних зразків амаранта, 1992–1994 рр.**

Вид амаранта	Фаза розвитку		
	бутонізації	цвітіння	достигання
<i>A. cruentus</i>	0,18	0,22	0,48
<i>A. hybridus</i>	0,30	0,70	0,90
<i>A. mantegazzianus</i>	0,23	0,46	0,73
<i>A. caudatus</i>	0,12	0,24	0,52

Але під час ведення гетерозисної селекції в амаранта можливі труднощі в одержанні гібридного насіння у зв'язку із змішаною системою запилення, характерною для цієї рослини. Водночас, як відомо з літератури, для одних видів амаранта характерний вищий рівень інбридингу, інші більшою мірою схильні до кросбридингу. Проведені нами дослідження з вивчення характеру запилення у видів амаранта показали, що схильність до перехресного запилення більше властива для *A. hybridus*. При примусовому запиленні у нього утворюється насіння в 10 разів менше, ніж при вільному запиленні (табл. 4.6). Це свідчить про можливість добору у *A. hybridus* біотипів, які б могли нести гени самонесумісності та становити інтерес у гетерозисній селекції.

**Вплив примусового запилення на насіннєву продуктивність  
амаранта (2-й рік самозапилення), 1992–1994 рр.**

Вид	Маса насіння з волоті при запиленні, г		Довжина волоті при запиленні, см	
	вільному	примусовому	вільному	примусовому
<i>A. cruentus</i>	20,5	6,8	50,4	24,0
<i>A. hybridus</i>	25,4	2,3	61,2	31,0
<i>A. caudatus</i>	23,7	4,4	70,0	30,0

Велика різноманітність видів амаранта і змішана система запилення створює сприятливі умови для виникнення спонтанних гібридів, що ускладнює його систематику, але відкриває при цьому великі можливості для селекції амаранта. Вивчення особливостей мейозу спонтанних гібридів, проведене американськими вченими, дозволило виділити види, у яких гібридизація відбувається нормально, що сприяє утворенню фертильних гібридів [499]. У той же час у деяких інших видів гібридизація має ускладнення і порушення в мейозі, що викликає стерильність гібридів. Деякі автори вважають, що до стерильності гібридів призводять генні та хромосомні відмінності [478; 496–498; 528]. Аналіз гібридів між видами з  $n=16$ , проведений G.L. Stebbins [601], показав існування незначних перебудов у гібридів, що не заважало нормальному утворенню бівалентів і перебігу мейозу. Гібриди між *A. mantegazzianus* × *A. hypochondriacus* і *A. mantegazzianus* × *A. caudatus*, описані M. Pal і Т.М. Khoshoo [563; 566;] підтверджують висновки G.L. Stebbins [601]. Протилежні результати одержано під час вивчення гібридів між *A. mantegazzianus* і *A. hybridus*. Як відзначають M. Pal і Т.М. Khoshoo [565], проростки  $F_1$  припиняють свій розвиток після утворення першого або другого листка, що пояснюється генетичним або хромосомним поліморфізмом [499; 564–566].

Заслуговують на увагу гібриди культурних видів з *A. quitensis*, який є диким і відрізняється від них морфологічними та біологічними ознаками. Але схрещуваність цих видів з амарантом *A. quitensis* відбувається по-різному. Так гібриди *A. caudatus* × *A. quitensis* та *A. hypochondriacus* × *A. quitensis* мають низьку фертильність, а гібриди *A. hybridus* × *A. quitensis* – високу (55 %) [499].

Схожі результати, отримані I.D. Sauer [588], свідчать про те, що *A. hybridus* і *A. quitensis* тісно пов'язані, але не коспецифічно, а, як вважає M.P. Coons [466; 468], на основі аналізу морфологічних

характеристик. При схрещуванні видів амаранта з  $n=16$  і  $n=17$ , наприклад, у гібридів *A. cruentus* (*A. caudatus* × *A. cruentus*, *A. cruentus* × *A. quitensis*) утворюються триваленти як ланцюжок з лінійною орієнтацією, що свідчить про можливість втрати однієї з хромосом.

Вигляд мейотичних конфігурацій, які утворюються в гібридів *A. hybridus* × *A. spinosus*, дозволяє передбачити, що між цими видами є тільки вісім гомологічних хромосом [499]. На основі мейотичних конфігурацій вивчених гібридів дослідники Greizerstain and Poggio [499] вважають, що їх геноми можуть бути такими: *A. quitensis* AABV, *A. caudatus* –  $A_1A_1B_1B_1$ , *A. cruentus*  $A_2A_2B_2B_2$ , *A. mantegazzianus*  $A_3A_3B_3B_3$ , *A. hypochondriacus*  $A_4A_4B_4B_4$ , *A. hybridus*  $A_5A_5B_5B_5$ , *A. spinosus*  $A_6A_6CC$ .

Дослідження, проведені нами з гібридизації між видами *A. cruentus* і *A. hybridus* та *A. caudatus* і *A. mantegazzianus*, свідчать про високий рівень схрещуваності між ними. У результаті схрещування *A. caudatus* × *A. mantegazzianus* (*A. mantegazzianus* – кім'яста форма з жовтим забарвленням і білим прозорим насінням; *A. caudatus* – біла або червона волоть з рожевим прозорим насінням і пониклою формою волоті) отримано гібриди з декоративною формою волоті. Такі гібриди мали рожеву волоть з проміжною формою.

У  $F_2$  внаслідок розщеплення отримано рослини з білим, рудим і червоним забарвленням волоті, з проміжним успадкуванням форми, з жовтим, білим і рожевим насінням.

Індивідуальний добір у  $F_2$  рослини з рудою волоттю і жовтим насінням та вивчення її декоративних властивостей дозволило нам рекомендувати цю форму як сорт Роганський до державного сортовипробування.

Якщо схрещування видів *A. caudatus* × *A. mantegazzianus* відбувалося легко і не супроводжувалося значними зниженнями продуктивності й фертильності, то в комбінаціях *A. caudatus* × *A. cruentus*, *A. caudatus* × *A. hybridus* в  $F_1$  спостерігали утворення рослин, які відрізнялися короткостеблістю, пізньостиглістю і значним зниженням фертильності пилку (табл. 4.7).

У природних умовах спостерігали утворення спонтанних гібридів *A. hypochondriacus* × *A. retroflexus*; *A. cruentus* × *A. retroflexus* та *A. hybridus* × *A. retroflexus*. Гібриди  $F_1$  мали дещо знижену фертильність. Вони відрізнялися пізньостиглістю, хоча й утворювали невелику кількість насіння.

**Характеристика віддалених гібридів F<sub>1</sub> амаранта, 1995 р.**

Назва форми	Висота рослини, см	Фертильність пилку, %	Діаметр пилку, мкм	Забарвлення волоті
Гібрид <i>A. caudatus</i> × <i>A. hybridus</i>	28,0	6,6	19,0	руде
<i>A. caudatus</i>	77,3	90,2	19,6	біле
<i>A. hybridus</i>	110,6	55,4	19,9	руде
Гібрид <i>A. caudatus</i> × <i>A. cruentus</i>	30,2	5,2	19,8	червоне
<i>A. caudatus</i>	77,3	90,2	19,6	біле
<i>A. cruentus</i>	102,6	75,3	25,0	червоне
НІР 05		4,0		

У F<sub>2</sub> відбувалося розщеплення і різна диференціація на рослини культурного і дикого типу. У той же час у рослин спостерігали перекомбінацію за забарвленням волоті та насіння.

Аналіз біохімічного складу насіння гібридів, одержаних між *A. cruentus* та *A. hybridus*, свідчить про те, що внаслідок схрещувань між цими видами можна одержати гібриди з виходом олії до 12 %, що має велике значення для використання амаранта у фармацевтичній промисловості (табл. 4.8).

**Вихід і склад ліпопротеїнового комплексу насіння гібридів F<sub>2</sub> амаранта, 1993 р.**

Зразок	Вихід жиру		Вихід знежиреної гущі		Загальний вихід ЛПК	
	г	%	г	%	г	%
<i>A. cruentus</i> (червона волоть, чорне насіння)	0,05	5,0	0,11	11,0	0,16	16,0
<i>A. hybridus</i> (зелена волоть, біле насіння)	0,05	5,0	0,14	14,0	0,19	19,0
Гібрид <i>A. cruentus</i> × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, світло-коричневе насіння)	0,05	5,0	0,15	15,0	0,20	20,0
Гібрид <i>A. hybridus</i> × <i>A. cruentus</i> (червона волоть, біле насіння)	0,05	5,0	0,12	12,0	0,17	17,0
Гібрид <i>A. cruentus</i> × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, кремове насіння)	0,12	12,0	0,27	27,0	0,39	39,0
Гібрид <i>A. hybridus</i> × <i>A. cruentus</i> (червона волоть, біле насіння)	0,05	5,0	0,17	17,0	0,22	22,0
Сорт Ультра ( <i>A. hybridus</i> )	0,05	5,0	0,20	20,0	0,25	25,0

У результаті проведеного вивчення гібридів між *A. cruentus* і *A. hybridus* виділено номери з вищим вмістом незамінної амінокислоти – лізину. Це гібриди з червоною волоттю і білим насінням, червоною волоттю і кремовим насінням (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Амінокислотний склад насіння амаранта гібридів F<sub>2</sub>, 1993 р.

Гібрид	Лізін		Гістидин		Аргінін		Аспарагін		Треонін	
	мг у 100 мл	% від суми	мг у 100 мл	% від суми	мг у 100 мл	% від суми	мг у 100 мл	% від суми	мг у 100 мл	% від суми
<i>A. hybridus</i> × × <i>A. cruentus</i> (червона волоть, насіння біле)	2,82	7,26	1,30	3,34	3,26	6,40	3,24	3,34	1,61	4,15
<i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, насіння руде)	2,55	6,67	1,22	3,20	3,68	9,62	3,29	8,34	1,56	4,08
<i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, насіння кремове)	2,90	7,04	1,29	3,12	4,00	9,69	3,65	8,64	1,56	3,80
<i>A. hybridus</i> × × <i>A. caudatus</i> (червона волоть, насіння біле)	2,29	6,90	1,12	3,37	3,17	9,56	2,88	8,69	1,26	3,30
<i>A. hybridus</i> × × <i>A. caudatus</i> зелена волоть, насіння руде)	2,46	7,30	1,18	3,48	3,38	10,02	2,87	8,55	1,34	3,98
Ультра ( <i>A. hybridus</i> )	2,74	7,11	1,30	3,37	3,86	10,02	3,36	8,73	1,47	3,83

Проведений індивідуальний добір у гібридних популяціях *A. cruentus* × *A. hybridus* дозволив нам зробити висновок про те, що вони відрізняються значним поліморфізмом за вмістом протеїну, що підтверджує можливість поліпшення цього показника в амаранта

внаслідок поєднання гібридизації з індивідуальним добором (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Біохімічна характеристика насіння гібридів F<sub>2</sub> амаранта,  
% на абсолютно суху речовину, 1994 р.**

Гібриди <i>A.cruentus</i> × <i>A.hybridus</i>		Азот	Фосфор	Калій	Протеїн
забарвлення волоті	забарвлення насіння				
червоне	біле	2,6	0,337	0,451	16,2
червоне	біле	2,65	0,373	0,575	16,6
червоне	біле	2,45	0,264	0,451	17,3
червоне	біле	2,72	0,324	0,499	17,0
червоне	біле	2,57	0,255	0,428	16,1
червоне	біле	2,51	0,373	0,466	15,7
зелене	коричневе	2,14	0,319	0,457	13,4
зелене	кремове	2,31	0,346	0,380	14,4
зелене	кремове	2,57	0,246	0,451	16,1
зелене	кремове	2,65	0,373	0,475	16,6
зелене	світло-коричневе	2,58	0,382	0,499	16,1
рожеве	кремове	2,66	0,282	0,428	16,6
зелене	жовте	1,45	0,275	0,451	9,1
зелене	кремове	2,31	0,282	0,528	14,4
темно-червоне	кремове	2,06	0,340	0,475	12,9
червоне	кремове	2,50	0,300	0,451	15,6
червоне	кремове	2,46	0,319	0,428	15,4
червоне	кремове	2,62	0,295	0,451	16,4

Про можливість поліпшення цього показника в амаранта внаслідок добору свідчать і інші дослідження [305].

Крім того, проведення індивідуального добору в гібридних популяціях *A. cruentus* × *A. hybridus* дозволило виділити номери, які перевищували стандарт за врожайністю зеленої маси, зерна та вмістом білка у насінні (табл. 4.11).

**Результати конкурсного сортовипробування амаранта,  
1993–1995 рр.**

Номер	Урожайність, ц/га						Вміст протеїну в насінні, %		
	зеленої маси			насіння					
	Рік								
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Білонасінний st	395,0	450,0	470,0	13,8	-	-	-	-	-
Ультра st	-	-	-	16,3	14,5	14,4	18,5	16,0	15,4
3 <i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, біле насіння)	660,0	492,5	595,0	22,5	17,5	15,3	16,4	16,6	15,4
18 <i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (рожева волоть, жовте насіння)	350,0	415,0	450,0	18,3	17,0	11,6	13,1	14,0	15,0
20 <i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (червона волоть, жовте насіння)	600,0	482,5	560,5	14,8	13,5	12,5	18,7	17,2	16,0
21 <i>A. cruentus</i> × × <i>A. hybridus</i> (жовта волоть, біле насіння)	420,0	422,5	475,0	18,8	14,0	13,7	16,0	16,0	15,9
НІР05	39,4	15,6	21,1	1,8	1,1	1,6			

**4.2. Характер успадкування деяких морфологічних і  
господарсько цінних ознак в амаранта**

Розробка стратегії селекційного процесу будь-якої культури неможлива без вивчення характеру успадкування морфологічних, біологічних та господарсько цінних ознак, особливостей їх генетичного контролю. Різноманітність видів, різновидів, гібридних форм в амаранта, які відрізняються за такими ознаками, як забарвлення та форма волоті, її щільність, забарвлення насіння, що суттєво впливають на напрям використання рослини, вимагає

детального вивчення характеру успадкування цих ознак, з розробкою можливих шляхів конструювання таких генотипів, які б за цими ознаками повною мірою відповідали напряду використанню.

Шляхом аналізу спонтанних і штучно одержаних гібридів між *A. cruentus* (кров'яний, волотистий) і *A. hybridus* (аргентинський) та між *A. caudatus* (хвостатий) і *A. mantegazzianus* за характером успадкування таких морфологічних ознак, як забарвлення зерна та забарвлення волоті було з'ясовано характер їх генетичного контролю. Установлено, що забарвлення зерна і волоті зумовлено дією полімерних генів. Унаслідок перекомбінації генів одержано гібриди з темно-коричневим, коричневим, світло-коричневим, рудим, яскраво-жовтим, жовтим та світло-жовтим забарвленням насіння, водночас вихідні батьківські форми мали: *A. cruentus* – чорне насіння, *A. hybridus* – біле насіння.

Одержання рослин з таким забарвленням зерна можливе тільки в тому випадку, якщо цю ознаку контролюють чотири пари полімерних генів. При цьому рослини амаранта з чорним забарвленням насіння несуть у своєму генотипі чотири пари домінантних генів, гібриди з темно-коричневим насінням – сім домінантних полімерних генів, з коричневим – шість, зі світло-коричневим – п'ять, гібриди з рудим насінням мають у своєму геномі чотири домінантних гени, з яскраво-жовтим – три, із жовтим – два, зі світло-жовтим – один домінантний полімерний ген.

Складним характером успадкування обумовлене і забарвлення волоті. Гібриди між *A. cruentus* і *A. hybridus* мають широкий спектр забарвлення волоті – від червоного різної інтенсивності до зеленого, водночас для вихідних батьківських форм характерне темно-червоне (*A. cruentus*) та зелене (*A. hybridus*) забарвлення. Унаслідок гібридизації *A. cruentus* × *A. hybridus* одержано константні форми з темно-червоним забарвленням волоті та білим насінням, насінництво яких вести легше, ніж насінництво вихідних батьківських форм *A. cruentus* (темно-червона волоть, чорне насіння) і *A. hybridus* (зелена волоть, біле насіння). Червоне забарвлення волоті ще на стадії сходів дає змогу виділити з посівів такої форми щиріцю, яка має зелене забарвлення волоті, а біле забарвлення насіння гібридної форми дозволяє контролювати засміченість насінневого матеріалу щиріцею з насінням чорного кольору.



У результаті схрещування *A. caudatus* з *A. mantegazzianus* отримано гібриди з рудим забарвленням волоті, при цьому вихідна форма *A. mantegazzianus* має руде забарвлення волоті, а *A. caudatus* – біле.

Шляхом аналізу характеру успадкування рудого забарвлення визначено, що воно є домінантною ознакою і контролюється моногенно, оскільки при самозапиленні гібридів F<sub>1</sub> було одержано рослини з рудим і білим забарвленням у співвідношенні, яке відповідає характеру розщеплення 3:1.

Під час вивчення характеру успадкування плямистого забарвлення у гібридів між *A. hypochondriacus* і *A. retroflexus* було встановлено, що таке забарвлення волоті, характерне для деяких форм *A. hypochondriacus* (рис. 4.1), є домінантною ознакою. Штучно отримані гібриди, а також спонтанні гібриди F<sub>1</sub> між *A. hypochondriacus* і *A. retroflexus* мають плямисте забарвлення (рис. 4.2).

У поколінні F<sub>2</sub> відбувається розщеплення. Гібриди F<sub>2</sub> мають забарвлення вихідних батьківських форм у співвідношенні 3:1. Визначення характеру успадкування плямистого забарвлення в амаранта дає змогу одержати різні декоративні форми, комбінуючи цю ознаку з довжиною та формою волоті.

### **4.3. Особливості поліпшення господарсько цінних ознак в амаранта**

Вивчення зернових видів амаранта *A. hypochondriacus*, *A. edulis*, *A. cruentus*, *A. caudatus*, проведене Н.С. Lohithaswa, Т.Е Nagaraj та ін. [489], В.Д. Joshi [527], Т.Р. Pushparekha [575], J. Maruthi [550], показало їх значну фенотипову і генотипову мінливість за масою рослин, масою волоті, урожаєм насіння, висотою рослин і ранньостиглістю. Високий характер успадкування встановлено за висотою рослин і ранньостиглістю. Автори вважають, що ці ознаки можна поліпшувати шляхом масового добору, який є зручним для контролю адитивних генів.

Низький характер успадкування спостерігали за врожайністю насіння, що свідчить про неефективність масового добору за цією ознакою. На думку цих дослідників наявність перехресного запилення в амаранта забезпечує значну мінливість ознак під дією добору і дозволяє вилучати цінні біотики.

У наших дослідженнях під час вивчення деяких зернових і кормових видів амаранта було встановлено, що ці види утворюють поліморфну популяцію, яка складається з різних біотипів (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

**Характеристика деяких популяцій амаранта за групою стиглості та біохімічним складом насіння виділених біотипів, 1992 р.**

Популяція	Група стиглості біотипу	% на абсолютно суху речовину			
		азот	фосфор	калій	сирий протеїн
<i>A. hypochondriacus</i> (вр 127)	ранньостигла	2,48	0,382	0,523	15,56
	ранньостигла	2,54	0,313	0,451	15,69
	середньостигла	2,46	0,373	0,523	15,38
	пізньостигла	2,57	0,337	0,499	16,07
	ранньостигла	1,56	0,373	0,775	9,75
	середньостигла	2,50	0,391	0,451	14,63
	середньостигла	2,59	0,360	0,428	15,69
<i>A. hypochondriacus</i> (США-7)	ранньостигла	2,55	0,392	0,475	15,93
	середньостигла	2,64	0,382	0,475	16,50
<i>A. hypochondriacus</i> (США-14)	ранньостигла	2,50	0,360	0,58	15,63
	ранньостигла	2,55	0,337	0,60	15,94
	ранньостигла	2,43	0,391	0,58	14,63
	середньостигла	2,40	0,395	0,58	15,00
	середньостигла	2,59	0,391	0,60	16,19
<i>A. mantegazzianus</i> (Індія)	пізньостигла	2,98	0,319	0,475	18,63
	пізньостигла	2,89	0,446	0,546	18,06
	середньостигла	2,51	0,446	0,499	15,69
	середньостигла	2,57	0,386	0,640	16,06
	середньостигла	2,70	0,333	0,499	16,88
	ранньостигла	2,52	0,328	0,475	15,72

Вилучення цих біотипів можливе в разі застосування масового, індивідуально-родинного і родинно-групового доборів [31; 75]. Проведення масового добору в популяції амаранта аргентинського дозволило одержати форму, яка достигала на 7–10 днів раніше від вихідної популяції і відрізнялася вищим вмістом протеїну.

В Інституті кормів УААН із застосуванням індивідуально-родинного і родинно-групового доборів було створено такі сорти амаранта: Атлант, Легінь, Котигорошко, Орхідея [31].

Водночас значно ефективнішим є метод добору елітних рослин з їх подальшою оцінкою за потомством, з вибракуванням малопродуктивних рослин до цвітіння. Після оцінки та об'єднання

типових сімей (200–300 шт.) одержують популяції, однорідні за господарсько-біологічними ознаками. За необхідності такий цикл добору повторюють.

У селекційній практиці ми використовували метод залишку, який дозволяє проводити оцінку за потомством, уникаючи при цьому перезапилення з небажаними генотипами і контролюючи добір не тільки за материнською, але й за батьківською лінією.

Із застосуванням методу залишку було створено сорти амаранта Роганський, Надія, Лера, Сем, а також виділено номери зернового і кормового амаранта, які становлять певний інтерес для селекції (табл. 4.13–4.14).

Таблиця 4.13

### Результати конкурсного сортовипробування амаранта в ХНАУ, 1993 р.

Номер	Висота рослин, см	Довжина волоті, см	Урожайність, ц/га		Вміст протеїну в насінні, %
			зеленої маси	насіння	
Білонасінний (кормовий st.)	154,0	57,0	395,0	13,8	18,3
Ультра (зерновий st.)	107,0	50,0	-	16,3	18,5
Номер 1, <i>A. hypochondriacus</i> (Ямайка)	151,5	32,7	420,0	18,6	13,9
Номер 3, <i>A. hybridus</i>	149,0	40,4	360,0	18,3	15,9
Номер 4, <i>A. hypochondriacus</i> (США)	113,0	48,7	220,0	13,6	15,3
США 7 (масовий добір)	100,0	33,8	250,0	11,7	13,1
Номер 2 <i>A. hypochondriacus</i>	134,0	38,8	380,0	13,8	13,4
НІР <sub>05</sub>			83,2	0,7	

У селекції амаранта на підвищення олійності ефективним може бути рекурентний добір за фенотипом. Суть методу полягає в тому, що з вихідного матеріалу добирають рослини і примусово запилюють їх.

Під час збирання врожаю відбирають кращі рослини, і в наступному поколінні потомство кожної рослини висівають окремими рядками. Між потомствами (рядками) відбувається перезапилення і схрещування в різних комбінаціях. Зібране гібридне насіння змішують для посіву в наступному році і в такий спосіб отримують синтетичну популяцію. На цьому завершується перший цикл добору.

## Результати конкурсного сортовипробування в ХНАУ, 1996 р.

Номер, сорт	Урожайність, ц/га		Висота рослин, см	Тривалість вегетаційного періоду, днів	Вміст олії, %
	зеленої маси	насіння			
Ультра st.	155	14,7	85,5	95	5,0
1 <i>A. hypochondriacus</i> (Ямайка)	238	17,2	109,7	120	9,0
5 <i>A. hypochondriacus</i> США-14 (індивідуальний добір)	205	10,5	109,7	120	7,5
14 <i>A. hypochondriacus</i> (США-7)	310	8,8	102,7	120	6,0
Надія	110	13,7	93,6	126	-
НІР05	24,0	1,7			

Другий цикл добору починають після примусового самозапилення рослин першого циклу і добору під час збирання врожаю кращих особин. У наступному році насіння з відібраних рослин висівають рядками і проводять схрещування між потомствами (рядками) в різних комбінаціях. Одержане гібридне насіння змішують і в разі необхідності в такий же спосіб починають третій цикл добору. У наших дослідах шляхом проведення двох циклів добору вдалося підвищити олійність амаранта на 2,5 %.

Застосовуючи різні методи добору в амаранта, слід ураховувати характер кореляційної залежності між господарсько цінними ознаками. У результаті проведених досліджень установлено, що він значною мірою залежить від видових особливостей, але інколи може змінюватися в кардинально протилежному напрямку.

Так, між вмістом протеїну в насінні і насінневою продуктивністю залежність коливалася від середньої від'ємної в *A. hypochondriacus* ( $r = -0,34$ ) до високої позитивної в *A. hybridus* ( $r = 0,77$ ).

Між вмістом протеїну і олії в насінні також спостерігали коливання від середньої позитивної залежності в *A. cruentus* ( $r = 0,56$ ) до середньої від'ємної *A. hybridus* ( $r = -0,35$ ). Між вмістом олії в насінні і насінневою продуктивністю волоті залежність змінювалася від середньої від'ємної в *A. hybridus* ( $r = -0,36$ ) до слабкої позитивної в *A. cruentus* ( $r = 0,16$ ). Від середньої позитивної до високої

позитивної була залежність у видів амаранта між вмістом олії в насінні і довжиною волоті.

Залежність між вмістом олії і масою 1000 насінин коливалася від середньої позитивної в *A. hypochondriacus* ( $r = 0,58$ ) до високої позитивної в *A. cruentus* і *A. hybridus* ( $r = 0,80$  і  $r = 0,84$  відповідно). Між вмістом протеїну в насінні і довжиною волоті встановлено високу від'ємну залежність у *A. hybridus* ( $r = -0,98$ ), середню від'ємну в *A. hypochondriacus* ( $r = -0,58$ ) і слабку позитивну в *A. cruentus* ( $r = 0,12$ ).

Залежність між вмістом протеїну в насінні і масою 1000 насінин коливалася у видів від високої позитивної у *A. cruentus* ( $r = 0,96$ ) до її відсутності у *A. hypochondriacus*. Між насінневою продуктивністю і довжиною волоті залежність у видів також була різною – від високої позитивної в *A. cruentus* до високої від'ємної в *A. hybridus*. Залежність між насінневою продуктивністю волоті і масою 1000 насінин коливалася від незначної від'ємної до нульової. Між вмістом протеїну в насінні і довжиною волоті встановлено високу від'ємну залежність у *A. hybridus* ( $r = -0,98$ ), середню від'ємну в *A. hypochondriacus* ( $r = -0,58$ ) і слабку позитивну в *A. cruentus* ( $r = 0,12$ ). Високою була залежність у *A. hypochondriacus* ( $r = 0,78$ ) між висотою рослини і насінневою продуктивністю, в інших видів вона мала слабовиражений характер.

Довжина волоті не впливала на масу 1000 насінин у *A. hybridus* і мала слабовиражений характер у *A. cruentus* і *A. hypochondriacus*. Від слабкої позитивної у *A. hypochondriacus* до середньої від'ємної у *A. hybridus* коливалася залежність між довжиною волоті і висотою рослин. Висока залежність між вмістом протеїну і вуглеводів у зеленій масі була характерна для *A. hypochondriacus* та *A. cruentus*, слабовиражений від'ємний характер вона мала в *A. hybridus*. Висота рослини і її маса відзначалися високою позитивною залежністю у всіх трьох видів. Від'ємна залежність – від високої в *A. hypochondriacus* і *A. hybridus* до слабкої в *A. cruentus* – була між масою рослини та вмістом протеїну і вуглеводів у зеленій масі. Високу позитивну кореляцію для всіх видів амаранта було встановлено між висотою рослин і врожайністю зеленої маси.

Залежність між урожайністю зеленої маси і вмістом протеїну в зеленій масі коливалася від високої позитивної в *A. hybridus* ( $r = 0,94$ ) до високої від'ємної в *A. hypochondriacus* ( $r = -0,89$ ). Від'ємною була залежність між урожайністю зеленої маси і вмістом вуглеводів з коливаннями від високої у *A. hypochondriacus* ( $r = -0,9$ ) до середньої у

*A. hybridus* і *A. cruentus* ( $r = -0,33$  і  $r = -0,37$ ). Високу позитивну залежність встановлено між урожайністю зеленої маси і масою однієї рослини.

Залежність між урожайністю зеленої маси і врожайністю насіння була високою тільки у *A. cruentus*, а в *A. hybridus* і *A. hypochondriacus* залежність між цими ознаками була відсутня. Високу позитивну кореляцію у всіх видів спостерігали між урожайністю насіння і насінневою продуктивністю волоті. Від слабкої до середньої була залежність між урожайністю насіння і висотою рослин.

Таким чином, проведений аналіз кореляційних залежностей між ознаками продуктивності та урожайністю зеленої маси і насіння, а також показниками якості – вмістом вуглеводів і протеїну в зеленій масі та протеїну і олії в насінні, переконливо свідчить про відмінність між видами за характером кореляційних зв'язків між цими ознаками і необхідність їх урахування у селекційній роботі.

На основі узагальнених результатів багаторічного вивчення біологічних і генетичних особливостей видів амаранта та аналізу ефективності методів селекційної роботи з ним визначено, що інтродукція цієї рослини в умовах Лівобережжя Лісостепу України є лише першим кроком до її введення в культуру.

Для подальшого успішного вирощування амаранта необхідно дотримуватися певних вимог. Зокрема, одим із провідних факторів є забезпечення виробництва сортами, відсутність яких, як вважав М.І. Вавилов [39], ускладнює введення нових рослин у культуру [315].

Успіх селекційного поліпшення будь-якої рослини, яку вводять у культуру, значною мірою залежить від чіткого дотримання схеми інтродукційного вивчення і ведення селекційного процесу, яка б передбачала визначення перспективності виду в господарському відношенні, його адаптивних властивостей, методів створення та виділення вихідного матеріалу з урахуванням особливостей системи запилення.

На нашу думку, інтродукційне вивчення та селекційну роботу з амарантом доцільно здійснювати за схемою, наведеною на рис. 4.3. Згідно із цією схемою, на першому етапі в інтродукційному розсаднику передбачено первинне вивчення та розмноження інтродуцентів, визначення їх перспективності в господарському відношенні та інтродукційної стійкості.



Рис. 4.3. Схема інтродукції і селекції амаранта

Селекційне поліпшення амаранта, враховуючи схильність рослини до перехресного запилення, краще проводити із застосуванням методу періодичного добору з індивідуальною оцінкою за потомством та з подальшим перезапиленням кращих родин, основні положення якого було розроблено академіком В.С. Пустовойтом для соняшнику.

Як вихідний матеріал використовують кращі родини з розсадника спрямованого перезапилення, вітчизняні та зарубіжні сорти, міжсортіві і міжвидові гібриди.

У розсадниках першого й другого року вивчення оцінюють родини за всіма господарсько цінними ознаками. Після проведення оцінки і бракування насіння кращих родин з резерву групують за подібністю господарсько цінних ознак і висівають на просторово ізольованих ділянках у розсаднику спрямованого перезапилення кращих родин.

До цвітіння в розсадниках спрямованого перезапилення проводять негативний добір за такими ознаками, як тривалість вегетаційного періоду, висота рослин, форма і забарвлення волоті та ін.

Якісно проведена оцінка і бракування рослин до цвітіння є важливим моментом селекційної роботи, що дозволяє запобігти перезапиленню з небажаними генотипами.

Попереднє і конкурсне сортовипробування кращих номерів проводять з використанням насіння, одержаного в розсадниках спрямованого перезапилення. Перед передачею в державне сортовипробування здійснюють розмноження кращих номерів, яким присвоюють назву сорту.

Дотримання такої схеми, на нашу думку, дозволить запобігти вирощуванню видів і форм амаранта з низьким господарським і адаптивним потенціалом, сприятиме підвищенню культури землеробства. Результатом застосування цієї схеми стало створення нами семи сортів різних напрямків використання.

**Сорт Ультра** – створено шляхом обробки насіння сорту Білонасінний НЕС в концентрації 0,012 %. Занесений до реєстру сортів рослин України у 1998 р. [354] (рис. 4.4).

Вид *A. hybridus*. Рослини висотою до 105 см. Листя зелене, опушення відсутнє. Суцвіття – напівстисла компактна волоть, світло-зелена, при дозріванні жовтого забарвлення. Насіння біле. Сорт стійкий до вилягання й обсіпання. Урожайність насіння – 14 ц/га. У насінні міститься до 5 % олії.

**Сорт Харківський** одержано шляхом застосування індивідуального добору з популяції *A. hypochondriacus* (К-7). Занесений до реєстру сортів рослин України у 2001 р. як лікарський сорт [357] (рис. 4.5).

Вид *A. hypochondriacus*. Рослини висотою до 160 см. Стебло і листки зелені, волоть біла, компактна, довжиною 60 см. Насіння біле, маса 1000 насінин 0,65 г, вміст олії до 8 %. Урожайність зеленої маси за результатами сортовипробування становила 600 ц/га. За результатами перевірки лікувальних властивостей в інституті проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського олію насіння амаранта сорту Харківський 1 рекомендовано для подальшого вивчення в медичних закладах з метою можливого клінічного застосування для запобігання та лікування цукрового діабету другого типу і виразки хвороби шлунку.



**Сорт Сем** створено шляхом індивідуального добору із зразка *A. hypochondriacus* (Panishmen). Занесений до реєстру сортів рослин України у 2002 р. [360] (рис. 4.6).

Вид *A. hypochondriacus*. Рослина висотою 127,7 см, стебло і листки червоні. Волоть червона розлога, довжиною 47 см. Стійкість до посухи – 7 балів, стійкість до обсіпання і вилягання – 9 балів. Сорт середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду 110 днів. Вміст у насінні білка – 19,5 %, олії – 6,7 %. Урожайність насіння за результатами сортовипробування в середньому становила 23,4 ц/га. Сорт рекомендовано для вирощування на зерно в степовій, лісостеповій зонах та Поліссі. У результаті проведеної в інституті проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського перевірки лікувальних властивостей олії сорту Сем було встановлено її протизапальну активність і протективний ефект щодо розвитку експериментальної інсулінорезистентності.

**Сорт Лера** одержано шляхом індивідуального добору із зразка *A. hypochondriacus* (К-14); занесено до реєстру сортів рослин України у 2002 р. [359] (рис. 4.7).

Вид *A. hypochondriacus*. Рослини висотою до 165 см. Стебло зелене, листя зелене з червоними прожилками. Волоть довжиною 54 см, червона, компактна. Насіння біле, маса 1000 насінин – 0,7 г. Стійкість до вилягання – 9 балів, до обсіпання – 8 балів. Сорт середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 100–105 днів. Вміст у насінні білка – 20,6 %, олії – 7,0 %. Урожайність насіння за результатами сортовипробування становила 21,1 ц/га. Сорт рекомендовано для вирощування на зерно в степовій, лісостеповій зонах та Поліссі.

**Сорт Студентський** створено шляхом індивідуального добору із зразка *A. hypochondriacus* (К-1267). Занесено до Реєстру сортів рослин України у 2009 р. (рис. 4.8).

Вид *A. hypochondriacus*. Рослини висотою до 125 см. Стебло руде, листя зелене з рудими прожилками. Волоть довжиною до 40 см, руда, компактна. Насіння біле, маса 1000 насінин – 0,8 г. Стійкість до вилягання та обсіпання – 9 балів. Сорт середньостиглий – 125 днів. Вміст білка в насінні 18,6 %. Урожайність насіння до 30 ц/га.

Крім перерахованих сортів, нами було створено ще три сорти амаранта: Надія, Роганський і Вогняна кулька, які за результатами державного сортовипробування рекомендовано для використання в квітникарстві.

**Сорт Роганський** одержано в результаті міжвидової гібридизації *A. caudatus* × *A. mantegazzianus* з подальшим проведенням індивідуального добору (рис. 4.9).

Вид *A. caudatus*. Рослини висотою до 110 см з розтягнутим періодом цвітіння. Волоть жовта, довжиною 45 см, розгалужена. Насіння жовте, маса 1000 насінин 0,45 г. Рекомендований для озеленення [356].

**Сорт Надія** отримано шляхом індивідуального добору зі зразка *A. caudatus*. Занесений до реєстру сортів рослин України у 2000 р. [355] (рис. 4.10).

Вид *A. caudatus*. Стебло прямостояче, висота 150–170 см. Листки зелені з червоним жилкуванням. Суцвіття – поникла волоть, завдовжки 50–75 см, червоного кольору. Тривалість цвітіння 25–30 днів. Насіння дрібне, чорне, округле. Маса 1000 насінин 0,6 г. Вегетаційний період 125–130 днів. Напрямок використання – озеленення.

**Сорт Вогняна кулька** одержано шляхом схрещування видів *A. mantegazzianus* × *A. caudatus*. Вид *A. mantegazzianus*. Рослина висотою до 111 см. Тривалість вегетаційного періоду 110 днів, період цвітіння розтягнутий. Волоть руда, з укороченими гілочками кулястої форми. Насіння жовте, маса 1000 насінин 0,6 г. Рекомендований для озеленення [358] (рис. 4.11).

#### **4.4. Індукований мутагенез і його значення для селекції амаранта**

Для прискорення селекційного процесу в амаранта велике значення має використання експериментального мутагенезу. При цьому успіх селекційної роботи значною мірою залежить від удалого вибору мутагенів і використовуваних доз [78; 85; 91–92; 106].

Ведення мутаційної селекції в амаранта ускладнюється ще й тим, що у цієї культури, хоча вона і належить до рослин зі змішаною системою запилення, значний процент становить перехресне запилення, що вимагає проведення обов'язкової ізоляції (рис. 4.12).

Вплив мутагенних факторів на рослини в рік обробки надзвичайно багатоманитний і включає як генетичну, так і фізіологічну дію [140–141]. Тому вивчення чутливості рослин до мутагенної дії має велике значення як для теорії пізнання механізмів мутаційного процесу, так і для практики мутаційної селекції [41; 258].



Рис. 4.1. Вид *A. hypochondriacus*



Рис. 4.2. Гібрид F1 між *A. hypochondriacus* і *A. retroflexus*



Рис. 4.4. Волоть сорту амаранта  
Ультра



Рис. 4.5. Волоть сорту амаранта  
Харківський 1



Рис. 4.6. Волоть сорту амаранта  
Сем



Рис. 4.7. Волоть сорту амаранта Лера



Рис. 4.8. Волоть сорту амаранта  
Студентський



Рис. 4.9. Волоть сорту амаранта  
Роганський



Рис. 4.10. Волоть сорту амаранта Надія



Рис. 4.11. Волоть сорту амаранта  
Вогняна кулька



Рис.4.12. Ізоляція рослин амаранта пергаментними ізоляторами

**4.4.1. Вплив мутагенних факторів на ріст і розвиток рослин  $M_1$ .** Вивчення впливу мутагенних факторів на рослини першого покоління є необхідним етапом роботи в мутаційній селекції, у результаті якого визначають ступінь ушкоджувального впливу мутагенних факторів на ріст і розвиток рослин, ступінь токсичності мутагенних факторів, чутливість рослин до відповідних факторів, зв'язок показників рослин покоління  $M_1$  з виходом мутацій та інші важливі характеристики [352].

Результати досліджень з радіаційного і хімічного мутагенезу, проведені на рослинах, свідчать про те, що основними, найбільш надійними критеріями чутливості рослин до мутагенної дії є лабораторна і польова схожість насіння, виживаність рослин, ступінь пригнічення росту проростків і дорослих рослин, фертильності, частоти перебудов хромосом у перших мітозах [41; 140; 149; 170; 397]. Саме ці показники були визначені нами у рослин  $M_1$  різних генотипів амаранта під впливом мутагенів.

Результати досліджень на різних видах амаранта: волотистому (*A. cruentus*); хвостатому (*A. caudatus*); аргентинському (*A. hybridus*); понтійському (*A. mantegazzianus*) – показали, що зниження польової схожості відбувається у *A. mantegazzianus* та *A. hybridus* під впливом гамма-випромінювання внаслідок підвищення дози опромінення та концентрації ЕІ. Насіння, оброблене ЕІ в концентрації 0,5–0,1 % і гамма-променями в дозах 40–15 кР або повністю втрачало схожість, або вона становила 2–16 %. Однак проростки, які залишилися (при цьому їх поява запізнювалася строком на сім днів порівняно з контролем), припиняли свій ріст, а розміри сім'ядолей збільшувалися (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

**Вплив гамма-випромінювання на довжину та ширину сім'ядолей у *A. hybridus*, 1991–1992 рр.**

Варіант	Довжина сім'ядолей, см $X \pm S_x$	Ширина сім'ядолей, см $X \pm S_x$
Без обробки	1,2 $\pm$ 0,2	0,3 $\pm$ 0,1
Обробка гамма-променями 15 кР	1,9 $\pm$ 0,4	0,5 $\pm$ 0,1

Потім сім'ядолі жовкли і засихали. Це пояснюється тим, що за дії мутагенних чинників часто відбувається ріст клітин шляхом розтягнення, унаслідок чого насіння проростає, а потім гине [397].



Інколи, наприклад у разі обробки гамма-променями, як це було встановлено у *A. hybridus* (15 кР), схожі були нормальними і за схожістю дослідні варіанти навіть перевищували контрольні. Але вже через тиждень ситуація різко змінювалася, опромінення призводило до значної загибелі зовні нормальних рослин (табл. 4.16 – 4.17).

Таблиця 4.16

**Вплив гамма-променів на схожість насіння *A. hybridus* в М<sub>1</sub>, 1990 р.**

Варіант	Схожість насіння, %			Вживаність рослин, %
	лабораторна	польова		
		22.05	31.05	
Без обробки	91	20	16	80
10 кР	96	25	22	88
15 кР	94	22	12	54
30 кР	92	16	2	12
НІР05	3	1	2	

Енергія проростання насіння *A. hybridus* у варіанті з обробкою гамма-променями в дозі 30 кР дорівнювала в 1991 р. – 35 %, у 1992 р. – 67 %, в 1993 – 34 %; лабораторна схожість відповідно 61, 92, 53 %, польова – 14, 2, 0 %. Зі зниженням концентрації мутагенів схожість насіння підвищувалася (табл. 4.18). В окремих випадках у досліді низькі дози мутагенів стимулювали польову схожість насіння. Зокрема, у виду *A. cruentus* стимулюючий ефект відзначено за дії ДЕС 0,1 %, у *A. caudatus* – за дії ДЕС 0,1 %, НМС 0,025 %, НМС 0,05 % (табл. 4.18).

Серед вивчених видів амаранта найбільш чутливим до дії мутагенних факторів був *A. hybridus*. Підвищену чутливість *A. hybridus* можна пояснити наявністю в цього виду великої кількості рецесивних ознак, які, як відомо, значно чутливіші до дії мутагенних факторів, ніж домінантні.

Рослини, які вирости з насіння, обробленого мутагенами високих концентрацій та доз випромінювання, відрізнялися значною депресією в рості протягом усього вегетаційного періоду.

Таблиця 4.17

**Вплив гамма-опромінення на схожість і виживаність рослин амаранта сортів  
Студентський, Харківський-1 і Сем виду *A. hypochondriacus*, %, 2013–2015 рр.**

Варіант	Студентський						Харківський -1						Сем					
	Лабораторна схожість	Частка ознаки(р)	Полева схожість	Частка ознаки (р)	Вживаність рослин	Частка ознаки(р)	Лабораторна схожість	Частка ознаки (р)	Полева схожість	Частка ознаки (р)	Вживаність рослин	Частка ознаки (р)	Лабораторна схожість	Частка ознаки (р)	Полева схожість	Частка ознаки (р)	Вживаність рослин	Частка ознаки (р)
Без обробки	98	0,98	55	0,55	78	0,78	96	0,96	58	0,58	80	0,8	95	0,95	50	0,5	77	0,77
15 Гр.	96	0,96	49	0,49	75	0,75	94	0,94	55	0,55	78	0,78	93	0,93	48	0,48	75	0,75
30 Гр.	94	0,94	45	0,45	70	0,7	92	0,92	48	0,48	71	0,71	91	0,91	43	0,43	71	0,71
40 Гр.	93	0,93	43	0,43	68	0,68	91	0,91	46	0,48	70	0,7	90	0,9	40	0,4	69	0,69
150 Гр.	92	0,92	39	0,39	50	0,5	91	0,91	36	0,36	55	0,55	89	0,89	37	0,37	52	0,52
400 Гр.	91	0,91	2	0,02	-	-	89	0,89	3	0,03	-	-	89	0,89	5	0,05	-	-
700 Гр	88	0,88	-	-	-	-	87	0,87	-	-	-	-	87	0,87	-	-	-	-
НІР <sub>0,05</sub>		0,03		0,02		0,06		0,03		0,02		0,05		0,04		0,05		0,04

Вплив мутагенних чинників на схожість насіння амаранта в М<sub>1</sub>, %

Варіант	Вид											
	<i>A. cruentus</i>			<i>A. caudatus</i>			<i>A. hybridus</i>			<i>A. mantegazzianus</i>		
	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Полева схожість	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Полева схожість	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Полева схожість	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Полева схожість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1989 р.												
Без обробки	70	95	26	72	98	21	75	91	26	-	-	-
Вода	80	100	35	75	97	25	76	95	28	-	-	-
10 кР	65	86	18	70	94	18	73	96	20	-	-	-
15 кР	63	84	19	75	96	20	70	94	12	-	-	-
30 кР	50	74	18	65	88	14	72	92	2	-	-	-
HEM 0,012	50	75	25	50	76	22	50	80	15	-	-	-
HEM 0,025	50	76	22	50	73	18	45	80	12	-	-	-
HEM 0,05	45	74	18	46	72	16	46	78	10	-	-	-
HP05			2			2			2			
1991 р.												
Без обробки	64	73	52	92	93	56	48	70	43	-	-	-
10 кР	69	73	29	63	92	37	49	60	25	-	-	-
15 кР	73	81	35	75	89	10	55	77	16	-	-	-
30 кР	59	73	40	63	84	37	35	61	14	-	-	-
Вода	27	59	30	43	91	26	77	77	28	-	-	-
ДЕС 0,1	60	72	38	53	93	66	63	63	26	-	-	-
ДЕС 0,2	22	57	25	64	79	30	53	53	18	-	-	-
ДЕС 0,5	67	72	22	85	91	27	54	54	11	-	-	-
НМС 0,025	23	57	33	79	91	61	62	62	17	-	-	-
НМС 0,05	34	54	17	81	87	65	48	48	12	-	-	-
НМС 0,1	51	67	12	57	77	11	43	43	20	-	-	-
НЕС 0,012	45	68	30	50	20	60	61	61	25	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
НІР05			2			3			1			
1992 р.												
Без обробки	90	97	42	86	90	40	80	88	42	84	90	30
10 кР	89	90	25	88	92	9	88	88	7	89	90	22
15 кР	92	98	17	79	91	10	81	92	12	84	93	25
30 кР	99	92	14	69	80	6	67	94	2	86	94	10
40 кР	92	94	16	47	82	7	63	92	0	90	92	3
Вода	90	98	24	92	94	46	82	86	20	85	90	28
ЕІ 0,001	92	94	15	94	100	40	84	86	21	90	93	19
ЕІ 0,01	87	96	16	88	94	12	85	98	14	92	98	17
ЕІ 0,05	84	92	18	56	64	14	13	82	10	68	72	14
ЕІ 0,1	86	90	13	9	28	5	0	4	0	69	73	8
ЕІ 0,5	81	84	16	0	0	1	0	1	0	1	1	0
НІР05			2			2			3			2
1993 р.												
Без обробки	92	96	43	91	94	50	60	65	28	-	-	-
10 кР	91	94	62	91	96	55	51	58	19	-	-	-
15 кР	92	95	40	84	93	53	43	56	5	-	-	-
30 кР	97	98	38	50	65	15	34	53	0	-	-	-
40 кР	95	97	40	47	61	8	32	66	0	-	-	-
Вода	91	94	38	87	90	25	50	57	20	-	-	-
ЕІ 0,001	88	92	25	88	89	14	39	40	16	-	-	-
ЕІ 0,01	88	92	36	1	2	0	32	52	11	-	-	-
ЕІ 0,05	84	87	28	19	30	16	2	2	0	-	-	-
ЕІ 0,1	80	84	28	0	0	0	0	0	0	-	-	-
ЕІ 0,5	75	79	12	0	0	0	0	0	0	-	-	-
НІР05			2			2			2			

Серед рослин  $M_1$ , які зійшли, окремі особини протягом вегетації гинули (як правило, до плодоутворення). Значну загибель рослин у *A. hybridus* помічено під дією гамма-випромінювання та ЕІ, вже починаючи з концентрації 0,01 %, у *A. caudatus* – під дією гамма-випромінювання в дозах 30, 40 кР та ЕІ, починаючи з концентрації 0,05 %. У *A. cruentus* виживаність дещо знижувалася під дією гамма-випромінювання в дозах 30, 40 кР (табл. 4.19).

## Вплив мутагенів на виживаність рослин амаранта

Варіант	Концентрація, %; доза мутагену	Вид			
		<i>A. cruentus</i>	<i>A. caudatus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. mantegaz-zianus</i>
1	2	3	4	5	6
1991 р.					
Без обробки		74	87	72	-
Обробка водою		79	95	80	-
Гамма-опромінення	10 кР	64	76	51	-
	15 кР	62	76	50	-
	30 кР	55	60	13	-
ДЕС	0,1	90	77	89	-
ДЕС	0,2	83	76	80	-
ДЕС	0,5	75	74	71	-
НМС	0,025	76	90	95	-
НМС	0,05	79	78	77	-
НМС	0,1	69	58	74	-
НЕС	0,012	70	71	52	-
НІР05		4	4	4	
1992 р.					
Без обробки		78	76	70	76
Обробка водою		72	78	54	64
ЕІ	0,001	94	57	37	96
	0,01	82	50	25	62
	0,05	74	44	0	75
	0,1	84	37	0	58
	0,5	74	0	0	0
Гамма-опромінення	10 кР	75	100	0	65
	15 кР	75	22	0	84
	30 кР	52	15	0	43
	40 кР	51	0	0	0
НІР05		4	5	9	5
1993 р.					
Без обробки		98	100	100	-
Обробка водою		100	100	100	-
ЕІ	0,001	88	64	75	-
	0,01	90	64	50	-
	0,05	64	50	-	-

1	2	3	4	5	6
	0,1	55	0	-	-
	0,5	46	0	-	-
Гамма- опромінення	10 кР	100	100	98	-
	15 кР	90	99	0	-
	30 кР	76	25	0	-
	40 кР	75	50	0	-
НІР05		3	3	4	

За даними деяких учених, депресія в рості рослин безпосередньо пов'язана з їх загибеллю. Чим сильніша депресія в рості рослин, тим більше їх гине. Зменшення висоти рослин  $M_1$  у два рази порівняно з контролем у стільки ж разів збільшує їх загибель [259].

Під впливом високих концентрацій та доз мутагенів спостерігали відставання в рості рослин амаранта вже на початку вегетації (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

### Вплив мутагенів на висоту рослин амаранта $M_1$

Варіант	Концен- трація, %; доза мутагену	Висота рослин, см					
		1992 р.		1993 р.			
		25.05	15.09	13.07	22.07	2.08	10.09
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Вид A. hybridus</i>							
Без обробки		46,4	115,4	62,3	89,8	121	149,3
Обробка водою		47,7	85,1	57,8	88,7	122	163,8
ЕІ	0,01	40,9	140,6	60,1	90,5	130,9	164,3
	0,001	30	100	66,9	101,2	134,8	18,4
	0,05	47,4	120,2	-	-	-	-
Гамма- опромінення	10кР	30,7	105,8	40,2	63,6	98,3	147,6
	15кР	28,6	47,3	-	-	-	-
V, %		19,9	19,2	17,8	16,0	11,7	6,0
Sv		5,9	5,5	5,2	4,7	3,4	1,7
<i>Вид A. cruentus</i>							
Без обробки		46,4	115,4	62,7	118,7	153,8	159,3
Обробка водою		47,7	85,1	61,8	100,8	136,6	169,1
ЕІ	0,01	40,9	140,6	53	98,4	143,9	180,4
	0,1	-	-	46	95,7	147,4	177,5
	0,05	47,4	120,2	46	96,2	137,9	193,3
	0,001	30	100	58,7	106,2	141,1	173,9
	0,5	42	-	57,8	100,3	142,7	174,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Гамма-опромінення	10кР	30,7	105,8	58,1	98,6	151,4	178
	15кР	28,6	47,3	53,8	98,8	142,8	178,7
	30кР	-	-	35,7	75,6	116,5	158,7
	40кР	-	-	34,9	62,8	97,8	111,4
V, %		20,9	19,1	19,0	15,5	11,9	12,6
Sv		6,2	5,7	5,6	4,5	3,5	3,7
Вид <i>A. caudatus</i>							
Без обробки		28,1	104,7	37,9	66,8	104,3	122,5
Обробка водою		26,4	101,8	35	62,4	105,1	120,4
EI	0,05	21,5	98,3	33,4	61,4	100,2	146,5
	0,1	15,4	90	-	-	-	-
	0,001	26,1	105,4	37	69,8	112,2	138,5
Гамма-опромінення	10кР	27,9	103,2	32,4	62,7	93,8	123,8
	15кР	27	100	35,4	73	111,4	141,8
	40кР	25	98,4	25,5	43,5	74,5	129,3
V, %		17,4	4,9	6,0	8,5	7,6	7,8
Sv		5,1	1,4	2,0	2,4	2,2	2,2

Високі дози хімічних мутагенів і гамма-випромінювання знижують запліднювальну здатність пилку і жіночу фертильність [570].

Результати дослідження впливу гамма-випромінювання на господарсько цінні ознаки у сортів Студентський, Харківський-1 і Сем виду *A. hypochondriacus* показали суттєве пригнічення рослин амаранта за висотою, довжиною і продуктивністю волоті. Негетивний ефект збільшувався зі збільшенням дози мутагену (табл. 4.21).

Таблиця 4.21

**Вплив гамма-опромінення на висоту рослин, довжину волоті і масу насіння з волоті в амаранта виду *A. hypochondriacus*, 2014–2015 рр.**

Варіант	М-покоління	Студентський			Харківський-1			Сем		
		висота рослини, см	довжина волоті, см	маса насіння з волоті, г	висота рослини, см	довжина волоті, см	маса насіння з волоті, г	висота рослини, см	довжина волоті, см	маса насіння з волоті, г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Без обробки	M <sub>1</sub>	175	50	5,5	173	55	6,0	172	53	6,5
15 Гр.		172	47	5,3	171	51	5,5	168	50	5,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
30 Гр.	M <sub>1</sub>	170	45	5,0	168	48	4,5	166	49	5,4
40 Гр.		168	42	4,5	166	45	4,0	162	45	4,5
150 Гр		165	39	4,0	160	41	3,5	158	42	4,1
400 Гр.		0	0	0	0	0	0	125	21	1,8
700 Гр		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Коефіцієнт варіації V, %		2,2	9,6	12,5	3	11,2	22,1	10,8	27	35
Без обробки	M <sub>2</sub>	172	49	5,3	175	54	5,8	177	51	6,3
15 Гр.		170	46	5,0	169	51	5,3	172	48	5,6
30 Гр		164	41	4,3	161	44	4,5	167	42	5,1
40 Гр.		162	38	4,0	159	40	4,1	163	40	4,5
150 Гр		159	35	3,5	155	37	3,7	160	34	3,2
400 Гр		0	0	0	0	0	0	141	30	2,8
Коефіцієнт варіації V, %		3,3	13,6	16,7	4,9	15,9	18,3	7,7	19,1	29,7

У наших дослідженнях з вивчення впливу мутагенних факторів на фертильність пилку амаранта *A. hybridus* було встановлено, що високі дози хімічних мутагенів, наприклад НМС у концентрації 0,1 %, знижували фертильність пилку на 10–20 %, гамма-випромінювання в дозі 15 кР – на 18–23 %, 30 кР – на 26 % (табл. 4.22). Рослини, які розвинулися з насіння, обробленого гамма-променями дозою 40 кР, були повністю стерильні.

Таблиця 4.22

**Вплив мутагенів на фертильність пилку виду амаранта  
*A. hybridus* в M<sub>1</sub>.**

Варіант	Концентрація, %; доза	Фертильність пилку, %	
		1991 р.	1992 р.
1	2	3	4
Без обробки	-	91,1	94,3
Обробка водою	-	96,2	96,2
НМС	0,025	95,7	90,5
	0,05	90,5	94,8
	0,1	78,5	85,7
ДЕС	0,1	96,9	-
	0,2	83,2	-
	0,5	82,7	-
ЕІ	0,001	-	96,9
	0,01	-	95,4



1	2	3	4
	0,1	-	90,4
Гамма-опромінення	10кР	76,6,	83,2
	15кР	68,1	75,6
	30кР	64,9	-
НІР05		2,9	2,4

Високі концентрації мутагенів, а також високі дози опромінення пригнічують розподіл клітин, руйнують меристеми верхівкових і кореневих точок росту [144; 422]. З підвищенням концентрації мутагенів різко зменшується довжина кореневої системи, маса надземної частини і коренів [259].

В наших дослідженнях опромінення в дозі 30 кР у найбільш чутливого виду *A. hybridus* зменшувало довжину корінців порівняно з контролем у 3,0 і 1,7 рази (табл. 4.23).

У варіантах із застосуванням гамма-випромінювання в дозах 30 і 40 кР у рослин виду *A. hybridus* в польових умовах розвиток стрижневого кореня припинявся, корінь потовщувався і рослина починала стелитися (рис. 4.13)



Рис. 4.13. Морфологічні зміни у розвитку кореневої системи рослин виду амаранта *A. hybridus* під дією гамма-променів у дозах 30 і 40 кР

**Вплив мутагенів на довжину кореневої системи та ростків  
у семиденних проростків амаранта М<sub>1</sub>**

Варіант	Концентрація, %; доза мутагену	Вид					
		<i>A. hybridus</i>		<i>A. cruentus</i>		<i>A. caudatus</i>	
		довжина корінця, см X±Sx	довжина ростка, см X±Sx	довжина корінця, см X±Sx	довжина ростка, см X±Sx	довжина корінця, см X±Sx	довжина ростка, см X±Sx
1991 р.							
Обробка водою		4,3±0,2	3,6±0,4	3,1±0,2	3,4±0,2	2,4±0,2	3,3±0,2
Без обробки		3,7±0,2	3,0±0,4	2,9±0,2	3,4±0,2	2,2±0,2	3,1±0,1
НМС	0,025	4,4±0,2	3,9±0,4	3,2±0,2	4,1±0,2	1,8±0,2	3,3±0,2
	0,05	3,0±0,2	4,2±0,2	2,8±0,2	4,1±0,2	2,3±0,2	3,1±0,1
	0,1	2,9±0,2	4,1±0,2	3,2±0,2	4,0±0,2	2,0±0,1	2,9±0,1
ДЕС	0,05	3,6±0,2	4,0±0,4	2,9±0,4	3,3±0,2	1,6±0,1	2,5±0,1
	0,1	4,0±0,2	4,7±0,2	3,2±0,2	3,5±0,2	2,0±0,1	3,1±0,1
	0,2	3,2±0,2	4,4±0,2	2,3±0,1	3,9±0,2	2,2±0,1	3,2±0,1
Гамма-опромінення	10кР	3,2±0,2	3,2±0,4	2,7±0,2	3,7±0,2	2,4±0,2	3,2±0,2
	15кР	2,2±0,2	2,8±0,4	2,6±0,1	3,5±0,2	2,4±0,2	3,3±0,2
	30кР	1,5±0,1	2,2±0,2	3,2±0,1	4,3±0,2	1,9±0,2	2,8±0,1
1993 р.							
Обробка водою		3,1±0,1	2,7±0,4	3,7±0,2	2,3±0,2	3,8±0,2	2,5±0,1
Без обробки		3,6±0,1	2,0±0,2	3,6±0,2	1,5±0,2	3,3±0,1	2,2±0,1
Гамма-опромінення	10кР	2,8±0,1	1,4±0,1	3,1±0,2	1,8±0,2	2,8±0,1	1,2±0,1
	15кР	2,2±0,1	1,7±0,2	3,4±0,2	1,6±0,2	3,7±0,1	1,6±0,1
	30кР	2,1±0,1	0,8±0,1	3,4±0,2	1,9±0,2	-	-
	40кР	1,6±0,1	0,8±0,2	3,6±0,2	1,8±0,2	2,1±0,1	0,8±0,1
ЕІ	0,001	2,5±0,1	1,8±0,2	3,6±0,2	1,8±0,2	2,9±0,1	1,6±0,1
	0,01	3,0±0,2	2,7±0,1	2,9±0,2	1,7±0,2	-	-
	0,05	-	-	3,1±0,2	1,6±0,2	2,9±0,2	1,6±0,1
	0,1	-	-	2,8±0,1	1,9±0,2	-	-
	0,5	-	-	2,1±0,2	1,4±0,2	-	-
НЕС	0,012						

**4.4.2. Особливості цитологічного аналізу хромосомних перебудов у корінцях амаранта під впливом мутагенних факторів і розробка методики приготування тимчасових давлених препаратів.** Для визначення впливу мутагенів на життєздатність рослин амаранта ми вивчали роль мутагенних чинників в індукуванні аберацій хромосом.

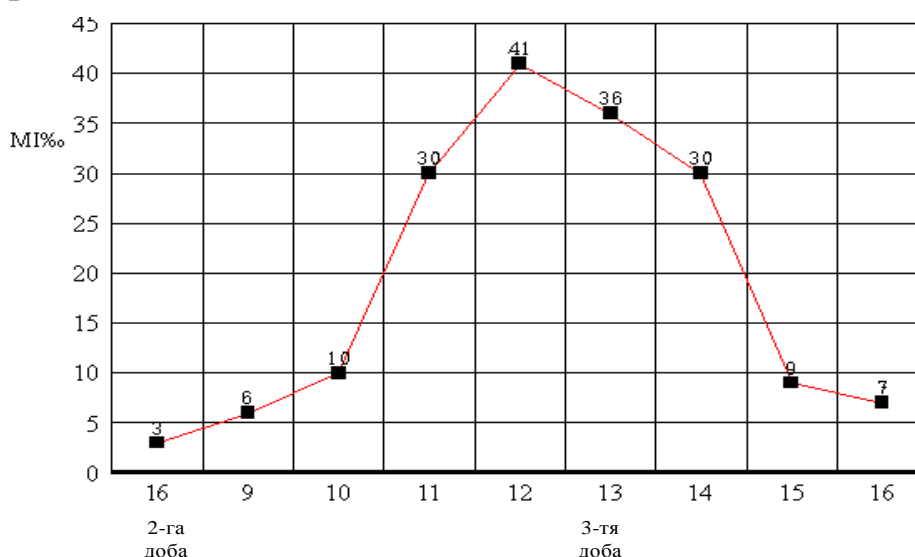
Труднощі одержання якісних препаратів для проведення цитологічних досліджень амаранта полягають у тому, що ця культура особливо реагує на температуру пророщування насіння, що впливає на характер протікання мітозу та його інтенсивність. Дослідження з *Amaranthus hybridus* показали, що температура 20–25 °С уповільнює утворення меристематичних клітин, водночас температура 35 °С сприяє активізації мітозу [88; 100; 362–363] (табл. 4.24).

Таблиця 4.24

**Мітотичний індекс у *A. hybridus* залежно від температури пророщування (3-тя доба)**

Температура пророщування, °С	Проглянуто клітин	Кількість клітин у зоні ділення					МІ, %
		усього	профаза	метафаза	анафаза	телофаза	
20	10000	20	10	10	0	0	2
25	10000	140	40	60	30	10	14
30	10000	410	70	160	110	70	41

Крім того, було встановлено, що характеру протікання мітозу в амаранта притаманна певна періодичність. На рис. 4.14 показано, що залежність мітотичного індексу від часу доби описується кривою з однією вершиною.

Рис. 4.14 Залежність активності мітозу у *A. hybridus* від часу доби

Достовірно підвищення мітотичної активності відзначено вдень при температурному режимі пророщування 35 °С, піку було досягнуто о 12 год дня при тридобовому пророщуванні. Потім спостерігали спад, найменша проліферативна активність була о 16 год. При температурному режимі пророщування 25 °С мітотична активність зростала надвечір третьої доби. Свого піку вона досягала о 19 год, а вже о 20 год спостерігали значний спад.

Мітотичний індекс, необхідний для встановлення добової ритміки мітотичної активності, визначали з урахуванням кожної фази мітозу (див. табл. 4.22), що дозволило дослідити зміну кінетики мітозу протягом доби (рис. 4.15).

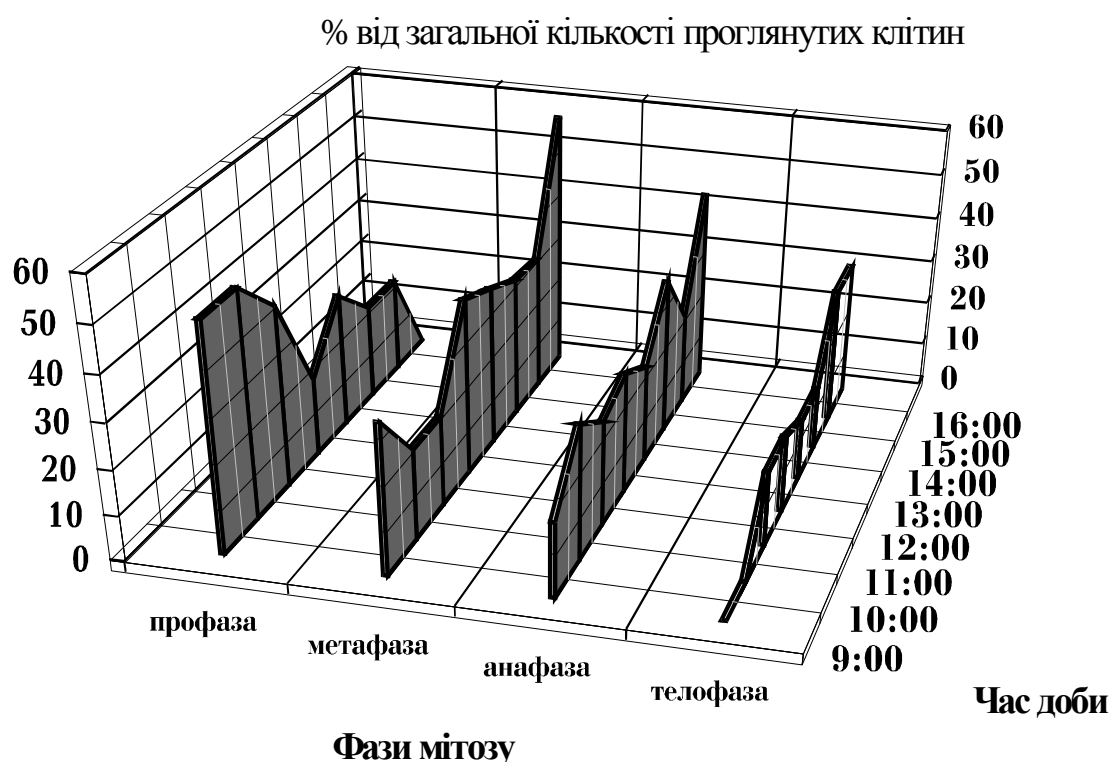


Рис. 4.15. Співвідношення фаз безпосередньо мітозу в *A. hybridus* протягом доби (3-тя доба, 35 °С)

Установлено, що максимум метафаз і анафаз припав на третю добу пророщування о 12 год дня, що обов'язково слід враховувати під час підготовки матеріалу до фіксації. Також визначено, що оптимальна довжина корінців для фіксації сягала 1,0–1,5 см. Корінці більшої або меншої довжини відрізнялися недостатньою кількістю клітин зони активного ділення і були непридатні для проведення досліджень. Вивчення впливу тривалості фіксації матеріалу у фіксаторі Кларка показало, що цей показник має суттєве значення для отримання якісних препаратів. Встановлено, що найбільш

оптимальною експозицією фіксації для амаранта є 12 год. Експозиція більшої або меншої тривалості не дає змоги отримати чітке зображення фаз мітозу під час перегляду тимчасових давлених ацетокармінових препаратів під мікроскопом.

Для отримання якісного зображення клітин у мікроскопічних дослідженнях суттєве значення має спосіб забарвлення корінців: шляхом підігріву і шляхом натурального фарбування (витримування корінців у розчині ацетокарміну протягом чотирьох–п’яти діб).

Експериментальним шляхом було встановлено, що забарвлення корінців амаранта розчином ацетокарміну за умов підігріву викликає помутніння цитоплазми клітин, що ускладнює проведення мікроскопічних досліджень. Проте занурення корінців у барвник на чотири–п’ять діб сприяє поступовому його проникненню в тканину та одержанню матеріалу, придатного для цитологічних досліджень.

Вивчення хромосомних перебудов проводили анафазним методом: з кожного варіанта проглядали 500–600 анафаз. За відношенням кількості анафазних клітин з порушеннями до загальної кількості проглянутих клітин визначали відсоток клітин з порушеннями:

$$\text{Відсоток аберації} = A \cdot 100 : B, \quad (4.1)$$

де  $A$  – кількість анафазних клітин з порушеннями;

$B$  – загальна кількість проглянутих анафазних клітин).

Як відомо, вивчення хромосомних перебудов у перших мітозах дає наповноціннішу інформацію про процеси, які відбуваються під впливом мутагенних факторів на клітинному рівні [29; 286]. Вони є визначальним і важливим показником генетичної активності мутагенних чинників і специфіки їх дії. Деякі вчені вважають, що частота аберацій хромосом у першому мітозі корінців проростків  $M_1$  пов’язана із загальною мутабільністю сорту [141] і суттєво залежить від генотипу сорту і ступеня його гетерозиготності [52; 422].

Як показали результати проведених досліджень, при збільшенні дози гамма-випромінювання спостерігається підвищення частоти хромосомних аберацій. Процент хромосомних аберацій у разі застосування гамма-випромінювання в дозах 30 і 40 кР у найбільш чутливого виду амаранта *A. hybridus* дорівнював відповідно 21,5 і 28,2, у менш чутливого виду *A. cruentus* – 6,6 та 10,0 (табл. 4.25). Високі дози хімічних мутагенів і гамма-випромінювання знижують запліднювальну здатність пилку і жіночу фертильність.

**Активність етіленіміну та гамма-випромінювання в індукованні хромосомних аберацій в амаранта**

Варіант	Концентрація, %; доза мутагену, кР	Досліджено анафазних клітин, шт.	Анафази з абераціями	
			абсолютна кількість, шт.	%
1	2	3	4	5
<i>Вид A. hybridus</i>				
Обробка водою		620	7	1,1
Без обробки		550	5	0,9
Гамма-опромінення	10	534	4	0,7
	15	600	11	1,8
	30	650	140	21,5
	40	620	175	28,2
ЕІ	0,001	630	4	0,6
	0,01	570	12	2,1
	0,05	610	36	5,9
	0,1	620	102	16,5
	0,5	630	135	21,4
НІР05				7,2
<i>Вид A. cruentus</i>				
Обробка водою		600	7	1,1
Без обробки		638	5	0,8
Гамма-опромінення	10	620	11	1,8
	15	580	20	3,4
	30	610	40	6,6
	40	600	60	10,0
ЕІ	0,001	628	5	0,7
	0,01	615	10	1,6
	0,05	650	12	1,8
	0,1	600	12	2,0
	0,5	610	20	3,2
НІР05				8,0
<i>Вид A. caudatus</i>				
Обробка водою		590	8	1,2
Без обробки		570	7	1,4
Гамма-опромінення	10	610	15	2,4
	15	620	20	3,2
	30	630	60	9,5
	40	600	90	15,0
ЕІ	0,001	575	9	1,6

1	2	3	4	5
	0,01	590	12	2,0
	0,05	630	35	5,5
	0,1	650	85	13,1
	0,5	610	131	21,5
НІР05				7,8

Застосування ЕІ в концентрації 0,05 % викликало появу аберацій у *A. hybridus* до 6 %, а в концентрації 0,5 – до 21,4 %. У *A. caudatus* концентрації ЕІ 0,05 % та вище викликали також збільшення кількості хромосомних аберацій. Обробка ЕІ *A. cruentus* суттєво не впливала на структуру хромосом і виникнення хромосомних перебудов, що свідчить про різну генетичну природу досліджуваних видів.

Одним з основних завдань мутаційної селекції рослин є вивчення генетичної активності мутагенних чинників з метою встановлення оптимальних умов для одержання максимальної кількості спадкових змін у вихідного рослинного матеріалу [180].

Класичними і загально визнаними об'єктами дослідження цитогенетичних ефектів радіаційного опромінення є популяції клітин кореневої меристеми проростків насіння. Вивчення рівня мітотичної активності, частоти і спектра утворення клітин з хромосомними абераціями у перших пострадіаційних мітотичних циклах клітин кореневої меристеми дозволяє отримати достовірну оцінку рівня первинних ушкоджень генетичних систем та активності репараційних процесів [340].

Одним з переконливих доказів шкодочинної дії мутагенів і основних показників генетичної мінливості організмів на клітинному рівні є хромосомні аберації. Поява хромосомних аберацій залежить від природи і дози мутагену, чутливості клітин різних генотипів до мутагенної дії [34; 209].

Цитологічними методами досліджень амаранта почав займатися F.W. Grant ще у 60-хх рр. ХХ ст. [496–498], продовжили роботу у 1972 р. Т.N. Khoshoo і М. Pal, які зосередили увагу на більш детальному вивченні хромосом. Починаючи з 90-х рр., учені проводили дослідження з підрахунку кількості хромосом у різних видів амаранта та побудови ідіограм [458; 500; 528; 567; 593].

Для визначення частоти мітотичних порушень використовували анафазний метод: з кожного варіанта проглядали 500–600 анафаз. За відношенням анафазних клітин з порушеннями до загальної кількості

проглянутих анафазних клітин визначали відсоток клітин з порушеннями [92].

Аналіз спектра порушень мітозу показує, що мітотична активність у меристемах корінців амаранта, залежить від дози гамма-опромінення та сорту. Специфіка генотипу виявляється в різній частоті хромосомних аберацій при однакових дозах мутагену. У цілому за частотою мітотичних порушень у кореневій меристемі амаранта після гамма-опромінення сортів Студентський, Харківський 1 та Сем значних відмінностей не спостерігали, але вони відрізнялися за кількістю фрагментів та мостів у клітинах, яка збільшувалася зі зростанням дози мутагену. Так, у сорту Студентський при опроміненні дозою 15 Гр виявлено всього 9 клітин з порушеннями, що становить 1,6 % від загальної кількості клітин, з них 4 клітини з фрагментами та 5 з мостами. При опроміненні цього сорту дозою 700 Гр ідентифіковано 140 клітин з порушеннями, тобто 27,5 % від загальної кількості клітин, із них 58 – з фрагментами, 82 – з мостами (рис. 4.16). У сорту Харківський 1 у разі опромінення в дозі 15 Гр ці показники становили 8 клітин (1,4 %), з яких 3 – з фрагментами, 5 – з мостами; у дозі 700 Гр – 135 клітин (26,7 %), серед яких 60 – з фрагментами та 75 – з мостами (рис. 4.17). У сорту Сем при опроміненні дозою 15 Гр виявлено 9 клітин з порушеннями (1,6 %), серед них 5 – з фрагментами і 4 – з мостами. При дозі 700 Гр порушення мали 134 клітини (28,3 %), при цьому у 66 відмічено наявність фрагментів (рис. 4.18), а у 75 – мостів (табл. 4.26).

Кількість клітин з порушеннями у кореневій меристемі амаранта після гамма-опромінення перевищувала результат, виявлений на контролі, який становив 0,4 % для сортів Студентський та Сем і 0,2 % для сорту Харківський 1.

Як відомо, при високих дозах зниження мітотичного індексу викликає пригнічення синтезу ДНК, пов'язане з порушенням роботи матричних систем клітин. При летальних і сублетальних дозах велике значення для клітин має пряма або опосередкована дія радіації на компоненти хроматину. Під впливом високих доз змінюється структура та функції генома, що проявляється в загальному збільшенні частки клітин з хромосомними абераціями, пригніченні, затримці та навіть повному пригніченні мітозів [347].

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що сорти амаранта виду *A. hypochondriacus* Сем, Харківський 1, Студентський є чутливими до дії гамма-променів. Із збільшенням дози гамма-опромінення спостерігається підвищення частоти





**4.4.3. Вплив мутагенних факторів на виникнення морфозів та мутацій у рослин амаранта.** Одним з основних завдань мутаційної селекції рослин є вивчення генетичної активності мутагенних чинників з метою встановлення оптимальних умов для одержання максимальної кількості спадкових змін у вихідного рослинного матеріалу [180]. Як відомо, спонтанні мутації зумовлені змінами в молекулярній структурі генів, кількості або структурі хромосом. Вони є єдиним джерелом появи принципово нових ознак та властивостей живих організмів.

Виникнення хромосомних перебудов впливає на характер морфологічних і фізіологічних змін у рослин  $M_1$ , особливо під дією високих концентрацій та доз мутагенів. Це такі зміни: м'ясисті сходи; біла основа листя; фасціація стебла; роздвоєність основного стебла в нижній частині; роздвоєність стебла у верхній частині; потрійне стебло; кущова форма; трав'яниста форма; рослина з незавершеним ростом; низькорослі, високорослі і ранньостиглі рослини; компактна і булавоподібна волоті; колосоподібна волоть з розширеною верхівкою; кремениста і борошниста консистенції зерна; потовщення нижньої частини стебла та редукція коренів (рис. 4.19–4.24)

Оцінювали рослини візуально та із застосуванням вимірювальних приладів і фототехніки. Кількісному обліку та якісній характеристиці підлягали всі виділені морфози листя, стебла, суцвіття.

Дослідження впливу опромінення проводили лише в першому пострадіаційному поколінні. Отримані результати дозволили констатувати лише появу морфозів, тобто рослин з морфологічними або іншими змінами. Відомо, що переважна більшість змінених ознак, виявлених в  $M_1$ , не успадковується в  $M_2$  [261]. Морфологічні зміни рослин  $M_1$  можуть бути не мутаційними, а зумовленими фізіологічними причинами (табл. 4.27).

У результаті опромінення у поколінні  $M_1$  було отримано ряд морфозів, пов'язаних зі зміною рослин амаранта. Найчастіше траплялися такі аномалії: розгалуження основного стебла у нижній частині; розгалуження стебла у верхній частині; потрійне стебло; колосоподібна і булавоподібна волоть. Їх перевірка в  $M_2$  підтвердила наявність мутації, а подальше вивчення буде продовжено в  $M_3$ . Відібрано рослини в  $M_2$  зі змінами морфологічних ознак, таких як ранньостиглість, чорний колір насіння у білонасінних сортів, зелена або червона волоть, перевірку яких також буде здійснено в  $M_3$ .

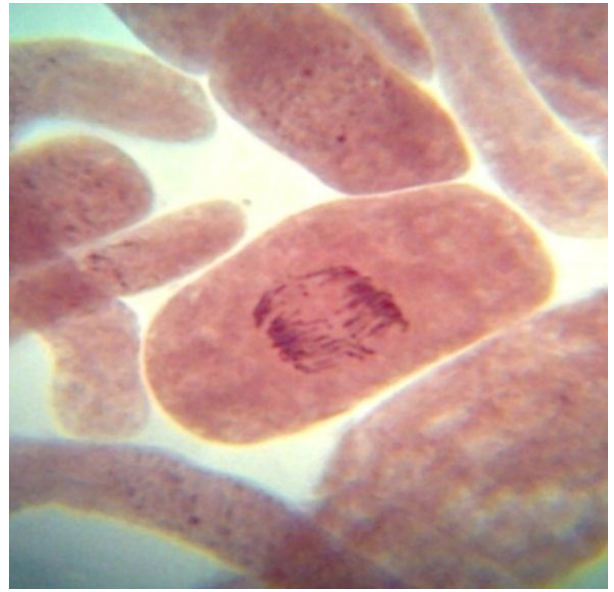


Рис. 4.16. Порушення в анафазних клітинах (мости і фрагменти).  
Сорт Студентський

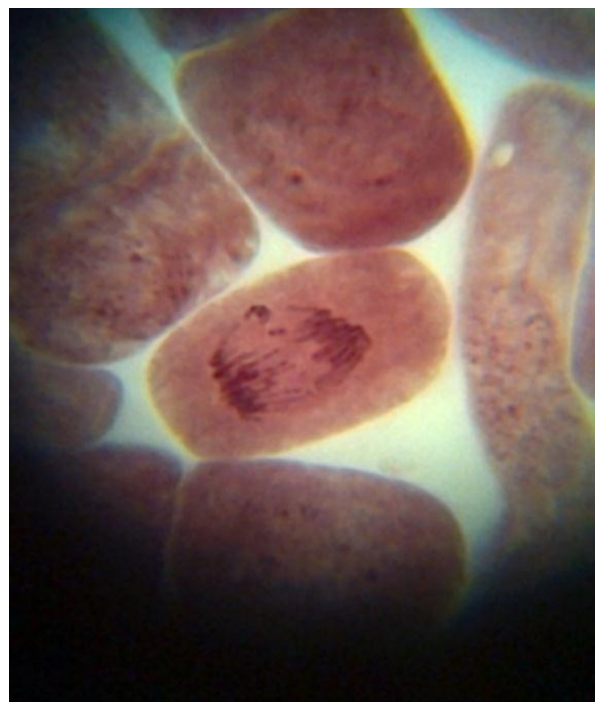
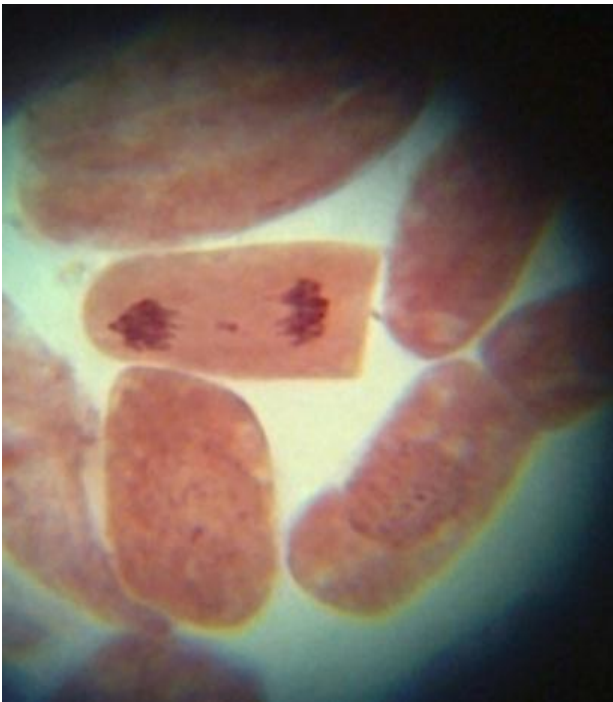


Рис. 4.17. Порушення в анафазних клітинах (мости і фрагменти).  
Сорт Харківський 1

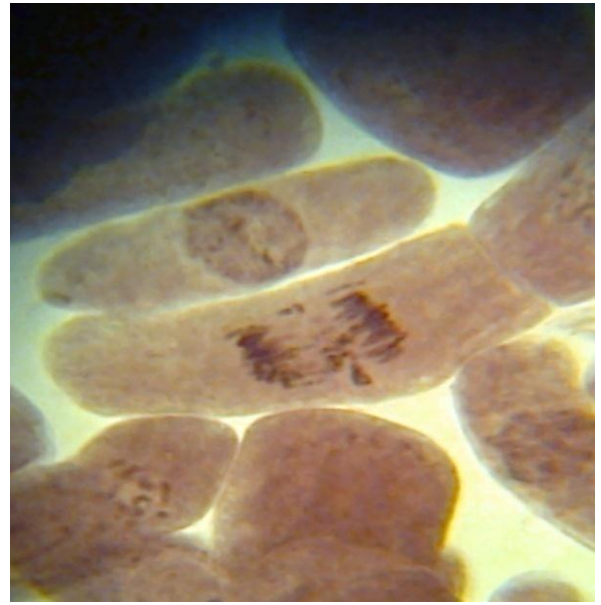


Рис. 4.18. Порушення в анафазних клітинах (мости і фрагменти).  
Сорт Сем



Рис. 4.19. Розгалуження основного стебла у нижній та верхній частині



Рис. 4.20. Булавоподібна та колосоподібна волоть



Рис. 4.21. Роздвоєння та розгалуження волоті



Рис. 4.22. Чорний колір насіння у білонасінних сортів



Рис. 4.23. Зміни кореневої системи під впливом гамма-опромінення

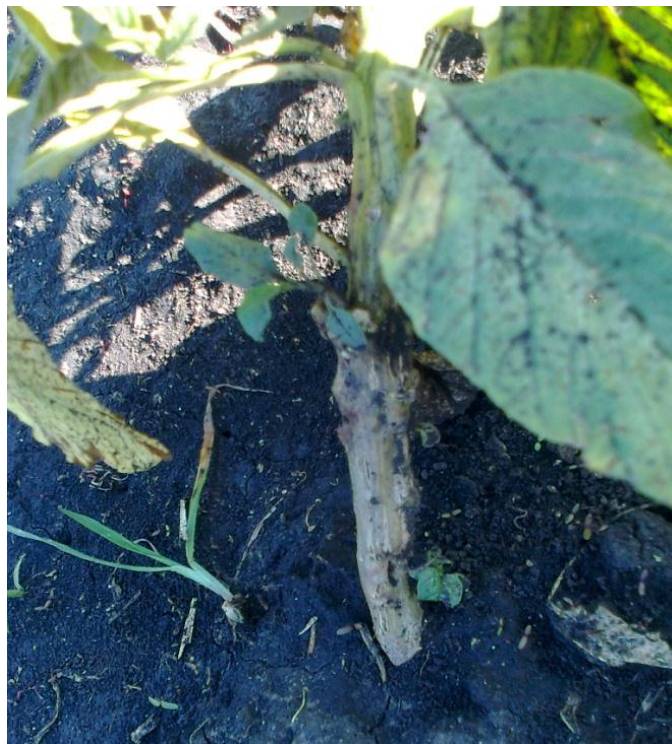


Рис. 4.24. Потовщення стебла у нижній частині

**Частота індукованих гамма-опроміненням змін у сортів  
амаранта М<sub>1</sub>**

Доза	Сорт	Кількість вивчених рослин, шт.	Рослини зі змінами		
			шт.	%	частка ознак, р
Контроль	Студентський	300	1	0,3	0,003
15 Гр		300	6	2	0,020
30 Гр		300	13	4,3	0,043
40 Гр		300	21	7	0,070
150 Гр		300	53	17,6	0,176
400 Гр		300	загинули		
700 Гр		300	загинули		
НІР <sub>0,5</sub>					0,017
Контроль		Харківський-1	300	1	0,3
15 Гр	300		7	2,3	0,023
30 Гр	300		16	5,3	0,053
40 Гр	300		23	7,6	0,076
150 Гр	300		57	19	0,190
400 Гр	300		загинули		
700 Гр	300		загинули		
НІР <sub>0,5</sub>					0,018
Контроль	Сем		300	2	0,6
15 Гр		300	9	3	0,030
30 Гр		300	17	5,6	0,056
40 Гр		300	25	8,3	0,083
150 Гр		300	60	20,1	0,201
400 Гр		300	загинули		
700 Гр		300	загинули		
НІР <sub>0,5</sub>					0,018

Результати дослідження на різних сортах амаранта: Студентський Сем, Харківський 1 – показали, що пригнічення росту й розвитку рослин відбувається під впливом гамма-опромінення, внаслідок підвищення дози. Обробка насіння амаранта низькими дозами фізичних мутагенів (15, 30 та 40 Гр) не мала істотного впливу на морфологічні зміни у сортів Студентський, Харківський 1 та Сем. Кількість рослин зі змінами була в межах 6–25 шт. (2–8 %).

Найбільшу кількість рослин зі змінами отримали в разі обробки дозою 150 Гр: 53,5 шт. (17,8 %) – для сорту Студентський, 56,9 шт. (19 %) – для сорту Харківський 1 та 60,4 шт. (20,1 %) – для сорту Сем. Найменше змінених рослин ідентифіковано на контролі,

наприклад, у сорту Студентський – 1,4 шт. (0,5 %). У разі обробки насіння амаранта фізичними мутагенами в дозах 400 та 700 Гр сходи були нормальними, але вже через тиждень сім'ядолі жовкли і засихали. Опромінення призводило до загибелі зовні нормальних рослин. Це пояснюється тим, що за дії мутагенних чинників часто відбувається ріст клітин шляхом розтягнення, у результаті чого насіння проростає, а потім гине [92].

Відомо, що одну з найбільших груп змін, набутих унаслідок мутагенного впливу, складають хлорофільні мутації. Вони призводять до повного або часткового порушення синтезу хлорофілу в рослині. Такі аномалії можуть спричиняти зниження життєздатності організму внаслідок пригнічення асиміляційних процесів і навіть призводити до загибелі рослин. Такий ефект у нашому досліді спостерігали в разі обробки насіння гамма-променями в дозі 700 Гр [510].

На основі одержаних даних виявлено, що оптимальною дозою, за якої отримано найбільшу кількість морфофізіологічних змін, є доза 150 Гр. Відомо, що невисокі дози мутагенних чинників індукують специфічні спектри мутацій, не порушуючи генетичної структури вихідного сорту. Стимуляція під впливом таких доз мутагенів захисно-відновлювальних систем рослин викликає підвищення їх стійкості до несприятливих умов довкілля, що істотно посилює ефективність позитивного добору. Максимальну загальну кількість індукованих змін отримано при опроміненні дозою 150 Гр. Відсутність морфофізіологічних змін під впливом гамма-опромінення дозою 400 Гр пояснюється загибеллю рослин.

Одержані результати свідчать про наявність різних морфологічних аномалій рослин амаранта внаслідок опромінення. Остаточне виявлення причин та механізмів цих явищ потребує подальшого вивчення.

Більшість відібраних змінених рослин у  $M_2$  не успадковували знайдені в  $M_1$  змінні ознаки. Це свідчить про те, що морфологічні зміни рослин  $M_1$  не є мутаційними й обумовлені фізіологічними причинами. Винятком є лише окремі, знайдені в  $M_1$  рослини, які в наступних поколіннях успадковували ті ознаки, за якими їх було виділено. До них належить мутація з компактною, волоттю яка була виділена у *A. caudatus* (E1) і виявилася домінантною (рис. 4.25).



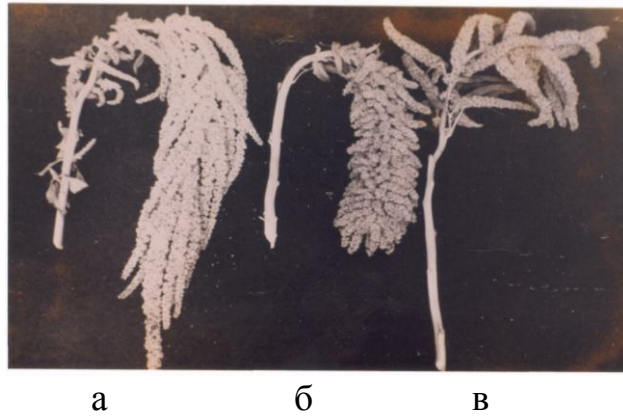


Рис. 4.25. Мутація *A. caudatus* з компактною волоттю:  
а – вихідна форма; б – мутантна форма; в – морфоз

Заслуговує на увагу і позитивний вплив НЕС та НМС на появу ранньостиглих рослин у посівах пізньостиглого сорту Понтійський високорослий (*A. mantegazzianus*) (табл. 4.24).

Таблиця 4.24

**Вплив хімічних мутагенів на появу ранньостиглих рослин у сорту Понтійський високорослий в М<sub>1</sub>, 1989 р.**

Варіант	Концентрація, %	% ранньостиглих рослин
Обробка водою		25
НЕС	0,200	66
	0,100	40
	0,050	25
НМС	0,100	67
	0,050	25
	0,025	33

Вихід ранньостиглих рослин у варіантах, де застосовували НЕМ і НММ у концентраціях 0,2 і 0,1 % збільшувався у 2,6 раза. Було також встановлено, що кількість змінених рослин в М<sub>1</sub> – це показник варіабельності виду, що обумовлює появу в М<sub>2</sub> цінних мутацій (табл. 4.25).

Застосування гамма-опромінення у дозі 10 кР забезпечує частоту появи мутацій до 45,7 % (табл. 4.26). Спектр мутацій, індукованих іонізуючим випромінюванням, характеризувався значною різноманітністю. Зокрема, спостерігали мутації структури суцвіття, стебла, а також фізіологічні мутації, мутації з підвищеним вмістом протеїну.

Таблиця 4.25

**Вплив мутагенів на виникнення змін у рослин амаранта М<sub>1</sub>,  
1993 р.**

Варіант	Концентрація / доза мутагену	Кількість змінених рослин, %		
		<i>A. hybridus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>A. caudatus</i>
Обробка водою		0	0	0
Без обробки		0	0	0
Гамма- опромінення, кР	10	60	0	0
	15	-	5	0
	30	-	10	-
	40	-	15	50
ЕІ, %	0,001	2	3	2
	0,01	34	3	3
	0,05	-	2	3
	0,1	-	2	-
	0,5	-	2	-

Заслуговує на увагу рецесивна мутація ранньостиглості, одержана в *A. hybridus* в М<sub>2</sub> під впливом НЕС у концентрації 0,012 %. Для цієї мутації характерна ідеальна вирівняність, низькорослість (90–95 см), ранньостиглість (довжина вегетаційного періоду 90–95 днів). У 1993 р. цю мутацію як сорт Ультра було передано в державне сортовипробування. З 1998 р. цей сорт унесено до Реєстру сортів України, а також визнано національним стандартом у ранньостиглій групі.

Таблиця 4.26

**Загальна частота видимих мутацій у *A. hybridus*, індукованих  
іонізуючим випромінюванням**

Варіант	Доза, кР	Частота мутацій, %
Без обробки		3,2
Гамма-опромінення	10	45,7
	15	33,2
	30	-
	40	-
НІР05		6,6

В М<sub>3</sub> у *A. cruentus* було виділено мутацію з булавоподібною формою волоті. Проведене схрещування між цією мутацією і *A. hybridus* дозволило одержати волоть, яка зберігала вказану форму, але мала зелене забарвлення і біле насіння, характерне для *A. hybridus*.

Із застосуванням ЕІ, НМС і НЕС науковці В.П. Головин, Б.А. Неділько [67] одержали у сорту Донецький 1 мутацію «компактна волоть», у салатної лінії амаранта – високорослу мутацію, в амаранта хвостатого – мутацію, на основі якої було створено сорт амаранта Геркулесик лікувально-продовольчого напрямку.

Таким чином, наші дослідження, а також роботи інших учених з вивчення впливу мутагенних факторів на життєздатність і вихід мутацій в амаранта дозволили визначити різну реакцію видів амаранта на дію мутагенних факторів і встановити, що серед різних доз гамма-випромінювання слід застосовувати дози 10 і 15 кР – для *A. hybridus*, 30 кР – для *A. cruentus*, серед хімічних мутагенів варті уваги НЕС (0,012 %), ЕІ (0,01 %).

**Розділ 5****ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОЦЕНОЗІВ ВИДІВ АМАРАНТА,  
ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ УМОВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ, ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОЕКОЛОГІЧНИХ  
ФАКТОРІВ**

Використання техногенних засобів для оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур може окупитися тільки в тому випадку, якщо висока потенційна продуктивність культури й агрофітоценозів достатньою мірою захищена їх екологічною стійкістю до факторів зовнішнього середовища. Тому, розробляючи технологію вирощування, слід прагнути до того, щоб усі її структурні компоненти були спрямовані на максимальну реалізацію біологічного потенціалу рослин – і ті, що безпосередньо впливають на рівень потенційної продуктивності агроценозу, і ті, що реалізують цей потенціал в господарську продуктивність [162].

З метою розробки ефективних технологій вирощування амаранта, здатних реалізувати його біологічні особливості, було проведено дослідження з вивчення окремих елементів цих технологій та різних рівнів техногенного навантаження з використанням різних доз мінеральних добрив.

Під час розроблення ефективних технологій вирощування амаранта в умовах дії факторів довкілля слід ураховувати той факт, що найбільш адаптованими моделями є технології із застосуванням елементів інтенсифікації. При цьому пріоритет у першу чергу повинен належати впровадженню більш урожайних видів та сортів, які краще окупають ресурси і при цьому ефективніше використовують техніку, добрива, площу живлення та ін. [162].

Упродовж 1985–1989 рр. проведено порівняльне вивчення трьох видів амаранта, які вважаються найпоширенішими і завдяки своєму біологічному потенціалу найбільш придатні для вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України. З 1991 р. дослідження проводили на сортах, одержаних на основі цих видів.

## 5.1. Строки сівби та їх вплив на формування продуктивності рослин амаранта

Однією з важливих екологічних особливостей амаранта є його пластичність, що сприяє ефективному використанню ним кліматичних умов зони.

Тривалість вегетаційного періоду у видів амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України коливається від 85 днів у ранньостиглих видів, представником якого є *A. flaus*, до 120 і більше днів у пізньостиглого виду *A. mantegazzianus*.

Як відомо, тривалість вегетаційного періоду значною мірою впливає на продуктивність рослин, тому тільки найбільш продуктивні види, які повною мірою використовують агрокліматичні умови зони, можуть претендувати на введення в культуру. До таких видів належать *A. cruentus*, *A. hybridus* і *A. hypochondriacus*, які за своїм рівнем продуктивності і її реалізацією в умовах зони найбільше заслуговують на впровадження. Водночас виникає питання щодо оптимальних строків їх сівби, які б забезпечували найвищий рівень реалізації продуктивності з урахуванням напряму використання (на зелену масу, на насіння). Недотримання строків сівби призводить до часткової, а в окремих випадках і до повної втрати врожаю. При занадто ранніх строках сівби відбувається заростання посівів бур'янами, при цьому можливі пошкодження їх весняними заморозками. Одержання сходів при пізніх строках сівби, особливо дрібнонасінних культур, до яких належить амарант, проблематичне через пересихання верхнього шару ґрунту. Рекомендації щодо строків сівби амаранта досить суперечливі. Так, Ю.А. Утеуш [387] вважає, що для отримання ранніх сходів доцільніше проводити сівбу 15–30 квітня. Щоб випередити вегетацію бур'янів, можлива сівба під зиму – перед замерзанням ґрунту (це стосується тільки чорнонасінних форм).

На думку М.В. Максименка [240], сівбу амаранта в Лісостепу України слід проводити 20–30 травня, на півдні степової зони – 1–15 травня, на Поліссі – 1–15 червня. Науковці В.К. Рудишин, В.П. Дерев'янський, В.Г. Молдован [324] вважають, що амарант в умовах Західного Лісостепу України слід висівати через 15–20 днів після переходу середньодобової температури повітря через 5 °С. Сівба амаранта через 20–40 днів після першого строку знижує врожайність зеленої маси амаранта волотистого на 9,1–27,1 %. При

більш ранніх строках сівби сходи амаранта з'являються через 19–20 днів після її проведення, при більш пізніх – через 8–10 днів.

У результаті досліджень, проведених на зрошуваній ділянці Кримського СГІ, було встановлено, що найбільша врожайність зеленої маси (до 820 ц/га) формується при посіві у фізіологічно зрілий ґрунт, коли на глибині 10 см він прогрівається до 5–10 °С. При більш пізній сівбі врожайність дещо знижується (до 774,3 ц/га), але при цьому зменшується забур'яненість посівів, що обумовлює зниження затрат на боротьбу з бур'янами і зменшення собівартості зеленого корму. Це свідчить про доцільність проведення сівби амаранта при температурі 17 °С на глибині 10 см (початок другої декади травня). У цей час навіть бур'яни, що зійшли пізно, можна знищити передпосівним обробітком ґрунту [276].

У зонах із сумою ефективних температур до 3600 °С можливе проведення пожнивних посівів амаранта [390]. У досліджах, організованих у степовій зоні Кабардино-Балкарії, було встановлено, що в пожнивних посівах із зрошенням амарант за врожайністю зеленої маси перевищував кукурудзу в чотири рази, у богарних умовах – удвічі.

Вивчаючи вплив терміну сівби і температури на врожайність насіння амаранта, деякі автори стверджують, що в зонах, де температура суттєво впливає на дозрівання насіння, із сівбою амаранта не слід зволікати [368; 505–506; 521–522; 619; 621].

Проведені нами дослідження щодо вивчення впливу строків сівби на врожайність зеленої маси видів амаранта в умовах дослідного поля Харківського національного аграрного університету свідчать про те, що в Лівобережному Лісостепу України сівбу амаранта краще проводити в першій–другій декаді травня, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури більше 10–12 °С (табл. 5.1).

Більш ранні строки сівби можуть викликати зрідження сходів через недостатнє прогрівання ґрунту і швидкий ріст бур'янів, які значно пригнічують розвиток амаранта. Проведення ж сівби амаранта в першій–другій половині травня дозволяє спровокувати проростання бур'янів і знищити їх під час проведення передпосівної культивуації.

**Урожайність зеленої маси та насіння видів амаранта залежно від строків сівби**

Час проведення сівби	Урожайність								
	зеленої маси, т/га					насіння, ц/га			
	1987	1988	1989	1990	серед-не	1987	1988	1989	серед-не
<i>Вид A. cruentus</i>									
III декада квітня	38,2	35,8	40,2	-	38,1	8,6	9,0	10,1	9,2
I декада травня	44,4	48,6	46,4	-	46,5	12,2	11,6	13,2	12,3
II декада травня	46,2	50,6	45,8	50,0	48,2	11,0	10,2	12,4	11,2
III декада травня	30,4	42,4	36,1	34,2	35,8	8,8	9,2	8,0	8,7
III декада червня	-	-	-	11,5		-	-	-	
НІР 05	4,8	5,4	5,3	2,1		1,0	1,0	1,7	
<i>Вид A. hybridus</i>									
III декада квітня	32,4	30,6	38,1	-	33,7	8,8	7,2	9,0	8,3
I декада травня	41,6	40,6	45,0	-	42,4	11,4	9,6	12,2	11,1
II декада травня	42,0	43,8	44,6	44,0	43,6	10,2	8,8	6,4	8,5
III декада травня	26,2	40,4	31,8	27,0	31,4	5,4	7,2	6,0	6,2
III декада червня	-	-	-	11,0		-	-	-	
НІР 05	1,3	4,4	2,7	6,2		1,2	1,4	1,8	
<i>Вид A. hypochondriacus</i>									
III декада квітня	38,0	36,4	40,6	-	38,3	15,1	14,2	14,0	14,4
I декада травня	42,0	44,4	46,0	-	44,1	17,4	16,8	14,4	16,2
II декада травня	41,5	45,8	44,0	48,0	44,8	17,0	16,4	15,2	16,2
III декада травня	28,0	42,4	32,4	31,0	33,4	8,4	10,0	9,1	9,2
III декада червня	-	-	-	12,0		-	-	-	
НІР 05	3,9	7,3	5,4	2,3		2,1	1,8	2,3	

Сівба амаранта в червні, незважаючи на те, що це дужче сприяє отриманню повноцінних сходів порівняно з оптимальними та ранніми строками сівби, не дає змоги реалізувати потенційні можливості культури і досягти тих темпів приросту зеленої маси, які характерні для рослин оптимальних строків сівби (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Темпи приросту і врожайність зеленої маси амаранта залежно від строків сівби, 1994 р.**

Строки сівби	Схожість, %	Динаміка приросту зеленої маси, см				Урожайність зеленої маси, ц/га
		7.07	18.07	9.08	1.09	
<i>Вид A. cruentus</i>						
17.05	44	30,6	60,0	125,8	133,6	330,0
1.06	52	11,5	19,6	41,2	77,3	80,0
НІР 05						27,5
<i>Вид A. hybridus</i>						
17.05	41	29,3	57,8	79,2	85,4	120,0
1.06	56	11,8	23,0	49,9	65,2	50,0
НІР 05						18,3

Але та врожайність зеленої маси, яку дає амарант, з урахуванням її поживності свідчить про можливість проведення сівби і в більш пізні строки, наприклад, у третій декаді травня.

Вивчення впливу строків сівби на врожайність зеленої маси сорту Харківський 1 (вид *A. hypochondriacus*) підтвердило закономірності, встановлені на рівні популяцій і свідчить про доцільність проведення сівби амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України в першій–другій декаді травня (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Урожайність зеленої маси сорту амаранта Харківський 1 залежно від строків сівби, т/га, 1998–2000 рр.**

Час проведення сівби	1998	1999	2000	Середнє
ІІІ декада квітня	45,0	58,0	50,0	51,0
І декада травня	50,2	64,0	58,1	57,4
ІІ декада травня	48,2	62,5	56,9	55,9
ІІІ декада травня	37,8	48,4	42,4	42,9
НІР05	3,0	2,4	3,4	



## 5.2. Щільність агроценозу і вплив норми висіву на рівень реалізації продуктивності амаранта

Для реалізації потенціалу продуктивності агроценозу велике значення має визначення оптимальної густоти посіву, яка б відповідала біологічним особливостям культури, кліматичним умовам зони, а також напряду використання врожаю (на насіння, на зелену масу, на силос тощо).

Введення амаранта в культуру в умовах Лівобережного Лісостепу України вимагає детального вивчення особливостей розвитку рослин і формування врожайності зеленої маси та насіння залежно від густоти стояння.

Щодо оптимальної густоти стояння рослин амаранта серед науковців немає одностайної думки, однак у літературі наводяться результати, які свідчать про значну різницю в розвитку рослин залежно від щільності стояння [269]. Так, у дослідях А.Б. Прокоф'єва і Г.Н. Борисової [308] у зріджених посівах (2–7 шт./м<sup>2</sup>) рослини мають прямостоячі стебла з гарно розвинутими боковими пагонами. Із збільшенням щільності посіву спостерігається зменшення довжини бокових пагонів і їх відсутність при щільності стояння 70–200 шт./м<sup>2</sup>. У загущених посівах зменшується середня маса однієї рослини, однак урожайність зеленої маси і зерна при цьому зростає й досягає максимуму при щільності 14 шт./м<sup>2</sup>.

Установлено, що залежно від загущеності посівів амаранта кількість бокових пагонів може коливатися від 1,2 до 31,2 на одну рослину [390]. При цьому довжина бокових пагонів може досягати 2–2,5 м. Деякі вчені вважають, що кількість рослин не впливає на врожайність зерна, що пов'язано зі здатністю рослин амаранта компенсувати збитки в широкому діапазоні кількості рослин. На їх думку, густоту стояння не слід ураховувати як чинник, що суттєво впливає на врожайність зерна амаранта [520; 568; 623]. Так, В.І. Мойсеєнко, Г.М. Виниченко та О.В. Ткаченко [255] вважають, що на загущених посівах амаранта помітна тенденція до збільшення нітратів у зеленій масі. Автори пов'язують це з нестачею світла для рослин, оскільки нітрати перетворюються в амінокислоти тільки за наявності світла. Крім того, збільшення густоти стояння рослин амаранта до 200 шт./м<sup>2</sup> не сприяє наростанню їх біомаси.

Із зростанням щільності посіву амаранта від 2 до 200 шт./м<sup>2</sup> маса листя окремих рослин і вміст у них хлорофілу та каротиноїдів

зменшується [384]. Спостерігається пряма залежність між хлорофіловим індексом і врожайністю у фазі цвітіння та повного дозрівання насіння. У дослідах J. Fejer [488] максимальну врожайність зерна 69 ц/га в американського сорту К-343 було отримано при щільності рослин 19 шт./м<sup>2</sup>, а в сорту К-432 – 88,9 ц/га при щільності 22 рослини на 1 м<sup>2</sup>. В умовах Татарстану при щільності посіву 30–40 рослин на погонний метр можна отримати до 1000 ц/га зеленої маси амаранта [405].

Стосовно способів сівби амаранта також існують різні погляди. Зокрема, Ю.С. Бежацький та інші [22] вважають, що найоптимальнішим способом є сівба з міжряддям 45 см, що забезпечує найвищий рівень насінневої продуктивності порівняно з рядковим способом. Збільшення ширини міжрядь насінневих посівів до 60–75–90 см супроводжується зниженням урожайності амаранта. В умовах Башкортостану деякі вчені рекомендують проводити сівбу під час вирощування амаранта на кормові цілі – із шириною міжряддя 15 см або широкорядним способом з міжряддям 45 см, застосовуючи норми висіву 0,18 і 0,54 кг/га, на насіння – широкорядним способом та міжряддям 60 см і 45 см та нормою висіву 0,07–0,12 кг/га [267].

Науковець Є.Н. Шевченко [419] вважає, що ширина міжряддя 45 см при густоті стояння рослин 0,5 млн шт./га є оптимальною для вирощування амаранта і на зелену масу, і на зерно. В умовах зрошення в Центральному Лісостепу, як наголошують В.К. Шелест та інші [420], найбільший збір зеленої маси амаранта волотистого забезпечується за норми висіву 1,0 кг/га схожого насіння і ширині міжрядь 45 см. Максимальну врожайність зеленої маси амаранта волотистого – 615,6 ц/га – отримано на державній дослідній станції Хмельницького НВО «Еліта» при посіві з міжряддям 15 см і нормою висіву 2 кг/га [325]. За посіву з міжряддям 45 см і 70 см та нормою висіву 1,5–1,0 кг/га врожайність зеленої маси амаранта волотистого була дещо нижчою і становила 602 і 566 ц/га відповідно.

Невизначеність щодо оптимальної густоти стояння рослин амаранта вимагає поглибленого вивчення параметрів, які впливають на реалізацію продукційного потенціалу рослин залежно від щільності їх розташування в агроценозах.

Для визначення оптимальної щільності посіву сільськогосподарських рослин учені вивчали різні параметри: площу листової поверхні, мікроклімат агроценозу, освітленість посівів [162].

Так, А.А. Ничипорович та інші [277] розглядають площу листової поверхні агроценозу як головний фактор, який визначає накопичення сухої речовини рослин і зумовлює ефективне використання сонячної енергії. Основна умова максимального поглинання сонячної енергії полягає в оптимальному розвитку асиміляційного апарату. Він характеризується показником укриття листям поверхні ґрунту, тобто індексом листової поверхні (ІЛП), який визначає відношення площі асимілювальних органів у метрах квадратних (м<sup>2</sup>) до одиниці поверхні ґрунту.

У наших дослідях з вивчення впливу густоти стояння рослин трьох видів амаранта *A. hybridus*, *A. cruentus* і *A. hypochondriacus* на особливості розвитку та рівень реалізації продуктивності було встановлено, що у всіх цих видів ІЛП у фазі вегетативного розвитку наближався до двох при площах живлення 15x5, 15x10, 15x20 см, а також 45x5, 45x10 см, але, починаючи з площі живлення 45x20 см, він знижувався і становив трохи більше одиниці, що свідчить про неефективне використання сонячної енергії амарантом, починаючи з розміщення рослин за схемою 45x20 см і подальшого збільшення ширини міжряддя до 70x20 см (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Індекс листової поверхні залежно від густоти стояння рослин видів амаранта у фазі вегетативного розвитку, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Схема розміщення рослин, см	Густота стояння рослин, тис./га	ІЛП
1	2	3	4
<i>Вид A. cruentus</i>			
15	15x5	1330	1,79
15	15x10	670	1,65
15	15x20	330	1,70
45	45x5	440	1,67
45	45x10	220	1,70
45	45x20	110	1,43
70	70x5	280	1,37
70	70x10	140	1,20
70	70x20	70	1,16
НІР05			0,20
<i>Вид A. hybridus</i>			
15	15x5	1330	1,74
15	15x10	670	1,48
15	15x20	330	1,50
45	45x5	440	1,54

1	2	3	4
45	45x10	220	1,60
45	45x20	110	1,37
70	70x5	280	1,19
70	70x10	140	1,06
70	70x20	70	0,95
НІР05			0,10
<i>Вид А. hypochondriacus</i>			
15	15x5	1330	1,65
15	15x10	670	1,77
15	15x20	330	1,73
45	45x5	440	1,57
45	45x10	220	1,60
45	45x20	110	1,45
70	70x5	280	1,21
70	70x10	140	1,15
70	70x20	70	1,03
НІР05			0,20

Важливу роль у роботі асимілювальної поверхні відіграє також архітектоніка рослини – розташування листя як на окремій рослині, так і в посівах, що визначає кількість сонячних променів, яка потрапляє на рослину і на ґрунт.

Як відомо, амарант відрізняється від інших культур особливим розташуванням листя на стеблі, що дозволяє йому ефективно використовувати всі сонячні просвіти. За рахунок цього формується високий урожай зеленої маси та насіння.

Передумовою високої продуктивності посівів є швидке укриття поверхні ґрунту асимілювальними органами і підтримка цього покриву протягом усієї вегетації. Цей процес піддається управлінню шляхом забезпечення оптимальної густоти посіву, яка б сприяла і швидкому укриттю поверхні ґрунту листям і оптимальному використанню сонячної енергії.

Агроценози, маючи здатність до самоорганізації [162], неадекватно реагують на надмірні навантаження при загущенні посівів, що призводить до значної редукції вже сформованих метамерів: опадання листків нижніх ярусів, зменшення загальної маси посіву, рослини, стебла, недобору органічної речовини, погіршення її якості. Водночас у зріджених посівах зростає

енергоємність утвореної органічної речовини, окупність агротехнічних заходів.

Для визначення ефективності роботи агроценозів учені розробили математичні моделі продукційного процесу, які базуються на кількісних характеристиках хімічних, фізико-хімічних, біохімічних, біологічних та інших процесів, взаємозв'язку між ними та залежності від зовнішніх факторів. Визначити вплив усіх цих компонентів дуже складно. Однак на основі аналізу деяких з них можна дати досить об'єктивну оцінку процесів, пов'язаних із продуктивністю [162].

У рослинництві оцінку продукційного процесу посівів прийнято проводити у двомірній системі за площею. Але С.М. Каленська [162], вивчаючи зернові, запропонувала давати оцінку продукційного процесу у тримірному просторі – за об'ємом, оскільки продуктивність агроценозу як системи, залежить від її організації і ступеня заповнення органічною речовиною. Для цього вводять поняття питомої щільності посіву ( $P_p$ ), яку визначають як співвідношення між масою органічної речовини (абсолютно сухої речовини) біосистеми та її об'ємом:

$$P_p = M/V, \quad (5.1)$$

де  $M$  – маса абсолютно сухої речовини, кг;  $V$  – об'єм посіву, м<sup>3</sup>.

Об'єм посіву розраховують за формулою:

$$V = S \cdot h, \quad (5.2)$$

де  $S$  – площа (модельна площа 1 м<sup>2</sup>),  $h$  – середня висота посіву, м.

Проведене нами вивчення питомої щільності посівів видів амаранта залежно від густоти стояння рослин свідчить про ефективність продукційного процесу в агроценозах з площею живлення рослини 15x5, 15x10, 15x20, 45x5 та 45x10 см з поступовим її зниженням у варіантах розміщення рослин за схемою 45x20, 70x5, 70x10 і 70x20 см (табл. 5.5). Особливо знижується наповнення системи агроценозу органічною речовиною в посівах із площею живлення 70x20 см.

Питома щільність таких посівів коливалася в межах 0,35–0,45, залежно від виду. Найбільше її зниження було характерне для *A. hybridus* – 0,38, найменше – для *A. cruentus* – 0,45, що може бути свідченням різної реакції видів на площу живлення.

Показник питомої щільності посіву тісно пов'язаний з продуктивністю. У наших дослідах коефіцієнт детермінації був у межах 0,8–0,9, залежно від виду.

**Питома щільність агроценозу залежно від густоти стояння  
рослин видів амаранта, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Схема розміщення рослин, см	Густота стояння рослин, тис./га	Питома щільність посіву, кг/м <sup>3</sup>
<i>Вид A. cruentus</i>			
15	15x5	1330	0,90
15	15x10	670	0,88
15	15x20	330	0,90
45	45x5	440	0,81
45	45x10	220	0,73
45	45x20	110	0,63
70	70x5	280	0,56
70	70x10	140	0,46
70	70x20	70	0,45
НІР05			0,09
<i>Вид A. hybridus</i>			
15	15x5	1330	0,82
15	15x10	670	0,74
15	15x20	330	0,70
45	45x5	440	0,67
45	45x10	220	0,71
45	45x20	110	0,56
70	70x5	280	0,50
70	70x10	140	0,44
70	70x20	70	0,38
НІР05			0,03
<i>Вид A. hypochondriacus</i>			
15	15x5	1330	0,78
15	15x10	670	0,78
15	15x20	330	0,76
45	45x5	440	0,68
45	45x10	220	0,70
45	45x20	110	0,62
70	70x5	280	0,52
70	70x10	140	0,47
70	70x20	70	0,41
НІР05			0,06

Водночас і показник питомої щільності посіву, і врожайність зеленої маси свідчать про відмінність між видами за реалізацією рівня продуктивності залежно від густоти стояння рослин. Так, найвищий рівень урожайності зеленої маси – 64,1 т/га був

характерний для виду *A. cruentus* у варіанті з розміщенням рослин за схемою 15x20 см.

Для виду *A. hypochondriacus* найвищий рівень урожайності зеленої маси – 60,3 т/га – відзначено на варіанті з розміщенням рослин за схемою 15x10 см. У виду *A. hybridus* найбільша врожайність – 60,5 т/га – була на варіанті з розміщенням рослин за схемою 15x5 см (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Урожайність зеленої маси видів амаранта залежно від густоти стояння рослин, т/га**

Ширина міжряддя, см (А)	Відстань між рослинами в рядку, см (В)	Рік			
		1985	1986	1987	середнє
1	2	3	4	5	6
<i>Вид A. cruentus</i>					
15	5	65,2	61,8	56,9	61,3
15	10	67,4	63,4	58,4	63,1
15	20	68,2	64,0	60,2	64,1
45	5	62,4	60,2	58,1	60,2
45	10	64,1	61,8	60,0	62,0
45	20	60,3	58,4	57,9	58,9
70	5	45,1	50,2	51,0	48,8
70	10	44,6	41,8	42,9	43,1
70	20	40,8	39,7	41,0	40,5
НІР05		6,5	5,7	4,2	
НІР05А		3,8	3,3	2,5	
НІР05В		3,8	3,3	2,5	
<i>Вид A. hybridus</i>					
15	5	63,3	59,4	58,7	60,5
15	10	60,2	56,1	54,6	57,0
15	20	57,4	54,5	52,8	54,9
45	5	60,7	56,2	54,9	57,3
45	10	62,1	59,0	58,0	59,7
45	20	50,4	46,5	44,9	47,3
70	5	45,2	41,8	41,0	42,7
70	10	41,4	39,6	37,4	39,5
70	20	37,9	35,1	33,1	35,4
НІР05		7,5	5,9	5,3	
НІР05А		4,3	3,4	3,1	
НІР05В		4,3	3,4	3,1	
<i>Вид A. hypochondriacus</i>					
15	5	57,2	60,4	52,5	56,7

1	2	3	4	5	6
15	10	63,2	64,0	54,7	60,6
15	20	61,4	64,0	53,7	59,7
45	5	51,2	58,0	53,5	54,2
45	10	54,5	58,4	55,2	56,0
45	20	50,5	52,0	48,4	50,3
70	5	44,6	42,4	40,8	42,6
70	10	42,0	40,8	38,6	40,5
70	20	38,2	36,4	32,4	35,7
НІР05		6,7	8,5	7,3	
НІР05А		3,9	4,9	4,2	
НІР05В		3,9	4,9	4,2	

Але в результаті проведеного двофакторного дисперсійного аналізу видів амаранта не було встановлено суттєвої різниці між рядковим способом сівби і широкорядним з шириною міжряддя 45 см, крім виду *A. hypochondriacus*, у якого протягом двох років спостерігали перевагу рядкового способу над широкорядним.

На нашу думку, рядковий спосіб сівби із шириною міжряддя 15 см для амаранта можна застосовувати лише при високій культурі землеробства і за відсутності бур'янів. Так, в Інституті тваринництва УААН при сівбі сорту Білонасінний (вид *A. hybridus*) рядковим способом із шириною міжряддя 15 см у 1997 р. було отримано врожайність зеленої маси амаранта 470 ц/га. Сівбу проводили сівалкою СО-4.2 із застосуванням баласту (пшеничної дерті) у співвідношенні амаранта та баласту 1:5.

Такий рівень урожайності був забезпечений тим, що сівбу здійснювали в третій декаді травня після проведення ретельного обробітку ґрунту і прополювання бур'янів. Оптимальна зволоженість ґрунту забезпечила дружність і своєчасну появу сходів та нормальний розвиток рослин (рис. 5.1).

У результаті проведеного аналізу з визначення впливу способів сівби, густоти стояння рослин і умов року та їх взаємодії на мінливість у реалізації рівня продуктивності зеленої маси амаранта було встановлено, що вплив фактора року становив 2,4 % (рис. 5.2).

Найбільший вплив з усіх факторів мав спосіб сівби – 77,1 %. Взаємодія між факторами не мала чітко вираженого впливу на мінливість урожайності зеленої маси амаранта.





Рис. 5.1. Посіви амаранта при рядковому способі сівби перед збиранням зеленої маси (Інститут тваринництва УААН)

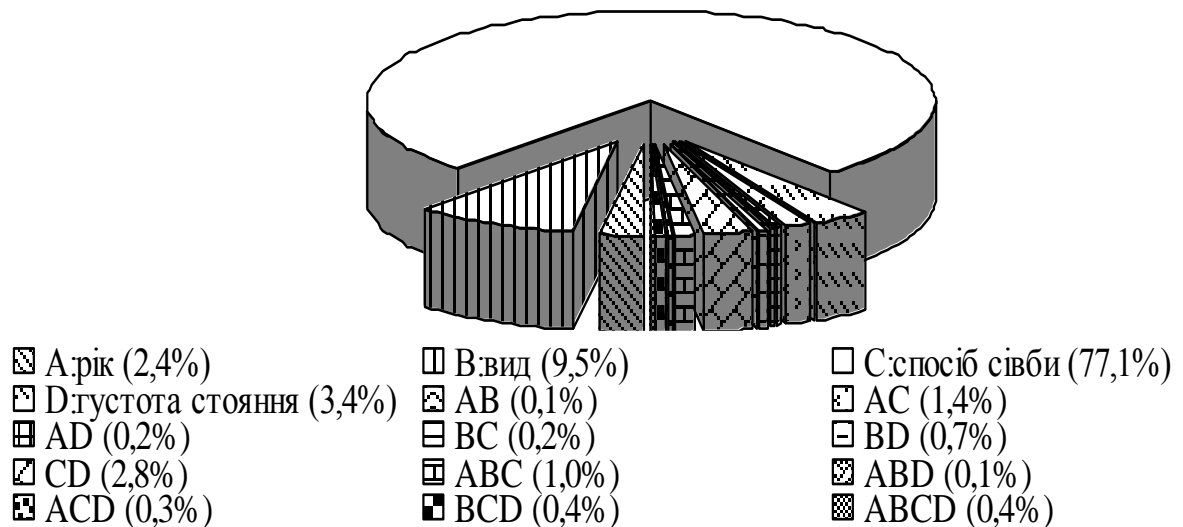


Рис. 5.2. Вплив виду, способів сівби, густоти стояння й умов року та їх взаємодії на мінливість урожайності зеленої маси видів амаранта

Під час визначення дії і взаємодії умов року, способів сівби і густоти стояння рослин на мінливість урожайності зеленої маси конкретного виду було встановлено, що більш виражений вплив умов року був характерний для *A. hypochondriacus* і *A. hybridus* – 4,7 і 4,9 % відповідно, менш виражений відзначено у виду *A. cruentus* – 2,4 %.

Для всіх трьох видів внесок способу сівби у мінливість урожайності зеленої маси превалював і становив 77,7–85,6 % залежно від виду.

Вплив густоти стояння рослин був більш вираженим у *A. hybridus* – 13,4 % і незначним для *A. cruentus* – 1,2 %. Частка впливу взаємодії факторів густоти і способу сівби та взаємодії факторів умов року, способів сівби і густоти стояння рослин коливалася в межах 2,8–4,6 % залежно від виду.

Внесок взаємодії умов року і способів сівби на мінливість урожайності зеленої маси амаранта коливався від 0,1 % у *A. hybridus* до 4,7 % у *A. cruentus*. Вплив взаємодії умов року і густоти стояння рослин був незначним і коливався в межах 0,1–0,7 % залежно від виду.

Таким чином, проведений аналіз впливу способів сівби, густоти стояння рослин і умов року та їх взаємодії на мінливість урожайності зеленої маси дає підстави стверджувати, що найбільший вплив має спосіб сівби, тому його необхідно враховувати під час вирощування амаранта на зелену масу.

Також встановлено, що залежно від площі живлення в рослинах амаранта відбуваються певні фізіолого-біохімічні зміни. При цьому не було визначено особливої різниці щодо накопичування поживних речовин у зеленій масі видів амаранта, але у виду *A. hybridus* спостерігали підвищення вмісту загального цукру і сирого протеїну в міру збільшення площі живлення (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Біохімічний склад зеленої маси видів амаранта залежно від густоти стояння рослин, % на абсолютно суху речовину, 1986–1987 рр.**

Ширина міжряддя	Густота стояння рослин, тис./га	Азот	Фосфор	Калій	Загальний цукор	Моноцукор	Діцукор	Сирий протеїн
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид <i>A. cruentus</i>								
15	1330	1,90	0,362	5,46	2,86	1,57	1,29	11,9
15	670	1,73	0,400	5,48	4,02	2,36	1,66	10,8
15	330	1,89	0,410	5,10	4,21	2,25	1,96	11,8
45	440	2,00	0,298	4,66	4,56	1,80	2,76	12,5
45	220	2,09	0,294	4,69	4,52	3,28	1,24	13,1
45	110	2,14	0,274	5,19	4,44	2,54	1,90	13,4
70	280	2,02	0,220	4,88	5,12	3,09	2,03	12,6
70	140	2,01	0,203	4,85	5,55	2,86	2,69	12,6
70	70	1,85	0,241	5,27	5,02	3,26	1,76	11,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид <i>A. hybridus</i>								
15	1330	1,66	0,350	4,68	3,93	2,13	1,80	10,4
15	670	1,56	0,374	5,23	4,90	2,34	2,56	9,8
15	330	1,89	0,335	4,72	5,27	2,83	2,44	11,8
45	440	2,26	0,255	3,32	6,26	2,80	3,46	14,1
45	220	2,33	0,280	3,34	6,25	3,46	2,79	14,6
45	110	2,58	0,244	3,20	7,08	3,73	3,35	16,1
70	280	2,71	0,222	3,49	7,22	3,38	3,84	16,9
70	140	2,90	0,214	3,01	7,03	3,05	3,98	18,1
70	70	2,84	0,230	3,98	7,14	3,70	3,44	17,8
Вид <i>A. hypochondriacus</i>								
15	1330	2,20	0,507	4,80	4,58	2,22	2,36	13,8
15	670	2,30	0,470	4,56	4,20	2,06	2,14	14,4
15	330	2,36	0,439	4,57	4,24	2,18	2,06	14,8
45	440	2,43	0,500	4,43	5,07	2,92	2,15	15,2
45	220	2,47	0,471	4,14	4,94	2,62	2,32	15,4
45	110	2,52	0,453	3,92	4,88	2,28	2,60	15,8
70	280	2,46	0,448	4,12	5,05	3,02	2,03	15,4
70	140	2,55	0,420	3,90	5,26	3,00	2,26	15,9
70	70	2,55	0,398	3,86	4,80	2,70	2,10	15,9

На підвищення вмісту сирого протеїну в рослинах амаранта із збільшенням ширини міжряддя вказують і інші вчені [267]. При цьому, відмічають науковці, у рослинах зменшується вміст сирі клітковини. В ущільнених посівах амаранта відбувається підвищення вмісту калію в біомасі. Це розглядається як пристосувальна реакція, спрямована на поліпшення енергетичного статусу рослин.

У наших дослідах підвищення вмісту калію в зеленій масі амаранта у зв'язку із зростанням щільності посіву спостерігали також тільки у виду *A. hybridus*. Це може бути свідченням різної чутливості до освітлення у досліджуваних видів амаранта.

Проведений структурний аналіз урожайності зеленої маси свідчить про зростання висоти рослин, маси однієї рослини, а також площі листків однієї рослини в разі збільшення площі живлення. Особливо чітко це прослідковується в зміні сирі та сухої маси рослин (табл. 5.8).

Так, у *A. hypochondriacus* сира маса однієї рослини у варіанті з площею живлення 70x20 см становила – 512,3 г, суха маса – 102,5 г, а у варіанті з площею живлення 15x5 сира і суха маса були в 11,6 раза менші.

**Елементи врожайності зеленої маси видів амаранта залежно від густоти стояння рослин, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин, тис./га.	Висота рослин, см	Маса однієї рослин, г	
			сира	суха
1	2	3	4	5
<i>Вид А. hybridus</i>				
15	1330	154,3	46,8	9,4
15	670	154,3	84,2	17,1
15	330	155,7	165,7	32,6
45	440	154,7	128,9	23,8
45	220	160,0	271,0	52,0
45	110	163,0	430,3	83,3
70	280	155,0	152,4	27,7
70	140	159,0	279,5	50,3
70	70	167,3	503,7	90,7
НІР05 1985 р.		10,2	21,9	5,7
НІР05 1986 р.		4,9	4,7	2,3
НІР05 1987 р.		4,0	6,7	5,3
<i>Вид А. cruentus</i>				
15	1330	157,7	47,6	10,6
15	670	159,8	94,2	21,0
15	330	160,9	193,4	43,1
45	440	159,7	138,7	29,7
45	220	166,6	284,0	60,4
45	110	172,6	458,0	98,2
70	280	172,0	172,9	34,3
70	140	178,1	302,6	59,0
70	70	181,1	585,2	115,4
НІР05 1985 р.		8,4	22,3	10,8
НІР05 1986 р.		7,0	6,2	2,4
НІР05 1987 р.		2,7	6,0	2,6
<i>Вид А. hypochondriacus</i>				
15	1330	151,0	44,1	8,8
15	670	156,3	90,9	18,2
15	330	157,7	179,4	35,9
45	440	151,9	123,3	24,6
45	220	159,1	252,8	50,6
45	110	162,1	459,4	91,9
70	280	167,0	153,9	30,8
70	140	172,3	290,2	58,1

1	2	3	4	5
70	70	172,7	512,3	102,5
НІР05 1985 р.		7,0	5,7	38,0
НІР05 1986 р.		2,6	6,5	5,2
НІР05 1987 р.		4,0	2,8	2,5

У *A. cruentus* спостерігали зменшення маси рослини, пов'язане зі зміною площі живлення, відповідно у 12,2 раза. У *A. hybridus* також зафіксували зменшення маси рослини у 10,8 раза при зміні схеми розміщення рослин із 70х20 на 15х5 см.

Одним з основних критеріїв оцінки ефективності впливу агрозаходу на продуктивність посівів кормових культур є накопичення в зеленій масі сухої речовини та вмісту в ній перетравного протеїну.

Проведене нами визначення виходу сухої речовини та сирого протеїну з одиниці площі у видів амаранта у фазі цвітіння залежно від щільності агроценозу показало, що вихід сухої речовини зменшувався в міру збільшення площі живлення однієї рослини (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

**Вихід сухої речовини залежно від густоти стояння рослин у видів амаранта, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин тис./га	Вихід сухої речовини, т/га			
		1985	1986	1987	середнє
1	2	3	4	5	6
Вид <i>A. cruentus</i>					
15	1330	14,8	13,7	13,4	14,0
15	670	14,8	14,3	13,2	14,1
15	330	14,6	14,2	13,9	14,1
45	440	13,7	12,7	12,8	13,0
45	220	14,2	13,0	12,6	13,3
45	110	13,0	9,8	9,6	10,8
70	280	9,0	9,7	10,1	9,6
70	140	8,8	7,9	8,2	8,3
70	70	8,2	7,9	8,2	8,1
ІР05		1,4	1,2	0,9	
Вид <i>A. hybridus</i>					
15	1330	12,8	12,9	12,0	12,6

1	2	3	4	5	6
15	670	11,7	11,7	11,0	11,5
15	330	11,2	10,4	10,6	10,7
45	440	10,8	10,3	10,3	10,5
45	220	11,8	11,5	11,0	11,4
45	110	10,0	8,9	8,6	9,2
70	280	8,3	7,6	7,4	7,8
70	140	7,4	7,0	6,7	7,0
70	70	6,8	6,3	5,9	6,3
НІР05		1,4	1,2	0,9	
Вид <i>A. hypochondriacus</i>					
15	1330	11,4	13,0	10,6	11,7
15	670	12,7	12,9	10,9	12,2
15	330	12,4	12,3	10,9	11,9
45	440	10,3	11,4	10,8	10,8
45	220	10,8	11,6	11,0	11,1
45	110	10,1	10,4	9,8	10,1
70	280	8,8	8,9	8,2	8,6
70	140	8,4	8,2	7,7	8,1
70	70	7,6	7,3	6,6	7,2
НІР05		1,5	1,8	1,7	0,8

Так, у виду *A. hybridus* максимальний вихід сухої речовини в середньому за три роки спостерігали у варіанті з розміщенням рослин за схемою 15x5 см (густота стояння 1330 тис./га), він становив 12,6 т/га. Із зменшенням густоти стояння рослин до 70 тис./га (схема розміщення рослин 70x20 см) вихід сухої речовини з 1 га зменшувався вдвічі і становив 6,3 т/га. У *A. hypochondriacus* максимальний вихід сухої речовини в середньому за три роки зафіксували у варіанті з розміщенням рослин за схемою 15x10 см (густота стояння рослин 670 тис./га), він дорівнював 12,2 т/га. Із зменшенням густоти стояння рослин до 70 тис./га (схема розміщення 70x20 см) вихід сухої речовини зменшувався в 1,7 раза і становив 7,2 т/га. Зменшення густоти стояння рослин з 1330 до 70 тис./га у *A. cruentus* призводило до зниження виходу сухої речовини в 1,7 раза.

Розміщення рослин за схемою 45x10 см (густота стояння рослин 220 тис./га) забезпечувало високий вихід сухих речовин у всіх видів: до 11,4 т/га у *A. hybridus*, до 13,3 т/га у *A. cruentus* і до 11,1 т/га у *A. hypochondriacus*. Перевага цієї схеми розміщення над застосуванням рядкового способу полягає в підвищенні ефективності

догляду за посівами і гарантованості одержання високої врожайності зеленої маси.

Вихід сирого протеїну з одиниці площі в широкорядних посівах при ширині міжряддя 45 см і розміщенні рослин за схемою 45x10 см був або вищий, як це спостерігали у *A. hybridus* (на 33,3 %) і у *A. cruentus* (на 13,3 %), або однаковий з варіантом з рядковим способом сівби і розміщенням рослин за схемою 15x10 см, як це зафіксували в *A. hypochondriacus* (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Вихід сирого протеїну у видів амаранта залежно від густоти стояння рослин, 1986–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин, тис./га	Вихід сирого протеїну, т/га		
		1986	1987	середнє
1	2	3	4	5
Вид <i>A. cruentus</i>				
15	1330	1,6	1,6	1,6
15	670	1,7	1,3	1,5
15	330	1,7	1,6	1,6
45	440	1,8	1,4	1,6
45	220	1,9	1,5	1,7
45	110	1,5	1,1	1,3
70	280	1,3	1,2	1,2
70	140	1,1	0,9	1,0
70	70	1,1	0,7	0,9
НІР05		0,2	0,1	
Вид <i>A. hybridus</i>				
15	1330	1,4	1,2	1,3
15	670	1,2	1,0	1,1
15	330	1,2	1,2	1,2
45	440	1,5	1,4	1,4
45	220	1,7	1,6	1,6
45	110	1,6	1,2	1,4
70	280	1,4	1,2	1,3
70	140	1,3	-	1,3
70	70	1,1	-	1,1
НІР05		0,2	0,2	
Вид <i>A. hypochondriacus</i>				
15	1330	1,5	1,9	1,7
15	670	1,7	2,0	1,8
15	330	1,8	1,8	1,8

1	2	3	4	5
45	440	1,4	1,9	1,6
45	220	1,6	1,9	1,8
45	110	1,5	1,7	1,6
70	280	1,3	1,4	1,4
70	140	1,3	1,3	1,3
70	70	1,1	1,2	1,2
НІР05		0,2	0,3	

Збільшення виходу сирого протеїну при широкорядному способі порівняно з рядковим можна пояснити збільшенням частки листків у кормі, які відрізняються вищим вмістом протеїну, ніж стебло.

Одержані результати свідчать, що вирощування амаранта із застосуванням широкорядного способу сівби (ширина міжряддя 45 см) є економічно вигідним. Збільшення ширини міжряддя до 70 см не є ефективним, оскільки при цьому відбувається зменшення виходу з одиниці площі як сухої речовини, так і протеїну.

Агротехнічні прийоми – це параметри управління екологічною системою поля [115]. Тільки при високій вираженості реакції агроценозу на параметр управління можна досягти високої ефективності системи управління, тобто технології. У зв'язку з цим максимальну реактивність генетичної системи рослин на агрозахід потрібно розглядати як податливість системи до управління її продукційним процесом. Як зазначено вище, щільність агроценозу суттєво впливає на реалізацію продукційного потенціалу агроценозу, його структурну організацію.

Для визначення реакції видів амаранта на щільність агроценозу було проведено оцінювання їх адаптивної здатності за показником урожайності зеленої маси. У результаті встановлено, що найвищий рівень пластичності має вид *A. hypochondriacus* ( $b_i=1,44$ ), найнижчий ( $b_i=0,99$ ) був характерний для *A. hybridus*.

Водночас серед видів не було зафіксовано значної різниці в реакції на щільність агроценозу. Усі вони за показником пластичності належали до другого рангу. За визначенням показника генотипового ефекту  $E_i$  види також мали другий ранг, хоча при цьому спостерігали диференціацію між видами від 3,5 у *A. cruentus* до -2,2 у *A. hypochondriacus*. Сума рангів для всіх видів була однаковою і дорівнювала чотирьом (табл. 5.11).



**Оцінка видів амаранта за реакцією урожайності зеленої маси  
на щільність агроценозу**

Вид	Генотиповий ефект		Ступінь пластичності		Сума рангів
	$E_i$	ранг	$b_i$	ранг	
<i>A. cruentus</i>	3,5	2	1,00	2	4
<i>A. hybridus</i>	- 1,5	2	1,02	2	4
<i>A. hypochondriacus</i>	- 2,2	2	1,44	2	4

Отже за результатами аналізу впливу щільності агроценозу на врожайність зеленої маси досліджуваних видів амаранта відзначено середній рівень реакції рослин з тенденцією до його збільшення в *A. hypochondriacus* і зменшення в *A. hybridus*.

Вивчення впливу щільності розташування рослин на насіннєву продуктивність видів амаранта свідчить на користь широкорядного способу сівби з шириною міжряддя 45 см і розташуванням рослин за схемою 45x10 см. Ця тенденція була характерна для всі трьох видів, які вивчали в досліді (табл. 5.12).

У разі використання рядкового способу сівби із шириною міжряддя 15 см урожайність насіння зменшувалася порівняно з варіантом, де застосовували ширину 45 см, однак перевищувала врожайність, одержану на варіанті із шириною міжряддя 70 см.

Таблиця 5.12

**Вплив ширини міжряддя і густоти стояння рослин  
на врожайність насіння видів амаранта, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см (А)	Густота стояння рослин, тис./га	Відстань між рослинами в рядку, см (В)	Урожайність насіння, ц/га			
			1985	1986	1987	середнє
1	2	3	4	5	6	7
Вид <i>A. hybridus</i>						
15	1330	5	11,6	12,4	13,6	12,5
15	670	10	12,0	13,0	14,2	13,1
15	330	20	12,6	13,0	14,0	13,2
45	440	5	13,0	13,9	15,6	14,2
45	220	10	13,2	14,4	15,8	14,5
45	110	20	11,2	12,2	14,2	12,5
70	280	5	10,0	11,4	12,0	11,1
70	140	10	9,8	10,0	9,6	9,8

1	2	3	4	5	6	7
70	70	20	9,8	9,6	9,0	9,5
НІР05			2,0	1,1	1,3	
НІР05А			1,1	0,7	0,7	
НІР05В			1,1	0,7	0,7	
<i>Вид A. cruentus</i>						
15	1330	5	8,6	9,0	9,7	9,1
15	670	10	9,5	9,0	10,2	9,6
15	330	20	10,1	11,2	13,0	11,4
45	440	5	11,0	10,2	11,4	10,9
45	220	10	11,4	11,9	13,0	12,1
45	110	20	11,0	10,2	12,0	11,1
70	280	5	10,2	9,8	11,0	10,3
70	140	10	9,0	8,2	9,4	8,9
70	70	20	8,6	7,7	9,0	8,4
НІР05			1,6	1,3	1,2	
НІР05А			1,0	0,7	0,7	
НІР05В			1,0	0,7	0,7	
<i>Вид A. hypochondriacus</i>						
15	1330	5	14,2	14,6	15,6	14,8
15	670	10	14,6	15,0	16,2	15,3
15	330	20	15,8	16,6	16,9	16,4
45	440	5	15,2	16,2	17,6	16,3
45	220	10	16,8	17,4	18,2	17,5
45	110	20	16,2	17,0	18,0	17,1
70	280	5	13,8	14,6	15,4	14,6
70	140	10	12,9	13,4	14,2	13,5
70	70	20	12,0	12,9	13,2	12,7
НІР05			1,3	1,0	1,8	
НІР05А			0,8	0,6	1,0	
НІР05В			0,8	0,6	1,0	

Як свідчать одержані результати, рядковий спосіб розміщення рослин можна використовувати під час вирощування видів амаранта на насіння, але за умови високої культури землеробства, оскільки в таких посівах у разі їх забур'яненості можливе значне зниження врожайності насіння через низьку конкурентоспроможність рослин амаранта на перших етапах розвитку.

Використання ширини міжряддя 70 см суттєво знижувало насінневу продуктивність рослин, що викликано їх розгалуженістю, яка була особливо вираженою у виду *A. cruentus* при схемі розміщення рослин 70x20 см, що, у свою чергу, призводило до

зменшення довжини і продуктивності головної волоті внаслідок утворення волотей на бокових пагонах (табл. 5.13).

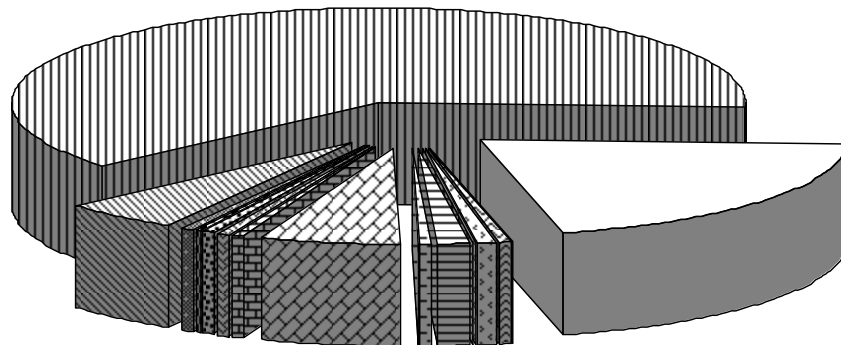
Таблиця 5.13

**Вплив ширини міжряддя і густоти стояння рослин на елементи структури врожаю видів амаранта, 1985–1987 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин, тис./га	Відстань між рослинами в рядку, см	Маса насіння з головної волоті, г	Довжина волоті, см	Кількість бокових пагонів на одну рослину, шт.
1	2	3	4	5	6
<i>Вид A. hybridus</i>					
15	1330	5	0,9	18,6	-
15	670	10	1,9	30,5	-
15	330	20	4,0	42,8	-
45	440	5	3,2	59,1	-
45	220	10	6,7	60,1	-
45	110	20	9,3	55,5	5
70	280	5	9,6	54,9	6
70	140	10	7,5	50,1	11
70	70	20	7,1	46,8	15
НІР05 1985 р.			1,2	3,4	
НІР05 1986 р.			0,5	7,3	
НІР05 1987 р.			0,3	2,5	
<i>Вид A. cruentus</i>					
15	1330	5	0,7	14,3	-
15	670	10	1,4	25,7	-
15	330	20	3,5	33,7	-
45	440	5	2,6	45,7	-
45	220	10	6,0	54,4	-
45	110	20	5,8	51,1	12
70	280	5	5,7	47,1	10
70	140	10	5,1	43,6	16
70	70	20	5,1	40,3	17
НІР05 1985 р.			0,5	6,0	
НІР05 1986 р.			0,3	4,1	
НІР05 1987 р.			0,3	5,0	
<i>Вид A. hypochondriacus</i>					
15	1330	5	1,1	54,4	-
15	670	10	2,3	57,8	-
15	330	20	4,9	59,3	-
45	440	5	3,8	62,4	-

1	2	3	4	5	6
45	220	10	7,9	70,1	-
45	110	20	7,7	68,1	3
70	280	5	6,7	62,3	5
70	140	10	6,2	58,3	5
70	70	20	6,0	54,2	7
НІР05 1985 р.			0,6	2,6	
НІР05 1986 р.			0,6	2,7	
НІР05 1987 р.			0,5	3,9	

У результаті проведеного аналізу впливу умов року, способів сівби, густоти стояння рослин, видових особливостей та їх взаємодії на мінливість урожайності насіння амаранта, викликану дією і взаємодією цих факторів, було встановлено, що вид має вирішальне значення у формуванні врожайності насіння – його частка становила 62,0 % (рис. 5.3).



▨ A: рік (5,2%)	▨ В: вид (62%)	□ C: спосіб сівби (20,8%)
▨ D: густина стояння (0,1%)	▨ AB (0,6%)	▨ AC (0,7%)
▨ AD (0,1%)	▨ BC (1,4%)	▨ BD (0,4%)
▨ CD (6,1%)	▨ ABC (0,6%)	▨ ABD (0,7%)
▨ ACD (0,4%)	▨ BCD (0,3%)	▨ ABCD (0,6%)

Рис. 5.3. Вплив виду, способів сівби, густоти стояння й умов року та їх взаємодії на мінливість врожайності насіння амаранта

Друге місце належить способу сівби, частка якого становила 20,8 %. Вплив року на мінливість урожайності насіння дорівнював 5,2 %.

Серед взаємодій найбільш виражений характер впливу на мінливість урожайності насіння мав спосіб сівби і густина стояння рослин – 6,1 %.

Вплив способів сівби, густоти стояння рослин і умов року та їх взаємодії на мінливість урожайності насіння амаранта кожного з трьох видів амаранта свідчить про перевагу способу сівби над іншими факторами – частка становила від 41,4 % у *A. cruentus* до 68,8 % у *A. hypochondriacus*.

Серед взаємодій факторів найбільш вагомим у мінливість урожайності насіння амаранта був внесок від способу сівби і густоти стояння рослин з диференціацією між видами від 35 % у *A. cruentus* до 11,5 % у *A. hybridus*.

Внесок взаємодії умов року і способів сівби був в межах 0,4–6,2 % залежно від виду.

Вплив взаємодії умов року, способів сівби і густоти стояння рослин на мінливість урожайності насіння амаранта становив від 0,4 % у *A. hypochondriacus* до 3,8 % у *A. cruentus*.

Таким чином, на основі проведеного аналізу впливу відзначених факторів і їх взаємодії на мінливість урожайності насіння амаранта можна стверджувати, що видові особливості, спосіб сівби, а також взаємодія способів сівби–густота стояння рослин, суттєво впливають на рівень реалізації насінневої продуктивності амаранта, їх обов'язково слід ураховувати під час вирощування амаранта як зернової культури.

Вивчення впливу способів сівби на рівень реалізації продуктивності сортів амаранта Білонасінний і Ультра (*A. hybridus*) підтвердило закономірності, встановлені на рівні популяції (табл. 5.14–5.15).

Таблиця 5.14

**Вплив ширини міжряддя і густоти стояння рослин на врожайність зеленої маси та насіння амаранта сорту Білонасінний (*A. hybridus*), 1991–1993 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин, тис./га	Площа живлення однієї рослини, см <sup>2</sup>	Урожайність зеленої маси, ц/га	Урожайність насіння, ц/га	Висота рослин, см	Маса однієї рослини, г	Маса насіння з однієї рослини, г
1	2	3	4	5	6	7	8
15	1330	75	634,6	6,7	156,4	52,7	0,7
	670	150	605,7	6,4	152,5	92,3	1,0
	330	300	583,3	5,3	155,8	169,5	1,3
45	440	225	612,6	7,9	157,9	147,8	1,9
	220	450	626,3	8,4	159,2	229,9	3,8
	110	900	491,0	7,2	155,9	453,0	6,5

1	2	3	4	5	6	7	8
70	280 140 70	350 700 1400	440,9 415,7 386,8	Не визріло	139,7 135,6 134,5	174,0 295,0 541,0	- - -
Урожайність зеленої маси – НІР05 для вибірових порівнянь: 1991р.–28,6; 1992р.–25,1; 1993р.–7,8; НІР05 для фактора А:–1991р.–16,5; 1992р.–14,5; 1993 р.– 4,5; НІР05 для фактора В:– 1991р.– 16,5; 1992р– 14,5; 1993р.– 4,5.				Урожайність насіння – НІР05 для вибірових порівнянь: 1991р.–0,6; 1992р.–0,6; 1993р.– 0,7; НІР05 для фактора А:–1991р.– 0,4; 1992р.–0,3; 1993 р.–0,4; НІР05 для фактора В:– 1991р.– 0,4; 1992р– 0,4; 1993р.– 0,5.			

Таблиця 5.15

**Вплив ширини міжряддя і густоти стояння рослин на врожайність насіння амаранта сорту Ультра (*A. hybridus*), ц/га, 1995–1997 рр.**

Ширина міжряддя, см	Густота стояння рослин, тис./га	Площа живлення однієї рослини, см <sup>2</sup>	Рік			Середнє
			1995	1996	1997	
15	1330	75	13,7	14,7	14,6	14,3
	670	150	14,2	15,0	17,2	15,5
	330	300	15,0	15,6	20,0	16,9
45	440	225	17,1	16,0	21,1	18,1
	220	450	19,0	18,1	22,5	19,9
	110	900	16,8	15,8	19,2	17,3
70	280	350	11,4	11,0	14,0	12,1
	140	700	11,0	10,8	13,8	11,9
	70	1400	9,6	10,5	13,6	11,2
НІР05			1,0	0,9	1,3	

Проведене нами визначення оптимальної норми висіву при густоті стояння рослин 330 тис./га (схема розміщення 15x20 см) і 220 тис/га (схема розміщення 45x10 см) на прикладі виду *A. hypochondriacus* показало, що в широкорядному посіві польова схожість була вищою, ніж у рядковому (табл. 5.16).

**Вплив норми висіву на схожість і густоту стояння рослин виду  
амаранта *A. hypochondriacus*, 1987–1989 рр.**

Ширина міжряддя, см	Норма висіву		Полева схожість, %	V, %±Sv	Густота стояння, тис. шт./га	V, %±Sv
	кг/га	млн шт./га				
15	0,3	0,43	35	14,5±4,2	105	21,0±6,3
	0,6	0,87	44	13,6±4,0	340	14,3±4,2
	0,9	1,29	49	12,6±3,7	490	15,4±4,5
	1,2	1,72	57	10,8±3,1	800	11,9±3,4
45	0,2	0,29	46	17,6±5,2	104	23,3±7,0
	0,4	0,58	49	20,4±6,1	223	29,0±9,0
	0,6	0,87	53	18,9±5,6	370	24,6±7,4
	0,8	1,16	61	14,9±4,4	584	20,0±5,9
	1,0	1,45	65	12,4±3,6	777	16,1±4,7
НІР05 1987			5			
НІР05 1988			6			
НІР05 1989			3			

Так, у варіанті з нормою висіву 0,6 кг/га при рядковому способі сівби полева схожість у середньому становила 44 %, а у варіанті із застосуванням широкорядного способу при тій же нормі висіву вона дорівнювала 53 %. Цю різницю можна пояснити тим, що для такої дрібнонасіної культури як амарант більш щільне розташування насіння дає змогу проросткам разом швидше прорости через шар ґрунту.

Крім того, як встановлено в дослідях з різними сільськогосподарськими культурами Г.Ф. Наумовим [272], при більш щільному розташуванні насіння спостерігається алелопатичний ефект будильника, який забезпечує дружність появи сходів у щільніших агроценозах на відміну від розріджених.

На основі проведених досліджень встановлено, що при розміщенні рослин за схемою 15x20 см норма висіву може становити 0,6 кг/га (0,86 млн шт. схожого насіння на 1 га), що забезпечить у середньому густоту стояння рослин 330 тис./га.

У разі розміщення рослин амаранта за схемою 45x10 см оптимальна густота рослин 220 тис./га може бути забезпечена за норми висіву 0,4 кг/га (0,58 млн шт. схожого насіння на 1 га).

Але, враховуючи варіабельність густоти стояння рослин залежно від умов року (коефіцієнт варіації може дорівнювати 29 %), а

також рекомендації вчених про доцільність збільшення оптимальної норми висіву на 30–35 % для гарантованого одержання заданої густоти стояння [357], можна рекомендувати під час застосування сівби амаранта за схемою 15x20 см норму висіву 0,8 кг/га (1,16 млн схожого насіння на 1 га), а в разі проведення сівби за схемою 45x10 см – норму висіву 0,55 кг (0,8 млн шт. схожого насіння на 1 га).

Проведений аналіз урожайності зеленої маси та насіння амаранта, одержаної із застосування різних норм висіву, підтверджує закономірності, виявлені під час вивчення густоти стояння рослин, і свідчить про доцільність застосування широкорядного способу сівби із шириною міжряддя 45 см і в разі вирощування амаранта на зелену масу, і в разі його вирощування на насіння (табл. 5.17).

Таблиця 5.17

**Урожайність зеленої маси та насіння амаранта виду  
*A hypochondriacus* залежно від норми висіву, 1987–1989 рр.**

Ширина міжряддя, см	Норма висіву		Густота стояння тис. шт./га	Урожайність зеленої маси, т/га	Урожайність насіння, ц/га
	кг/га	млн шт./га			
15	0,3	0,43	105	48,7	13,2
	0,6	0,86	340	54,7	14,6
	0,9	1,29	490	55,0	15,0
	1,2	1,72	800	55,8	14,8
45	0,2	0,29	104	48,5	12,1
	0,4	0,58	223	55,1	15,8
	0,6	0,87	370	55,4	15,2
	0,8	1,16	584	54,7	15,0
	1,0	1,45	777	47,1	14,6
НІР05 1987				5,3	0,6
НІР05 1988				4,9	0,6
НІР05 1989				4,9	1,3

### 5.3. Рівень реалізації продуктивності амаранта залежно від застосування добрив

Оптимальна кількість органічних та мінеральних добрив забезпечує високий урожай сільськогосподарських культур і сприяє поліпшенню якісних показників: збільшується вміст білка, вітамінів, мінеральних речовин, що значною мірою підвищує поживну цінність рослинної продукції.



Водночас надмірне застосування добрив призводить до небажаних змін якості продукції рослинництва. Так, надлишкове азотне живлення може сприяти накопиченню в зеленій масі нітратів, зниженню вмісту легкокорозчинних цукрів, порушенню цукрово-білкового співвідношення [162].

Наукові дослідження і передовий досвід вирощування сільськогосподарських культур показують, що не менше половини приросту урожайності культури забезпечує внесення мінеральних і органічних добрив [310; 413].

Відомо, що різні види і сорти сільськогосподарських культур мають комплекс біоекологічних, біохімічних, морфологічних та інших особливостей. Серед них важливою характеристикою рослини є її хімічний склад, потреба і винесення елементів живлення з урожаєм [299; 430]. Урахування цих особливостей має дуже важливе значення під час розроблення системи удобрення рослини.

Система удобрення рослини визначається також величиною запланованого врожаю, різновидністю ґрунтів і забезпеченістю їх основними елементами живлення. Сільськогосподарські підприємства, в яких раціонально використовують добрива, як правило, отримують високі і стійкі врожаї сільськогосподарських культур. При цьому слід враховувати, що немає прямої пропорційної залежності між рівнем підвищення урожайності і винесенням елементів живлення рослинами.

Дослідження, проведені в ЦБС АН Білорусії [429] з трьома зразками амаранта за вмістом основних елементів живлення: фосфору, азоту, калію і кальцію – в зеленій масі показали відсутність суттєвої відмінності між зразками за цими показниками. Однак різницю за вмістом цих елементів прослідковували в органах рослин (листі, стеблах, суцвіттях). При цьому накопичення азоту і фосфору було максимальним у листі, меншим – у суцвіттях і мінімальним – у стеблах. Вміст калію і кальцію зменшувався в послідовності листки–стебла–суцвіття.

Визначення господарського винесення основних поживних речовин з розрахунку на 1 га показав, що їх сума становить 1000–1400 кг і залежить від врожаю зеленої маси амаранта. Порівняння господарського винесення поживних речовин амарантом з винесенням їх у кукурудзи і конюшини показало, що амарант за потребою поживних речовин у кількісному складі переважає кукурудзу і за окремими елементами конюшину.

Дослідження, проведені Ю.А. Утеушом [387], І.П. Бреус, І.А. Черновим [30], свідчать, що в середньому винесення поживних речовин в амаранта з розрахунку на 100 ц зеленої маси може становити: азоту – 25–30 кг, фосфору – 18–22 кг, калію – 75–85 кг, кальцію – 35–40 кг і магнію – 16–18 кг.

Для формування 1 т зеленої маси амаранта необхідно 4–5 кг азоту, 1,5–2 кг фосфору, 6–7 кг калію, у той час як для кукурудзи необхідно до 2,6 кг азоту, 1 кг фосфору і 3,6 кг калію [201]. Одержані результати дають підставу характеризувати амарант як культуру з високим рівнем потреби елементів живлення.

У дослідах, проведених на дерново-підзолистих ґрунтах Татарстану, фосфорні добрива не впливали на приріст сухої маси в рослинах амаранта, вміст фосфору в рослинах також фактично не залежав від внесення добрив [159]. Калійні добрива на врожай зеленої маси амаранта теж не впливали. Вміст калію у рослин контрольних варіантів був високий і становив 5,7 %. Автори вважають, що при високому вмісті калію в ґрунті внесення калійних добрив небажане, оскільки збільшення вмісту калію в рослинах шкідливе як для тварин, так і для людей. В умовах Тернопільської області внесення калійних і фосфорних добрив у дозах  $P_{60}K_{60}$  сприяло підвищенню врожайності зеленої маси амаранта хвостатого на 100 ц/га, а застосування ще й азотних добрив у дозах  $N_{60}P_{60}K_{60}$  збільшувало врожайність зеленої маси амаранта ще на 80 ц/га [109].

У ході досліджень, проведених на сірих лісових ґрунтах Вінницької області, було встановлено, що тільки при оптимальному співвідношенні азоту, фосфору і калію можна досягти підвищення врожайності зерна амаранта [8]. Застосування добрив у дозі  $N_{60}P_{45}K_{45}$  підвищувало врожайність насіння амаранта на 563 кг/га при врожайності на контролі 649 кг/га. Підвищення кількості азотних добрив з 60 до 90 кг/га на фоні  $P_{45}K_{45}$  було неефективним. Неефективним виявилось і внесення тільки фосфорно-калійних добрив у дозі  $P_{45}K_{45}$ . Малоєфективним було застосування азотних добрив без унесення фосфорно-калійних. Підвищення врожайності порівняно з контролем становило лише 140 кг/га.

При недостатній забезпеченості ґрунту фосфором амарант не може повністю використовувати високі дози азотних добрив [30; 159]. Ефективність азотних добрив зростає в міру підвищення рівня фосфору в ґрунті.

Вплив калійних добрив може бути значним тільки за умови сумісного застосування з азотними і фосфорними добривами. Комплексне використання фосфорних і азотних добрив сприяє суттєвому підвищенню врожайності зеленої маси амаранта [276]. Оптимальною системою добрив, яка б сприяла формуванню високого врожаю якісно дешевого корму, як вважають автори, є внесення  $P_{90}$  – з осені,  $N_{120}$  – навесні і  $N_{30}$  – після першого та другого укосів. У зрошуваних умовах, наприклад у Криму, це забезпечує отримання врожайності зеленої маси амаранта до 900 ц/га із вмістом нітратів у межах норми.

Серед мікродобрив, які суттєво впливають на продуктивність амаранта, виділяють  $Cu_8$  і  $Mo_2$ . У досліджах  $Cu_8$  позитивно впливав на врожайність амаранта – і при зрошенні, і на богарі [322]. Застосування  $Cu_8$ , а також  $Mo_2$  підвищувало вміст білка і лізину в зеленій масі амаранта.

Водночас результати багатьох досліджень підтверджують більш ефективний вплив на врожайність зеленої маси амаранта азотних добрив, ніж фосфорних і калійних [232; 245; 330; 387]. Більшість учених вважають амарант типовою нітрофільною рослиною, яка реагує на недостатню кількість фосфору тільки при азотному голодуванні [441].

Слід зазначити, що коефіцієнт використання амарантом азотних та фосфорних добрив достатньо близький за величиною до коефіцієнта більшості зернових і просапних культур. У той же час І.М. Магомедов [231] наголошує, що рослини амаранта виносять з ґрунту більше поживних речовин, ніж кукурудза, майже вдвічі (з розрахунку на 100 ц зеленої маси). Особливо високий винос калію, кальцію і магнію. Середній винос з розрахунку на 100 ц сухої речовини становить: азоту – 150–170 кг, фосфору – 90–120 кг, калію – 400–450 кг, кальцію – 210–250 кг і магнію – 80–100 кг.

Як відзначають деякі автори, враховуючи екологічний аспект, виникає сумнів щодо необхідності застосування під амарант високих доз азотних добрив. Так, у варіантах з половинною дозою NPK вміст нітратного азоту в зеленій масі рослин був низьким і наближався до контролю – 10–60 мг/кг сирої маси, у разі внесення півтори норми NPK вміст нітратного азоту збільшувався до 400–1200 мг/кг сирої маси, маючи при цьому тенденцію до подальшого зростання. Більшість досліджень, проведених ученими, свідчать про те, що під час вирощування амаранта на середньозабезпечених фосфором і

калієм ґрунтах визначальним фактором є наявність у них доступного азоту [4; 232].

На ґрунтах з невисоким рівнем родючості добривам належить вирішальна роль в отриманні високих і стабільних урожаїв зеленої маси амаранта, приріст від добрив становить 40–50 % [114; 142; 387].

Висока родючість ґрунтів і внесення в достатній кількості добрив є гарантом отримання високих урожаїв.

При середній і високій родючості ґрунтів дози мінеральних добрив повинні становити не менше: азотних – 120–140 кг/га, фосфорних – 60–80 і калійних – 140–160 кг/га діючої речовини, що забезпечує отримання 600–900 ц/га зеленої маси.

Дослідженнями, проведеними вченими Казанського ботанічного саду на сильнокислих дерново-підзолистих ґрунтах, було доведено високу ефективність азотних добрив [405]. У разі внесення азотних добрив у дозі 60 кг/га врожайність і накопичування сухої речовини амарантом збільшується у 2,0–2,5 рази порівняно з контролем, що, у свою чергу, збільшує вихід протеїну і підвищує концентрацію амарантину – натурального барвника. Установлено, що збільшення дози азоту до 150 кг/га в ґрунті сприяє значному зростанню фотосинтетичної продуктивності і вмісту амарантину з розрахунку на одну рослину [64]. При цьому величина фотосинтетичної продуктивності збільшувалася в 3,6 рази, а вміст амарантину – у 5,1 рази.

На кислих дерново-підзолистих ґрунтах внесення азотних добрив суттєво впливало на урожайність і поживність зеленої маси амаранта [405]. Однак при дозі 180 кг/га вміст нітратів у зеленій масі амаранта може перевищувати допустимі норми. Тому рекомендовані дози азотних добрив можуть бути в межах 100–150 ц/га.

Водночас було доведено, що амарант навіть в умовах значного забезпечення азотом не накопичує великої кількості нітратів [423]. Автори пояснюють це тим, що завдяки функціонуванню у амаранта  $C_4$ -фотосинтезу процеси відновлення нітратів і включення їх у білок протікають дуже інтенсивно, тому значного накопичування нітратів ніколи не відбувається. Але під час розроблення системи агротехнічних заходів з вирощування амаранта важливо не тільки визначити кількість унесених азотних добрив, але й підібрати такі форми, які б дозволяли досягти високої продуктивності амаранта з низьким вмістом нітратів.

Науковці Д.Б. Нікітін [274], Н.Н. Тищенко та ін. [380] вивчали вплив різних форм мінерального азоту на продуктивність амаранта. Рослини *Amaranthus paniculatus* вирощували на живильних розчинах з нітратами – варіант ( $\text{NO}_3^-$ ), та з амонієм – варіант ( $\text{NH}_4^+$ ). Вегетаційні дослідження показали, що рослини амаранта на варіанті  $\text{NH}_4^+$  значно відставали в рості від рослин варіанта  $\text{NO}_3^-$ . Уповільнення в рості, яке супроводжувалося некрозом листя, прогресувало в онтогенезі, унаслідок чого в кінці вегетації різниця у висоті рослин становила 85 %. Порівняно з рослинами варіанта  $\text{NO}_3^-$  листя рослин варіанта  $\text{NH}_4^+$  містило на 70 % менше хлорофілу *a* і *b*, а також на 55 % менше каротиноїдів. Використання  $\text{NH}_4^+$  як єдиного джерела мінерального азоту змінює напрям біохімічних процесів у бік переважного утворення амінокислот, вміст яких не реалізується збільшенням вмісту білка, кількість якого завжди менша в листі рослин варіанта  $\text{NH}_4^+$ . Автори вважають, що використання  $\text{NH}_4^+$  як єдиного джерела мінерального азоту є стресовим фактором, що призводить як до зниження продуктивності амаранта, так і до зменшення вмісту білка в його листі. На карбонатних ґрунтах амонійні форми азоту створюють більш сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу амаранта [382]. Крім аміачних і нітратних форм добрив, які традиційно використовують в агрохімії, принципово новим підходом у вирішенні проблеми є застосування екологічно нешкідливих форм азотних добрив пролонгованої дії.

Установлено, що на дерново-підзолистих ґрунтах і вилуженому чорноземі використання будь-яких форм легкорозчинних азотних добрив у цілому не викликає суттєвої різниці в продуктивності амаранта [394]. При цьому варіанти з аміачною, а особливо – з натрієвою селітрою характеризуються надзвичайною акумуляцією нітратів у листі і стеблах амаранта. Тому краще використовувати аміачні або змішані аміачно-нітратні форми.

Використання ж під час вирощування амаранта карбамідформальдегідного добрива (КФД) пролонгованої дії, яке містить 70 % від загального азоту у водорозчинній формі, навіть у рік внесення знижує концентрацію нітратного азоту в рослинах до рівня контрольного варіанта, не викликаючи при цьому зниження врожаю [395]. Застосування КФД на дерново-підзолистих ґрунтах суттєво скорочує витрати азоту внаслідок інфільтрації.

Науковці І.П. Бреус, І.А. Чернов та інші [4] також відзначають, що для амаранта вже в перший рік внесення можна очікувати досить

високої віддачі не тільки від легкокорозчинних, але й від повільнодіючих азотних добрив, з використанням яких знижуються негативні екологічні наслідки застосування стандартних азотних добрив, зокрема надмірна акумуляція нітратів у ґрунті, воді, рослинницькій продукції. На ґрунтах з невисоким рівнем родючості дози добрив збільшують на 20–25 %.

Особливістю вирощування амаранта на насіння є зниження у 2–3 рази доз азоту. Цей прийом скорочує вегетаційний період і прискорює дозрівання насіння. Усі добрива, крім азоту, рекомендовано вносити під час основного обробітку ґрунту [142]. Азот бажано розділити на два строки внесення: у передпосівне – до 100 кг діючої речовини і в підживлення – до 60 кг/га [410].

Дослідженнями П.Ф. Медведєва [247] встановлено, що під насінники амаранта на середніх за родючістю ґрунтах під осінню оранку потрібно внести 3 ц/га суперфосфату і 1–1,5 ц/га калійної солі, під весняну культивуацію – по 1 ц/га аміачної селітри, суперфосфату і калію. На ґрунтах з низькою родючістю слід вносити органічні добрива в дозі 20–30 т/га.

Однак дані щодо мінерального живлення амаранта, як свідчить проведений аналіз літератури, недостатні і часто суперечливі.

Визначення ефективних доз добрив під амарант та їх співвідношення вимагає глибокого вивчення впливу добрив на основні складові продукційного процесу, при цьому великого значення набуває видова диференціація за реакцією на елементи живлення.

Важливою характеристикою продукційного процесу та одним з основних критеріїв оцінки продуктивності посівів, а також ефективності застосування тих чи інших елементів технології вирощування культури є наростання вегетативної маси рослин.

Інтегральним показником ростових процесів є перш за все збільшення біомаси як рослини в цілому, так і її структурних елементів. Види амаранта, які вивчали в досліді, характеризувалися різними темпами накопичення біомаси на перших етапах вегетації (до фази бутонізації) з перевагою цього процесу у *A. cruentus*. Під час вегетації накопичення біомаси у видів амаранта збільшувалося, серед усіх видів переважали *A. hypochondriacus* і *A. hybridus* (табл. 5.18).

**Динаміка показників росту і накопичення біомаси у рослин видів  
амаранта в онтогенезі, 1987–1989 рр.**

Вид	Висо- та, см	Сира маса						
		однієї росли- ни, г	листоків		стебел		волоті	
			г	%	г	%	г	%
Фаза вегетативного розвитку								
<i>A. cruentus</i>	37,9	23,8	17,1	71,8	6,7	28,2	-	
<i>A. hybridus</i>	25,2	10,7	5,6	52,3	5,1	47,7	-	
<i>A. hypochondriacus</i>	28,6	15,6	9,6	61,5	6,0	38,5	-	
Фаза бутонізації								
<i>A. cruentus</i>	129,6	180,5	63,9	35,4	80,4	44,5	36,2	20,1
<i>A. hybridus</i>	138,0	205,1	71,8	35,0	102,1	49,8	31,2	15,2
<i>A. hypochondriacus</i>	144,5	235,4	87,1	37,0	113,0	48,0	35,3	15,0
Фаза цвітіння								
<i>A. cruentus</i>	155,0	410,0	123,8	30,2	183,7	44,8	102,5	25,0
<i>A. hybridus</i>	160,2	426,6	141,6	33,2	193,7	45,4	91,3	21,4
<i>A. hypochondriacus</i>	180,4	472,4	157,8	33,4	215,4	45,6	99,2	21,0
Фаза досягання (молочна стиглість)								
<i>A. cruentus</i>	166,4	478,8	109,8	22,9	201,4	45,1	167,6	35,0
<i>A. hybridus</i>	180,0	510,6	139,9	27,4	180,8	35,4	189,9	37,2
<i>A. hypochondriacus</i>	204,0	503,2	131,2	26,1	180,8	35,9	191,2	38,0

Таким чином, аналіз окремих показників продукційного процесу дає уявлення про його інтенсивність і напрямок у рослин амаранта, а також про відмінність між видами в особливостях його перебігу. Відмінність між видами амаранта за характером накопичення зеленої маси в процесі вегетації обумовлена різною архітектонікою рослин, різною часткою листків у структурі зеленої маси.

Як відомо, значний вплив на цінність зеленого корму має його структура. У структурі зеленої маси амаранта виділяють три компоненти: стебла, листки і волоті, які мають різне співвідношення між собою (див. табл. 5.18).

Особливу цінність становлять листки, які мають високу поживність і кращу перетравність, тому, розробляючи технологію вирощування амаранта на зелену масу, слід прагнути до збільшення частки листків, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню кормової якості зеленого корму.

В результаті вивчення впливу мінеральних добрив на характер облистяності у видів амаранта було встановлено, що добрива, особливо азотні, сприяють зростанню частки листків у структурі

зеленої маси видів амаранта. Застосування азоту в дозі N<sub>90</sub> і N<sub>120</sub> на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечувало збільшення облистяності порівняно з контролем на 1,8 і 2,5 % у *A. cruentus*, на 4,2 і 4,4 % у *A. hybridus* та на 9,1 і 9,6 % у *A. hypochondriacus* (табл. 5.19).

Таблиця 5.19

**Облистяність і вміст сухої речовини в зеленій масі видів амаранта, 1987–1989 рр.**

Варіант	Облистяність, %				Абсолютно суха речовина, %			
	1987 р.	1988 р.	1989 р.	серед- не	1987 р.	1988 р.	1989 р.	серед- не
<i>Вид A. cruentus</i>								
Без добрив	30,0	29,4	30,1	29,8	23,6	22,8	23,0	23,1
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31,2	29,0	30,6	30,3	23,2	22,8	22,8	22,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> R <sub>60</sub>	32,0	30,0	32,8	31,6	23,0	23,0	23,0	23,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,1	31,9	32,8	32,3	23,2	22,6	21,7	22,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	33,0	35,0	34,0	34,0	22,8	22,0	21,0	21,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	33,1	35,0	34,6	34,2	23,0	22,0	21,2	22,1
НІР05	2,2	1,6	2,8					
<i>Вид A. hybridus</i>								
Без добрив	30,1	30,2	31,2	30,5	22,7	22,0	24,3	22,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,4	33,6	34,0	33,3	23,5	22,8	21,0	22,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32,0	33,2	33,8	33,0	22,2	21,6	23,7	22,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	33,6	34,2	34,8	34,2	22,0	21,9	22,5	22,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	34,0	35,0	36,0	35,0	21,5	20,0	23,2	21,6
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	34,8	35,6	36,2	35,7	21,3	24,0	22,3	22,6
НІР05	2,0	2,2	1,8	0,4				
<i>Вид A. hypochondriacus</i>								
Без добрив	30,1	30,0	30,4	30,2	22,4	21,8	21,6	21,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	36,2	38,4	38,0	37,5	22,0	22,8	21,6	21,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	37,0	39,0	39,0	38,3	20,0	21,5	20,8	20,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	37,0	40,1	39,4	38,8	20,2	21,8	21,0	20,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	37,8	40,2	39,8	39,3	20,4	20,0	21,0	20,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	38,0	39,8	40,0	39,8	20,4	24,2	20,6	20,4
НІР05	2,3	2,6	1,8					

Вивчення впливу добрив на врожайність зеленої маси видів амаранта дозволило встановити високу ефективність дії азотних добрив, яка зростає вже з дози N<sub>30</sub> кг/га і виявляється у збільшенні врожайності зеленої маси на 11,5 % у виду *A. hypochondriacus* та на 10,5 і 10,8 % відповідно у *A. hybridus* і *A. cruentus*. Застосування азотних добрив в дозі N<sub>120</sub> кг/га підвищує врожайність зеленої маси у



*A. hypochondriacus* на 38,6 % та у *A. cruentus* і *A. hybridus* відповідно на 32,3 і 19,5 % (табл. 5.20).

Таблиця 5.20

**Урожайність зеленої маси видів амаранта  
залежно від застосування добрив, т/га, 1987–1989 рр.**

Варіант (В)	Вид(А)		
	<i>A. hybridus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>
1	2	3	4
1987 р.			
Контроль	41,6	46,1	41,2
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	45,7	46,2	46,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,5	46,2	48,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	51,0	53,1	52,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	51,8	52,3	61,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	56,1	53,1	62,4
НІР 05 А	1,2		
НІР 05 В	1,8		
НІР 05	3,0		
1988 р.			
Контроль	43,2	50,1	45,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,4	52,2	47,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	49,2	54,1	53,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	53,4	60,2	52,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	62,3	58,4	57,2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	58,2	56,2	58,2
НІР 05 А	0,7		
НІР 05 В	1,0		
НІР 05	1,7		
1989 р.			
Контроль	44,3	45,1	43,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,1	47,4	48,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	45,2	48,2	48,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	51,5	55,7	51,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	55,9	54,2	60,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	56,4	53,4	67,2
НІР 05 А	0,8		
НІР 05 В	1,1		
НІР 05	1,8		
Середнє за 1987–1989 рр.			
Контроль	43,0	47,1	43,2
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	45,4	48,6	47,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,3	49,5	49,9

1	2	3	4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	52,0	57,6	52,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	56,7	55,0	59,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	56,9	56,3	62,6
НІР05	3,6	2,6	4,1

Вихід сухої речовини з 1 га збільшується від 1,5 т у *A. cruentus* до 4,6 т у *A. hypochondriacus* (табл. 5.21).

Таблиця 5.21

**Збір сухої речовини у видів амаранта залежно від застосування добрив, т/га, 1987–1989 рр.**

Варіант	Вид		
	<i>A. hybridus</i>	<i>A. cruentus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>
Контроль	9,8	10,9	9,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,1	11,1	10,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,4	11,4	11,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,5	12,2	11,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,2	12,0	12,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,8	11,9	14,1
НІР 05 1987	1,7	0,7	0,7
НІР 05 1988	0,5	0,3	0,4
НІР 05 1989	0,3	0,4	0,3

Як відомо, різниця в ростових процесах рослин за фазами розвитку впливає на хімічний склад та поживність зеленої маси. Вивчення характеру накопичення основних елементів живлення: азоту, фосфору та калію в різних частинах рослин за фазами розвитку свідчить про значні зміни в їх накопиченні в процесі росту.

Найбільший вміст азоту характерний для листків рослин амаранта у фазі вегетативного розвитку, найменшим вмістом характеризуються стебла у фазі дозрівання (табл. 5.22).

Найбільший вміст фосфору спостерігають у стеблах у фазі бутонізації, а найменший – у фазі досягання. Як відомо, фосфор активізує ферментативні процеси, підвищує продуктивність тварин. Достатній вміст фосфору (оптимальний вміст у зеленій масі – 0,5 %) в кормі значною мірою поліпшує якість тваринницької продукції. Чим менше засвоюваного фосфору надходить з кормами, тим більше його витрачається із запасів організму, що спричиняє виснаження, призводить до зниження апетиту і стійкості організму до інфекційних

захворювань, деформацій у розвитку кістяка, передчасного вибракування тварин.

Таблиця 5.22

**Динаміка хімічного складу вегетативної маси рослин амаранта в онтогенезі, % на абсолютно суху речовину, 1987–1989 рр.**

Вид	Загальний азот		Фосфор		Калій		Сирий протеїн	
	листки	стебла	листки	стебла	листки	стебла	листки	стебла
Фаза вегетативного розвитку								
<i>A. cruentus</i>	3,00	2,02	0,21	0,55	4,36	6,63	18,8	12,6
<i>A. hybridus</i>	3,08	2,60	0,19	0,19	3,27	5,61	19,2	16,2
<i>A. hypochondriacus</i>	3,70	1,90	0,15	0,10	4,82	7,01	23,1	11,9
Фаза бутонізації								
<i>A. cruentus</i>	2,80	1,80	0,84	0,44	4,82	5,58	17,5	11,2
<i>A. hybridus</i>	2,81	2,00	0,80	0,75	3,35	4,09	17,6	12,5
<i>A. hypochondriacus</i>	2,95	2,80	0,83	0,64	5,20	6,53	18,4	11,2
Фаза цвітіння								
<i>A. cruentus</i>	2,40	1,67	0,71	0,25	2,54	2,08	16,0	10,4
<i>A. hybridus</i>	2,50	1,46	0,70	0,34	2,58	1,90	17,0	11,1
<i>A. hypochondriacus</i>	2,70	1,60	0,76	0,32	3,33	2,04	18,0	11,0
Фаза досягання (молочна стиглість)								
<i>A. cruentus</i>	1,05	0,30	0,12	0,10	2,00	1,60	6,6	1,9
<i>A. hybridus</i>	1,01	0,25	0,13	0,19	2,36	1,58	6,3	1,6
<i>A. hypochondriacus</i>	1,10	0,44	0,14	0,09	2,81	2,44	6,9	2,8

Результати проведеного аналізу зеленої маси видів амаранта свідчать про достатню забезпеченість її фосфором у фазі бутонізації і цвітіння зі значним зниженням його частки в стеблах і листках у фазі досягання (молочної стиглості).

Вивчення впливу добрив на вміст фосфору в зеленій масі видів амаранта у фазі цвітіння свідчить, що внесення добрив сприяє накопиченню фосфору, підвищуючи тим самим поживність зеленої маси, причому збільшення частки фосфору спостерігали на фоні незмінної дози фосфорних добрив, але при збільшенні дози азотних добрив. Це можна пояснити збільшенням частки листків у разі внесення азотних добрив, які в цій фазі містять більше фосфору, ніж стебло (табл. 5.23).

**Хімічний склад зеленої маси видів амаранта залежно від застосування добрив, % на абсолютно суху речовину, 1987–1989 рр.**

Варіант	Сирий протеїн	Зола	Жир	Фосфор	Калій	Кліткови- вина
<i>Вид A. cruentus</i>						
Контроль	16,0	11,8	1,4	0,46	1,92	34,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,6	10,3	2,2	0,47	2,04	33,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,3	10,2	2,3	0,70	2,49	31,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,2	9,4	2,5	0,79	2,60	30,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,3	10,7	1,9	0,80	2,53	30,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,5	10,2	2,1	0,80	2,54	29,0
<i>Вид A. hybridus</i>						
Контроль	19,3	11,3	1,7	0,38	1,96	35,1
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,6	9,7	2,0	0,51	2,04	34,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,0	9,2	2,0	0,63	2,52	33,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,2	9,8	1,8	0,73	2,68	31,9
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,3	9,2	2,0	0,85	2,70	30,0
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,7	9,2	1,7	0,89	2,70	30,2
<i>Вид A. hypochondriacus</i>						
Контроль	20,1	11,0	1,6	0,41	2,06	34,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,2	9,6	1,8	0,48	2,48	34,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,8	9,8	2,5	0,61	2,62	33,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,5	9,6	1,7	0,65	2,72	31,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23,0	8,9	2,5	0,90	2,80	29,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23,1	8,3	1,8	0,85	2,65	29,5

Вміст калію за фазами розвитку рослин амаранта також змінювався. Найбільшим вмістом калію зелена маса амаранта характеризувалася у фазі вегетативного розвитку з поступовим його зниженням у подальших фазах.

Як відомо, оптимальним у зеленій масі є вміст калію в межах 2,0–2,25 %. Але як дефіцит калію, так і його надлишки в зеленій масі, які можуть виникати при значному збільшенні калійних добрив, негативно впливають на розвиток тварин.

Під впливом добрив на фоні постійної дози калію, але при зміні доз азоту спостерігається незначне підвищення калію в зеленій масі видів амаранта, що також може бути пояснене збільшенням частки листків унаслідок збільшення дози азотних добрив, яке у фазі цвітіння містить калію більше, ніж стебло.

Поживна цінність корму для тварин визначається кількістю поглинутої сухої речовини, його перетравністю і ефективністю, з

якою поглинені поживні речовини перетворюються в м'ясо або молоко [162; 580]. Поживні речовини в зеленому кормі містяться в легкоперетравній і в легкозасвоюваній формі. У процесі вегетації рослин поживна цінність корму змінюється: зменшується вміст протеїну, збільшується кількість клітковини, що впливає на перетравність і ступінь поїдання корму. Тому зелений корм краще використовувати в більш ранні фази вегетації рослин, коли він має високу перетравність. Важливішим хімічним компонентом рослин є білок. Проблема кормового білка – одна з головних у кормовиробництві. Перевитрати кормів на виробництво одиниці тваринницької продукції в першу чергу пов'язані з низьким вмістом перетравного протеїну в кормовій одиниці і незбалансованістю кормів за іншими цінними компонентами [162]. Вивчення впливу фаз розвитку рослин амаранта, а також різних видів амаранта на продуктивність корму в цілому і вмісту в ньому перетравного протеїну зокрема було одним із наших завдань. Встановлена відмінність за фазами розвитку видів амаранта та між видами за вмістом азоту, фосфору і калію має відображення і в кількості протеїну. Найбільший вміст протеїну характерний для амаранта у фазі вегетативного розвитку, а найбільшим виходом протеїну з одиниці площі характеризується фаза цвітіння, яка і може бути рекомендована для збирання в разі вирощування амаранта на зелений корм (табл. 5.24).

Таблиця 5.24

**Урожайність зеленої маси та вихід сухої речовини і сирого протеїну у видів амаранта в онтогенезі, 1987–1989 рр.**

Вид	Урожайність зеленої маси, кг/м <sup>2</sup>	Вихід сухої речовини, кг/м <sup>2</sup>	Вихід сирого протеїну, кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4
Фаза вегетативного розвитку			
<i>A. cruentus</i>	0,28	0,06	0,01
<i>A. hybridus</i>	0,13	0,03	0,01
<i>A. hypochondriacus</i>	0,19	0,04	0,01
Фаза бутонізації			
<i>A. cruentus</i>	2,17	0,46	0,07
<i>A. hybridus</i>	2,46	0,49	0,08
<i>A. hypochondriacus</i>	2,82	0,59	0,10
Фаза цвітіння			
<i>A. cruentus</i>	4,92	1,08	0,16
<i>A. hybridus</i>	5,12	1,13	0,18

1	2	3	4
<i>A. hypochondriacus</i>	5,67	1,25	0,22
Фаза досягання (молочна стиглість)			
<i>A. cruentus</i>	5,74	1,38	0,15
<i>A. hybridus</i>	6,13	1,47	0,18
<i>A. hypochondriacus</i>	6,04	1,45	0,18

Проведений аналіз вмісту протеїну в зеленій масі амаранта, одержаній у різних варіантах, свідчить про зростання в ній вмісту протеїну залежно від застосування добрив. Найбільше зростання зафіксовано на варіанті із дозою N<sub>120</sub> кг/га при внесенні фосфорних і калійних добрив у дозі P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг/га: від 23,1 % на суху речовину в *A. hypochondriacus* до 19,5 % у *A. cruentus*. Найбільший вихід сирого протеїну з одиниці площі забезпечували посіви *A. hypochondriacus* у варіанті N<sub>120</sub> P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (табл. 5.25).

Таблиця 5.25

### Вихід сирого протеїну у видів амаранта залежно від застосування добрив

Варіант	Вихід сирого протеїну, т/га			
	1987 р.	1988 р.	1989 р.	середнє
1	2	3	4	5
Вид <i>A. cruentus</i>				
Контроль	1,8	1,8	1,6	1,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,8	2,0	1,8	1,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,8	2,1	1,9	1,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,2	2,5	2,2	2,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,3	2,5	2,2	2,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,3	2,5	2,2	2,3
НІР05	0,1	0,1	0,2	
Вид <i>A. hybridus</i>				
Контроль	1,8	1,8	2,1	1,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,1	2,0	1,9	2,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,0	2,1	2,1	2,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,5	2,4	2,5	2,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,5	2,8	2,9	2,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,7	3,2	2,8	2,9
НІР05	0,3	0,1	0,1	
Вид <i>A. hypochondriacus</i>				
Контроль	1,8	2,0	1,9	1,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,2	2,2	2,2	2,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,1	2,3	2,0	2,1

1	2	3	4	5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,3	2,3	2,2	2,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,9	2,7	2,9	2,8
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,5	3,2	3,2	3,3
НІР05	0,2	0,1	0,1	

Однак, незважаючи на те, що амарант належить до рослин аспартатного типу і має здатність до ефективного використання азоту, не накопичуючи його надлишків у зеленій масі, надмірне застосування азотних добрив може призвести до зростання в ній вмісту нітратів.

На думку деяких авторів, зростання дози азотних добрив більше 180 кг/га призводить до накопичення нітратів у кількості 450 мг/кг сирової маси [4].

У наших дослідах зростання дози азотних добрив із 60 до 120 кг/га призводить до збільшення вмісту нітратів на 128 NO<sub>3</sub> мг/кг сирової маси у *A. hypochondriacus* і на 113 NO<sub>3</sub> мг/кг сирової маси у *A. hybridus* і *A. cruentus* (табл. 5.26).

Таблиця 5.26

**Вміст нітратів у зеленій масі видів амаранта залежно від застосування добрив, NO<sub>3</sub> мг/кг сирової маси, 1987–1988 рр.**

Варіант	Вид		
	<i>A. cruentus</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>
Контроль	33	27	40
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	36	29	44
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	63	61	77
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	79	72	94
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	137	122	157
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	176	139	205
НІР05 1987	5	10	13
НІР05 1988	12	15	18
НІР05 1989	8	10	9

Хоча вказаний вміст нітратів вкладається в допустимі норми, все ж таки подальше збільшення доз азотних добрив є небажаним і з економічних міркувань, і через шкідливість використання такої зеленої маси для споживання.

Проведена оцінка рівня реакції видів амаранта на застосування добрив шляхом використання показника пластичності ( $b_i$ ) дає підставу стверджувати, що види, які вивчали в досліді, мають однаковий рівень реакції на застосування добрив з тенденцією до її

підвищення у *A. hypochondriacs* ( $b_i=1,26$ ) і до зниження у *A. cruenuts* – ( $b_i=0,71$ ) (табл. 5.27).

Таблиця 5.27

**Оцінка реакції урожайності зеленої маси видів амаранта  
на техногенне навантаження агроценозу**

Вид	Генотиповий ефект		Ступінь пластичності		Сума рангів
	$E_i$	ранг	$b_i$	ранг	
<i>A. cruentus</i>	0,8	2	0,71	2	4
<i>A. hybridus</i>	- 1,5	2	1,04	2	4
<i>A. hypochondriacus</i>	0,9	2	1,26	2	4

Ефективність застосування добрив під час вирощування амаранта на зелену масу в наших дослідах було підтверджено і у виробничих умовах, де використання азотних добрив у дозі  $N_{60}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало підвищення врожайності зеленої маси у виду *A. hybridus* порівняно з контрольним варіантом на 195 ц/га (табл. 5.28).

Таблиця 5.28

**Вплив мінеральних добрив на врожайність зеленої маси  
амаранта волотистого в КСП ім. Калініна, 1990–1991 рр.**

Варіант	Урожайність зеленої маси, ц/га		
	1-й укіс	2-й укіс	Усього за два укоси
Без добрив	310	210	520
$P_{60}K_{60}$	350	250	600
$N_{60}P_{60}K_{60}$	415	300	715
$N_{90}P_{90}K_{90}$	450	320	770
$N_{120}P_{120}K_{120}$	480	340	820

Примітка . 2-й укіс – перед закінченням вегетації.

Механізм формування і реалізації генетично закладеного потенціалу продуктивності агроценозів у разі вирощування амаранта на насіння має свої особливості порівняно з механізмом продукційного процесу за умови вирощування амаранта на зелену масу. Ураховуючи, що кожен вид амаранта можна розглядати як окремий модельний об'єкт, який потребує окремого вивчення, проаналізуємо особливості формування насінневої продуктивності залежно від системи удобрення у двох видів: *A. hypochondriacus* і *A. hybridus*, які за своїм морфотипом та рівнем реалізації генетичного



потенціалу насінневої продуктивності більше підходять для умов Лівобережного Лісостепу України.

Проведене нами вивчення біологічного потенціалу видів *A. hypochondriacus* та *A. hybridus* показало значну мінливість урожайності і її структурних елементів залежно від дози добрив, збільшення лінійних розмірів – висоти рослин та довжини волоті (табл. 5.29).

Таблиця 5.29

**Лінійні параметри рослин видів амаранта залежно від застосування добрив, 1987–1989 рр.**

Варіант	Висота, см	Довжина волоті, см	Кількість бокових пагонів, шт.
<i>Вид A. hybridus</i>			
Контроль	165,0	64,4	-
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	166,8	65,1	-
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	169,8	69,1	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	173,7	73,7	1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	176,5	75,1	2
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	177,0	67,9	9
НІР05 1987	6,8	4,7	
НІР 05 1988	5,2	4,7	
НІР 05 1989	5,7	3,2	
<i>Вид A. hypochondriacus</i>			
Контроль	169,9	69,5	-
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	168,9	70,2	-
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	173,7	74,9	-
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	180,3	80,0	2
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	177,6	77,4	5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	173,5	71,6	9
НІР05 1987	6,7	3,3	
НІР 05 1988	2,0	3,9	
НІР 05 1989	3,0	2,6	

Починаючи з дози добрив N<sub>60</sub> на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> у *A. hypochondriacus* і з дози N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> у *A. hybridus*, спостерігали розгалуженість рослин, яка зі збільшенням дози азотних добрив посилювалася. Через формування бокових волотей довжина головної волоті зменшувалася. Формування насіння на бокових пагонах призводило до його різноякісності, при цьому зменшувався вихід насіння з головної волоті (табл. 5.30).

**Маса насіння з головної волоті у видів амаранта залежно від застосування добрив, г, 1987–1989 рр.**

Варіант	Вид							
	<i>A. hybridus</i>				<i>A. hypochondriacus</i>			
	1987 р.	1988 р.	1989 р.	середнє	1987 р.	1988 р.	1989 р.	середнє
Контроль	9,7	8,2	6,0	8,0	10,0	9,7	8,4	9,4
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,0	8,0	6,2	8,1	11,4	9,0	8,2	9,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,2	9,0	6,6	8,9	11,6	12,0	10,0	11,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,6	9,2	7,0	9,3	11,6	11,8	10,8	11,4
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,0	7,8	6,6	8,1	9,8	10,0	8,0	9,3
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,0	7,6	6,0	7,9	9,0	9,8	8,0	8,9
V, %	7,5	8,0	6,2		10,5	11,8	13,5	
Sv	2,2	2,3	1,8		3,0	3,4	3,9	
HP05	1,2	0,4	0,9		1,0	0,9	0,7	

Отже, зміни в структурній організації рослин амаранта, які виникають унаслідок застосування добрив, суттєво впливають і на господарську цінність одержаного насіння.

Як відомо, вміст протеїну в насінні амаранта є генетично обумовленою ознакою, яка під впливом екологічних факторів може суттєво змінюватися [162].

Результати досліджень з вивчення впливу добрив на господарську цінність насіння свідчать і про значний їх вплив на вміст протеїну в насінні. Насіння, вирощене у варіанті з унесенням азотних добрив у дозі N<sub>30</sub> на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, відрізнялося підвищеним вмістом протеїну порівняно з контрольним варіантом. Різниця була в межах від 0,7 % у *A. hybridus* до 2,8 % у *A. hypochondriacus* (табл. 5.31).

Найбільшим вмістом протеїну насіння *A. hybridus* характеризувалося у варіанті N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 19,2 %, а для *A. hypochondriacus* найбільший вміст протеїну в насінні спостерігали на варіанті N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 18,8 %, з тенденцією до подальшого зниження у варіантах з вищою дозою азотних добрив, що можна пояснити зростанням різноякісності насіння, викликаного його формуванням на бокових пагонах та його неповноцінністю.

Насіння амаранта, як зазначено вище, є цінним видом корму з кращим перетравленням поживних компонентів ніж насіння зернових культур. Однак вимагає удосконалення технологія його підготовки до згодовування, установлення оптимальної норми в раціонах різних видів тварин, визначення кращих варіантів його поєднання з іншими кормами.

Таблиця 5.31

**Вміст протеїну в насінні видів амаранта залежно від застосування добрив, % на абсолютно суху речовину, 1987–1988 рр.**

Варіант	Вид					
	<i>A. hybridus</i>			<i>A. hypochondriacus</i>		
	1987 р.	1988 р.	середнє	1987 р.	1988 р.	середнє
Контроль	17,8	18,2	18,0	16,2	15,8	16,0
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,2	18,4	18,3	16,8	16,2	16,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,0	18,4	18,7	19,2	18,4	18,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,4	19,0	19,2	18,6	18,0	18,3
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,2	18,0	18,1	17,6	18,0	17,8
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,0	17,4	17,7	17,0	16,2	16,6
V, %	3,4	2,9		6,5	6,7	
Sv	1,0	0,8		1,9	1,9	
НІР05	0,3	0,6		0,1	0,3	

Під час визначення кормової цінності насіння видів амаранта, одержаного на різних фонах удобрення, було встановлено, що застосування добрив у дозі N<sub>60</sub> на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечує найбільший рівень урожайності (табл. 5.32).

Таблиця 5.32

**Урожайність насіння видів амаранта залежно від застосування добрив, ц/га, 1987–1989 рр.**

Варіант	Вид							
	<i>A. hybridus</i>				<i>A. hypochondriacus</i>			
	1987 р.	1988 р.	1989 р.	середнє	1987 р.	1988 р.	1989 р.	середнє
Контроль	15,0	14,0	12,8	13,9	17,0	16,0	15,4	16,1
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,4	15,8	13,4	15,2	17,2	15,6	15,0	15,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,6	16,0	14,2	15,6	18,4	16,6	16,2	17,1
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,2	17,0	15,6	16,9	21,2	19,2	19,0	19,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,8	17,0	14,8	16,5	18,0	17,0	17,6	17,5
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,0	16,2	14,6	16,3	17,4	16,4	16,0	16,6
НІР 05	1,0	1,0	1,1		0,5	0,6	1,1	

Зниження насінневої продуктивності амаранта зі збільшенням доз азотних добрив понад 120 кг/га пов'язано з розвитком бокових пагонів і формуванням на них насіння, яке не встигає дозріти, що слід ураховувати при застосуванні добрив під амарант під час вирощування його на насіння.

Аналіз насіння видів амаранта для визначення ефективних доз добрив з високим рівнем окупності свідчить, що дози добрив впливають не лише на насінневу продуктивність і поживність насіння, але й на фізичні показники його якості. Одним з фізичних показників є натура насіння, яка добре характеризує його як товар. Науковцями проведено глибокі дослідження, які показують взаємозв'язок натури насіння з його технологічними властивостями [162; 366].

Як відомо, натура значною мірою залежить від форми і розмірів насіння. Чим більше в заданому об'ємі вміщується насінин певної форми, тим вищою буде натура. Установлено: чим більша довжина насінини, за всіх інших однакових умов, тим менша натура і чим коротше насіння, тим натура вища. Висока крупність насіння, як правило, знижує натуру, оскільки при цьому підвищується шпаруватість маси насіння [162].

Вивчення впливу добрив на фізичні якості насіння видів амаранта показало, що натура насіння нижча у видів амаранта на варіантах із застосуванням добрив  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та  $N_{60}P_{60}K_{60}$  (табл. 5.33).

Таблиця 5.33

**Натура насіння видів амаранта залежно від застосування добрив, г/л**

Варіант	Вид					
	<i>A. hypochondriacus</i>			<i>A. hybridus</i>		
	1987 р.	1988 р.	середнє	1987 р.	1988 р.	середнє
Без добрив	790	824	807	835	844	840
$P_{60}K_{60}$	790	800	795	830	836	833
$N_{30}P_{60}K_{60}$	680	724	702	732	740	736
$N_{60}P_{60}K_{60}$	674	724	699	724	734	729
$N_{90}P_{60}K_{60}$	780	800	790	820	840	830
$N_{120}P_{60}K_{60}$	800	814	807	840	846	843
V, %	7,8	5,8		6,8	6,7	
Sv	2,2	1,7		1,9	1,9	
НІР05	45	40		35	16	

Подальше збільшення дози азоту підвищує натуру насіння, що пов'язано з явищем різноякісності насіння, яке виникає внаслідок формування його на бокових пагонах. Крім того, у виду *A. hypochondriacus*, який має крупніше насіння, ніж *A. hybridus*, натурна маса була меншою.

Маса 1000 насінин є одним з важливих показників, які визначають посівні і технологічні властивості насіння. Цей показник

певною мірою характеризує виповненість, крупність насіння і залежить від щільності й розміру насінин. Тому його вважають кращим критерієм фізичного стану насіння, ніж натура. Крупність насіння є одним з найстабільніших показників, який обумовлений перш за все генотиповими особливостями. Лише дуже несприятливі умови можуть призвести до різкого зниження маси 1000 насінин.

Рослини в процесі еволюції набули властивості за різних умов у першу чергу забезпечити розвиток насіння, гарантувати розвиток майбутнього покоління [162; 207; 366]. Ступінь мінливості маси 1000 насінин може характеризувати екологічну пластичність рослини і міру її пристосованості до умов вирощування [162]. Нами не було зафіксовано суттєвих змін у масі 1000 насінин видів амаранта залежно від застосування добрив, які важко зафіксувати через значну дрібнонасінність культури (табл. 5.34).

Таблиця 5.34

**Маса 1000 насінин у видів амаранта залежно від застосування добрив, мг, 1987–1988 рр.**

Варіант	Вид					
	<i>A. hypochondriacus</i>			<i>A. hybridus</i>		
	1987 р.	1988 р.	середнє	1987 р.	1988 р.	середнє
Без добрив	800	700	750	640	620	630
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	810	700	755	620	660	640
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	820	730	775	700	690	695
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	810	720	765	720	700	710
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	800	690	745	690	690	690
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	780	690	735	640	640	640
V, %	1,7	2,3		5,7	4,8	
Sv	0,5	0,7		1,6	1,4	

Водночас було встановлено відмінності між варіантами дослідів за фракційним складом насіння (табл. 5.35). Як вважав М.М. Кулешов [202], фракційний склад більшою мірою, ніж маса 1000 насінин, характеризує фізичні властивості насіння [162]. Шляхом просіювання насіння амаранта, одержаного з усіх варіантів дослідів, де вивчали вплив різних доз добрив, через набір решіт з діаметром 1,5–1 мм нами було встановлено різницю за фракцією насіння, яке пройшло через решето діаметром 1 мм. Так, частка насіння вказаної фракції у варіанті із застосуванням добрив N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> у *A. hybridus* становила 8,1 % при 5,8 % на контролі. У *A. hypochondriacus* на варіанті N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> дрібна фракція становила 6,0 % при 3,1 % на контролі (див. табл. 5.35).

**Фракційний склад насіння амаранта залежно від застосування добрив, 1987–1988 рр.**

Варіант	Вид			
	<i>A. hypochondriacus</i>		<i>A. hybridus</i>	
	% насіння з решіт Ø			
	1,5 мм	1 мм	1,5 мм	1 мм
Без добрив	96,9	3,1	94,2	5,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	97,2	2,8	94,8	5,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	98,9	1,1	96,8	3,2
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	98,8	1,2	98,0	2,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	96,0	4,0	94,2	5,8
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	94,0	6,0	91,9	8,1

Збільшення дрібної фракції насіння у варіанті N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> також можна пояснити утворенням під дією добрив бокових пагонів і формуванням на них насіння, яке не встигає визрівати в умовах Лівобережного Лісостепу України, воно й складає дрібнонасіну фракцію.

Закономірності, установлені під час вивчення впливу добрив на популяції видів амаранта, було підтверджено і під час дослідження їх впливу на сорти. Так, азотні добрива в дозах N<sub>10</sub>, а також у складі повного добрива N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> істотно підвищували врожайність насіння сорту Ультра (вид *A. hybridus*), а в дозі N<sub>90</sub> збільшували врожайність зеленої маси сорту Харківський 1 (вид *A. hypochondriacus*) на 60 ц/га порівняно з контролем (табл. 5.36).

Таблиця. 5.36

**Вплив добрив на продуктивність сортів амаранта, 2001–2002 рр.**

Варіант	Сорт					
	Ультра			Харківський 1		
	Урожайність ц/га					
	насіння			зеленої маси		
	2001 р.	2002 р.	середнє	2001 р.	2002 р.	середнє
Контроль	14,6	16,4	15,5	310	480	395
N <sub>10</sub>	16,6	18,2	17,4	340	505	422
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	16,6	20,4	18,5	340	530	435
N <sub>90</sub>	15,8	17,0	16,4	360	550	455
НІР 05	1,8	1,8		16	17	

#### 5.4. Польова схожість насіння амаранта залежно від агроекологічних факторів

Для реалізації потенційних можливостей культури, одержання високого рівня продуктивності велике значення має дослідження закономірностей формування врожаю, визначення критичних фаз і вивчення факторів, які впливають на них.

Одним з критичних періодів для рослини є період сівби–сходів, від якого залежить формування оптимальної кількості рослин на одиниці площі – 1 м<sup>2</sup> (або 1 га).

З усіх зовнішніх факторів на появу сходів найбільшою мірою впливає волога, її надлишок або дефіцит. Температура в період посіву–сходів (у разі проведення посіву в оптимальні строки) не є лімітуючим фактором. Вода, проникаючи в насінину, активізує процеси життєдіяльності. Вона слугує джерелом кисню для дихання і мобілізує діяльність ферментів, які розкладають складні запасні речовини насінини в прості, розчинні у воді сполуки, які транспортуються в проросток. Крім того, вода, яка є поблизу насінини, виконує й інші завдання, зокрема вимиває з периферійної частини насінини інгібітори, які певною мірою блокують проростання. Для набубнявіння і проростання насінини важливе значення має не просто наявність поблизу неї води, але й поглинання нею певної кількості, при цьому потреба у воді залежить від видових особливостей.

Проведений нами в лабораторних умовах аналіз поглинальної здатності насіння видів амаранта свідчить про високу його потребу у воді для активізації процесів проростання. Найбільша поглинальна здатність була характерна для насіння виду *A. hybridus* – 260 %, найменша – 174 % – для *A. cruentus* (табл. 5.37).

Таблиця 5.37

#### Поглиналина здатність насіння видів амаранта, %

Вид	Тривалість набубнявіння, годин							
	1	2	3	4	10	12	24	48
<i>A. hybridus</i>	112	127	139	158	227	235	258	260
<i>A. cruentus</i>	111	128	132	144	162	166	168	174
<i>A. hypochondriacus</i>	115	129	148	172	190	199	200	200

Як відомо, насіння має значну сисну силу і може поглинати воду з відносно сухого ґрунту або використовувати вологу пари з повітря,

роси чи туману. Велике значення при цьому має положення насінини в ґрунті, її контакт з частинами ґрунту і системою капілярів. Це особливо важливо для таких дрібнонасінних культур, як амарант. Тому під час підготовки ґрунту для таких культур багато уваги слід приділяти створенню щільного насінневого ложа. Ущільнення ґрунту після посіву також поліпшує контакт насінини з ґрунтом і, як наслідок, надходження води, хоча можливо, що позитивний вплив ущільнення пов'язаний з поліпшенням теплопровідності ґрунту [295].

Проведене нами дослідження з вивчення впливу післяпосівного ущільнення ґрунту на схожість насіння амаранта свідчить про необхідність такого заходу після сівби амаранта. У нашому досліді із застосуванням ущільнення ґрунту після сівби амаранта на глибину 3 см скорочувався період посіву–сходів порівняно з варіантом без ущільнення на 4–5 днів, при цьому значно підвищувалася схожість насіння (табл. 5.38).

Таблиця 5.38

### Вплив ущільнення ґрунту після сівби на схожість насіння видів амаранта

Глибина загор-тання насіння, см	Варіант (В)	Рік					
		1986		1987		1988	
		схо-жість, %	кіль-кість днів	схо-жість, %	кіль-кість днів	схо-жість, %	кіль-кість днів
<b>Вид <i>A. cruentus</i> ( А )</b>							
3	Без ущільнення	44	15	32	18	41	10
3	З ущільненням	62	10	54	14	71	5
<b>Вид <i>A. hybridus</i> ( А )</b>							
3	Без ущільнення	46	15	44	18	48	10
3	З ущільненням	66	11	61	14	76	5
<b>Вид <i>A. hypochondriacus</i> ( А )</b>							
3	Без ущільнення	52	15	40	20	50	10
3	З ущільненням	64	11	64	16	74	6
НІР 05		15		11		10	
НІР05А		10		8		7	
НІР05В		8		6		6	

Формування вирівняного стеблостою залежить не тільки від кількості сходів, але й від дружності їх появи, яка пов'язана із забезпеченістю ґрунту вологою. Як зазначено вище, у разі посухи певну роль можуть відігравати роса, туман і водяна пара в повітрі. Про значення роси для зволоження ґрунту в науковій літературі



немає одностайної думки. З россою надходить 0,2–1,0 мм, а в деяких регіонах роса може становити 6–20 % опадів [556].

Туман може зволожувати поверхневий шар ґрунту на глибину 1–2 см. При недостатніх запасах ґрунтової вологи та невеликій кількості опадів або росі насінини набухають, але довго не проростають, що може знижувати їх схожість інколи до 50 %.

Такі поканики, як швидкість поглинання води, її доступність і подальше забезпечення рослини вологою для розвитку проростків разом з температурою та умовами повітряного режиму ґрунту визначають тривалість періоду сівби–сходів, з подовженням якого рослини сходять нерівномірно, недружно.

Оптимальна вологість ґрунту коливається в межах 50–70 % повної вологоємкості. Для її досягнення в шарі ґрунту глибиною 10 см і створення умов для набубнявіння насіння необхідно, як вважає Л.С. Євтич [524], приблизно 15–20 мм опадів, для проростання і появи сходів – ще 15–20 мм, тобто в сумі 30–40 мм.

На тривалість періоду сівби – сходів великий вплив може мати і температура. Вимоги рослин при цьому можуть бути різними і залежать в основному від генетичних особливостей.

Амарант належить до теплолюбних культур, з високими вимогами до температурного режиму особливо в період сівби–сходів. Чеський учений Р. Јамрїска [520] вважає, що температура є важливим чинником, що впливає на отримання повноцінних сходів амаранта. За даними І.М. Магомедова [233], значення температури 9–10 °С є достатнім, щоб одержати нормальні сходи. Водночас Є.В. Ніколаєв і Л.А. Саплєва [276] пропонують орієнтуватися на температуру ґрунту 12–15 °С. На думку інших учених, посів амаранта слід проводити тоді, коли температура ґрунту становитиме 15–18 °С [368; 621]. У дослідях А.Б. Прокоф'єва і І.А. Чернова [307] при сумі позитивних температур 260,8 °С і кількості опадів 52,2 мм сходи амаранта з'явилися на 12-й день, а в умовах ранньої і холодної весни при підвищеній вологості – на 36-й день.

Вивчення впливу кількості опадів у період посіву–сходів на темпи проростання насіння амаранта та його польову схожість свідчить про значний вплив вологи на тривалість зазначеного періоду. У результаті проведеного аналізу умов зволоженості періоду посіву–сходів амаранта, який припадає на другу – третю декади травня, встановлено, що травень 1987 р. був сухим – ГТК становив 0,7 кількість опадів за період від сівби до появи сходів дорівнювала 11,7 мм. Сівбу було

проведено після дощу, з яким випало 21,9 мм опадів. При цьому кількість днів від сівби до появи сходів становила від 14 в *A. cruentus* і *A. hybridus* до 16 в *A. hypochondriacus* (табл. 5.39).

Таблиця 5.39

**Характер залежності періоду сівби–сходів у видів амаранта від кількості опадів і температури ґрунту**

Рік	Вид								
	<i>A. cruentus</i>			<i>A. hybridus</i>			<i>A. hypochondriacus</i>		
	Кількість опадів, мм (x)	Температура ґрунту, °С (z)	Сівба–сходи, днів (y)	Кількість опадів, мм (x)	Температура ґрунту, °С (z)	Сівба–сходи, днів (y)	Кількість опадів, мм (x)	Температура ґрунту, °С (z)	Сівба–сходи, днів (y)
1987	33,6	12,0	14	33,6	12,0	14	33,6	12,0	16
1988	82,3	18,1	5	82,3	18,1	5	82,3	18,1	6
1989	46,1	15,5	10	46,1	15,5	11	46,1	15,5	11
$гyx \cdot z^1$			-0,61			-0,92			-0,61
$гyz \cdot x^2$			-0,72			-0,61			-0,92

<sup>1</sup>  $гyx \cdot z$  – частковий коефіцієнт кореляції між тривалістю періоду сівби–сходів і кількістю опадів за період при постійному значенні температури ґрунту;

<sup>2</sup>  $гyz \cdot x$  – частковий коефіцієнт кореляції між тривалістю періоду сівби–сходів і температурою ґрунту при постійному значенні кількості опадів за період.

Травень 1988 р. можна охарактеризувати як вологий – ГТК становив 2,0. Перед проведенням сівби випало 62,3 мм опадів. Це значно прискорило появу сходів, які з'явилися на 5–6-й день.

Травень 1989 р. був нормальним за зволоженістю – ГТК сягав 1,1. Перед проведенням сівби випало 21,5 мм опадів. Період посіву–сходів дорівнював 10–11 днів залежно від виду.

Для виявлення впливу вологи і температури ґрунту на тривалість періоду сівби–сходів амаранта було визначено частковий коефіцієнт кореляції між тривалістю періоду сівби–сходів та кількістю опадів при постійному значенні температурного фактора і тривалістю періоду сівби–сходів та температурою ґрунту при постійному значенні зволоженості ґрунту. У результаті проведеного аналізу було встановлено відмінність між видами за реакцією на вплив цих факторів. Зокрема, визначено, що для виду *A. cruentus* на період сівби–сходів більш вираженим був вплив температури ґрунту  $гyz \cdot x = -0,72$  і менш вираженим – вплив опадів  $гyx \cdot z = -0,61$ , аналогічна закономірність була характерна і для *A. hypochondriacus*:  $гyz \cdot x = -0,92$ ;

гук  $z=-0,61$ . У *A. hybridus*, навпаки, більш значним був вплив опадів гук  $z=-0,92$  і менш вираженим – вплив температури гук  $z=-0,61$ .

На тривалість періоду сівби–сходів та польову схожість великий вплив має також глибина загортання насіння. Дослідження, проведені В.К. Крючковим [198; 200] в умовах сухого степу, свідчать про те, що в разі розкидання насіння амаранта по поверхні ґрунту польова схожість становила 32,8 % від загальної кількості висіяного схожого насіння. При заглибленні насіння на 3 см вона зменшувалася до 29,5 %. Загортання ж насіння на глибину 1,5–2 см позитивно впливало на польову схожість насіння амаранта. Глибина загортання від 2 до 6 см суттєво не знижувала польової схожості, але значно впливала на швидкість появи сходів [18]. При глибині загортання 2 см сходи в посушливих умовах Ставропольського краю з'являлися через 3 дні, а при глибині загортання 6 см – лише через 11 днів.

Як вважає Є.Н. Шевченко [419], у разі вирощування амаранта на чорноземах посів слід проводити на глибину загортання не більше 2 см, адже дрібне насіння і при неглибокому загортанні швидше проростає. На думку А. Versova, Z. Hoffmanova [620], в умовах достатнього зволоження сівбу амаранта слід проводити на глибину 1 см.

У наших дослідженнях з вивчення впливу глибини загортання на тривалість періоду сівби–сходів і схожість насіння видів амаранта було встановлено, що при глибині загортання насіння 1 см в оптимальних умовах зволоження і при температурі ґрунту на глибині 10 см 15–18 °С сходи з'являлися на 3–4-й день, при глибині загортання 3 см – на 5–11-й день, а при глибині загортання 6 см при тій же температурі ґрунту і нормальній зволоженості – на 9–14-й день. Температура ґрунту на глибині 10 см 12 °С, незважаючи на достатню зволоженість ґрунту, подовжує період сівби–сходів при глибині загортання 1 см – до 6–7 днів, глибині загортання 3 см – до 14–16 днів і при глибині загортання до 6 см – до 20–18 днів.

Найбільший відсоток схожості спостерігали у варіанті з глибиною загортання насіння 3 см (табл. 5.40). Цю тенденцію прослідковували у всіх видів, що вивчали в досліді. Зниження схожості при глибині загортання 1 см, незважаючи на значне скорочення періоду сівби–сходів можна пояснити тим, що через швидке висихання верхнього шару ґрунту частина насіння гине, давши проросток.

**Тривалість періоду сівби–сходів та польова схожість насіння  
видів амаранта залежно від глибини його загортання**

Глибина загортання, см	Тривалість періоду сівби–сходів, днів			Польова схожість, %		
	рік					
	1986	1987	1988	1986	1987	1988
<i>Вид A. cruentus</i>						
1	4	6	3	54	50	62
3	10	14	5	62	54	71
6	14	18	9	38	40	48
<i>Вид A. hybridus</i>						
1	4	6	3	58	50	66
3	11	14	5	66	61	76
6	14	18	9	44	41	50
<i>Вид A. hypochondriacus</i>						
1	4	7	4	60	56	62
3	11	16	11	64	64	74
6	14	20	14	52	48	44
HIP05				6	11	8
HIP05A				4	6	5
HIP05B				4	6	5

На думку деяких учених, за сівби амаранта на глибину 1 см норму висіву слід збільшувати на 30–35 % [405]. Більш доцільною в умовах Лівобережного Лісостепу України можна вважати глибину загортання насіння 3 см, яка серед вивчених варіантів забезпечувала у всіх видів найбільший відсоток схожості. Ця глибина загортання насіння амаранта із застосуванням ущільнення, ефективність якого обґрунтовано раніше, може забезпечити гарантоване одержання повноцінних сходів. Доцільність застосування глибини загортання насіння до 3 см було доведено і на сортах амаранта Ультра та Сем (табл. 5.41).

**Тривалість періоду сівба–сходи та польова схожість насіння  
сортів амаранта залежно від глибини його загортання,  
2000–2001 рр.**

Глибина загортання, см	Тривалість періоду сівби–сходів, днів			Польова схожість, %		
	2000 р.	2001 р.	середнє	2000 р.	2001 р.	середнє
<b>Сорт Ультра (<i>A. hybridus</i>)</b>						
1	6	3	5	44	58	51
3	12	8	10	56	70	63
6	14	12	13	40	40	40
НІР05				9	10	
<b>Сорт Сем (<i>A. hypochondriacus</i>)</b>						
1	5	3	4	50	56	53
3	10	7	9	62	68	66
6	13	10	12	44	50	47
НІР05				8	9	

### 5.5. Використання амаранта в двохукісній культурі і строки збирання зеленої маси

Вивчення впливу строків збирання зеленої маси амаранта на технологічні якості, хімічний склад, якість і поживність силосу показало, що кращими строками заготівлі зеленої маси на силос є фаза цвітіння та молочно-воскової стиглості зерна [21]. У кормі, закладеному до цвітіння, збереження протеїну становило 83,5 %, у фазі цвітіння – 86,7 %, у фазі молочно-воскової стиглості зерна – 90,0 %. Поживність силосу, заготовленого до цвітіння, дорівнювала 10,7 МДж ОЕ та 0,91 к.од., а в період цвітіння – 10,6 МДж ОЕ та 0,92 к.од. Силос, заготовлений у період молочно-воскової стиглості насіння, за органолептичною оцінкою і біохімічними показниками не поступався силосам більш ранніх фаз вегетації, проте поживність його була нижчою – 9,40 МДж ОЕ і 0,80 к.од., що пояснюється вищим вмістом клітковини (31,44 % проти 27,33 %) і меншим споживанням корму у складі монораціону.

Науковці І.Я. Горбенко, Д.І. Шуль та І.Р. Оринян [109] вважають, що в разі використання зеленої маси амаранта безпосередньо для відгодівлі тварин слід проводити скошування рослин у період цвітіння, що дає змогу отримати з 1 га 134,6 ц/га к.од. і до 19,7 ц/га перетравного протеїну. Якщо ж умови зони дозволяють

отримати два укоси амаранта, перше скошування слід проводити у фазі утворення суцвіть [390]. При цьому вирішальне значення має висота зрізу. Було встановлено, що скошування амаранта на висоті 25–30 см у фазі утворення суцвіть призводить до розвитку нових пагонів. За сім–вісім тижнів після скошування на стерньових залишках розвиваються пасинкові пагони, які в умовах достатнього зволоження досягають 80–120 см і дають урожайність зеленої маси за другий укіс 200–220 ц/га при загальній урожайності зеленої маси 620–680 ц/га. Науковці В.І.Морозова та ін. [260] встановили, що в умовах Західного Полісся України амарант може давати два укоси зеленої маси. Залежно від виду врожайність за другий укіс може становити 300–371 ц/га при загальній врожайності зеленої маси 517–696 ц/га. У дослідях, проведених в Кагульській філії НДІ кукурудзи та сорго Республіки Молдова при отриманні двох укосів зеленої маси амаранта частка отави становила 25–35 % [155]. У наших дослідженнях, проведених на дослідному полі ХНАУ, було встановлено, що підкошування рослин амаранта (*A. hypochondriacus*) на висоті 20 см у фазі повної бутонізації, яка в Харківській області припадає на другу декаду липня, дозволяє одержати в другій декаді вересня до 300 ц/га соковитої зеленої маси (табл. 5.42).

Таблиця 5.42

**Вплив строків збирання і висоти скошування на врожайність зеленої маси амаранта, 1987–1989 рр.**

Варіант	Фаза розвитку	Висота зрізу, см	Висота рослин у першому укосі, см	Урожайність зеленої маси в першому укосі, ц/га	Висота рослин у другому укосі, см	Урожайність зеленої маси в другому укосі, ц/га	Урожайність зеленої маси за два укоси, ц/га	Вживаність рослин у другому укосі, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1987 р.								
Без підкошування (контроль)	Цвітіння–достигання				140,2	462,5		
Підкошування	Початок бутонізації	10	82,2	191,5	100,6	190,6	342,1	70
		20	82,2	180,0	110,4	215,4	395,4	78
		30	82,2	168,6	130,6	300,5	469,1	85

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Підкошування	Повна бутонізація	10	122,2	360,2	87,6	156,6	516,8	65
		20	122,2	350,6	113,8	230,4	581,0	75
		30	122,2	334,8	120,4	232,5	567,3	80
НІР05						27,8		
1988 р.								
Без підкошування (контроль)	Цвітіння–достигання				158,2	490,4		
Підкошування	Початок бутонізації	10	96,4	206,8	115,4	210,2	417,0	82
		20	96,4	196,8	121,7	220,8	417,6	87
		30	96,4	170,4	132,4	240,8	411,2	92
Підкошування	Повна бутонізація	10	130,1	380,4	95,4	170,2	550,6	78
		20	130,1	372,2	127,2	260,4	632,6	85
		30	130,1	360,8	130,0	270,9	631,7	90
НІР05						23,2		
1989 р.								
Без підкошування (контроль)	Цвітіння–достигання				146,4	482,2		
Підкошування	Початок бутонізації	10	87,8	195,0	96,4	124,4	319,4	64
		20	87,8	186,2	110,5	130,6	316,8	70
		30	87,8	174,0	117,8	142,0	316,0	76
Підкошування	Повна бутонізація	10	125,6	370,2	67,2	50,2	420,4	58
		20	125,6	345,8	100,4	124,1	469,9	66
		30	125,6	340,2	106,2	130,0	470,2	72
НІР05						18,4		
Середнє за 1987–1989 рр.								
Без підкошування (контроль)	Цвітіння–достигання				148,3	478,4		
Підкошування	Початок бутонізації	10	88,8	197,8	104,1	175,0	372,8	72
		20	88,8	187,7	114,2	188,9	376,7	78
		30	88,8	171,0	126,9	277,8	398,8	84
Підкошування	Повна бутонізація	10	126,0	370,3	83,4	125,7	496,0	67
		20	126,0	356,2	113,8	205,0	561,2	75
		30	126,0	345,3	118,9	211,1	556,4	81

Формування зеленої маси відбувається за рахунок бокових пагонів. Зріз менше 20 см призводить до загибелі майже 40 % стебел скошених рослин і зниження врожайності. Проведений нами аналіз

впливу висоти зрізу на врожайність зеленої маси амаранта у двохукісній культурі в розрізі років показав, що найсприятливішим був 1987 р. – ГТК 1,4. Несприятливі умови травня (ГТК – 0,7) було компенсовано вологим червнем (ГТК – 1,4) і вологим серпнем (ГТК – 1,8), що позитивно вплинуло на врожайність зеленої маси амаранта у двох укосах. Сприятливі умови 1988 р. дозволили одержати максимальну врожайність зеленої маси за роки досліджень амаранта у двохукісній культурі, який становив у фазі повної бутонізації при висоті зрізу 20 см 632,6 ц/га. ГТК цього року відповідно становив за місяцями: у травні – 2,0, у червні – 1,6, у липні – 2,3, у серпні – 0,9 і у вересні – 2,0.

У 1989 р. погодні умови травня, червня і липня (ГТК відповідно 1,1, 1,2 і 2,4) були сприятливими для одержання високої врожайності зеленої маси амаранта в першому укосі, але через посушливий серпень у другому укосі врожайність зеленої маси порівняно з попередніми роками була значно нижча, що може бути свідченням не завжди ефективного вирощування амаранта у двохукісній культурі в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Проаналізувавши біологічні особливості видів амаранта, перспективних для впровадження в Лівобережному Лісостепу України, характер впливу елементів технології вирощування на рівень реалізації їх продуктивного потенціалу, напрямок вирощування, можна рекомендувати схему технології вирощування, в якій передбачено проведення всіх технологічних операцій з урахуванням фаз розвитку рослин ( рис. 5.4).









Технологічна операція	Весна			Літо			Осінь
Передпосівна культивування й ущільнення ґрунту	↔						
<sup>1</sup> Сівба з післяпосівним ущільненням ґрунту	↔						
Видове прополювання		↔					
<sup>2</sup> Застосування інсектицидів і фунгіцидів		↔					
<sup>3</sup> Збирання зеленої маси					↔		
Збирання зеленої маси						↔	
Збирання насіння							↔
ФАЗИ РОЗВИТКУ РОСЛИН							
	Сівба/проростання	Поява сходів	Утворення листків	Гілкування стебла	Бутонізація	Цвітіння–формування насіння	Достигання
	Вегетативного розвитку						
<sup>1</sup> І–ІІ декада травня, норма висіву 1,16–0,8 млн шт. схожого насіння на 1 га залежно від способу сівби, глибина загортання 3 см	<sup>2</sup> Амарант ушкоджується бобовою попелицею і вражається корневими гнилями	<sup>3</sup> У двохукісній культурі висота зрізу в 1-му укосі 20 см, 2-й укос– І–ІІ декада вересня		<sup>4</sup> Пряме комбайнування, вологість насіння 18–20 %	Основний обробіток ґрунту як для дрібнонасіньних рослин	Середня норма добрив, д.р.: N – 60–120 кг/га; P – 60 кг/га; K – 60 кг/га	

Рис. 5.4. Технологічна схема вирощування амаранта в Лівобережному Лісостепу України

## Розділ 6

### ХВОРОБИ І ШКІДНИКИ АМАРАНТА

У 1980 р. Груббен описав хвороби і шкідників амаранта, найбільш поширених у Беніні: чорну ніжку, борошністу росу, жуків-точильщиків, кореневі нематоди. Науковець С.Р. Daloz [468] відзначав, що *A. tricolor* не ушкоджується шкідниками, але значно уражується хворобами. У Пенсільванії амарант зазнає значних ушкоджень від одного шкідника – жука *Lugus lineolaris*. Він ушкоджує насіння на стадії воскової стиглості, що значно знижує якість зерна. Ентомолог Р. Вільсон вивчав чутливість 50 різних ліній амаранта до цього шкідника, щоб знайти генетичні основи резистентності. Для боротьби із цим клопом він також запропонував застосовувати пестициди, наприклад мелатіон [609–610].

Водночас Вільсон знайшов і іншого шкідника – амарантового довгоносика (*Constrachelus seniculus*) (рис. 6.1). Ця комаха паразитує на *A. retroflexus*. Довгоносик відкладає яйця в ґрунт, а коли вилупляються личинки, вони проникають у корінь амаранта і живуть там. Перед утворенням кокону личинка виходить з кореня в ґрунт, а через отвір у корінь проникають патогенні мікроорганізми. Унаслідок цього інфекція уражує корінь рослини, що може викликати її вилягання і загибель. Науковець вважає, що для боротьби з довгоносиком слід застосовувати ґрунтові пестициди [609–610].

У штаті Міссурі (США) під час вирощування амаранта суттєві проблеми виникають через ушкодженість посівів такими шкідниками, як «тьмянний» жучок, люцерновий (павутинний) черв'як та іспанська мушка [561]. На Кубі знайдено вид нематоди *Heterodera amaranthi*, який значно ушкоджує посіви амаранта [603]. Установлено, що певні види шкідників надають перевагу конкретним видам амаранта [436–437]. Науковець М.А. Altieri з колегами [437] вносили водний екстракт *A. retroflexus* на ділянки сої. При цьому спостерігали значну активність оси *Trychogramma*, що паразитує на яйцях *Heliothis zea* (Boddie). Це свідчить про те, що невелика домішка амаранта на полі, засіяному соєю, сприяє біологічному контролю кількості шкідників.

В умовах Ставропілля С.В. Беликова та інші [18] відзначали ушкодження рослин амаранта щиричним довгоносиком і фузаріозними кореневими гнилями. В умовах Кубані спостерігали ушкодження рослин амаранта щиричним довгоносиком, причому

рослини з темно-червоним і червоним забарвленням листя і стебла ушкоджувалися меншою мірою [134]. У значній кількості на суцвіттях амаранта було знайдено міль-чохлоноску, гусениці якої живляться насінням цієї рослини, особливо амаранта хвостатого. Амарант також великою мірою уражають віруси. Установлено більше 120 вірусів, які належать до 24 груп, що викликають захворювання амаранта [435; 462; 480–484; 512–514]. У дослідженнях лабораторії ентомотоксикології Санкт-Петербурзького НДІ захисту рослин за останні роки виявлено понад 20 видів фітофагів, які живляться вегетативними і генеративними органами амаранта [5].

Найбільшої шкоди сходам амаранта завдають бурякові блішки: звичайна, західна, південна, а також хрестоцвіті блішки: велика смугаста і хвиляста. Чисельність жуків на сходах досягає 2–5 шт. на рослину. Комахи пошкоджують молоде листя. Сходи при цьому пригнічуються. У роки сильного розмноження шкідників жуки нового покоління блішок живляться на дорослих рослинах, але при цьому вони завдають посівам менше шкоди. Блішки можуть перелітати на рослини амаранта з посівів буряків, капусти, редьки.

У фазі 4–8 листків на рослинах амаранта спостерігають появу звичайного бурякового і сірого бурякового довгоносиків (рис. 6.2, а–б), які в пошуках їжі залітають на плантації амаранта. Жуки частково або повністю об'їдають листя, а інколи повністю знищують сходи. При чисельності більше 10 жуків на 1 м<sup>2</sup> посіви сильно зріджуються, а ушкодження рослини досягають 5–25 %. Жуки звичайного довгоносика можуть перелітати на посіви амаранта з посівів буряків, а сірого – з рослин осоту польового.

У фазі утворення розетки з 8–10 листків в теплі і сухі роки на посівах амаранта збирається велика кількість бобової попелиці (рис. 6.3). На одній рослині живиться 100–250 і більше особин фітофагу. Як правило, крилаті особини двох–трьох поколінь перелітають на посіви амаранта з буряків і живляться тут до фази плодоутворення. Колонії попелиці розміщуються на нижньому боці листків і на молодих частинах стебла. Пошкоджене листя скручується, деформується, рослини уповільнюють ріст і розвиток. На насінневих посівах амаранта колонії попелиці концентруються на верхівках головного і бокових стебел, які при значних ушкодженнях деформуються і підсихають, а врожай насіння знижується на 15–35 %.

У цей же період значну небезпеку для посівів становлять різні види совки. У роки підвищеної чисельності значно ушкоджує

амарант луговий метелик (рис. 6.4). Шкідники живляться листям. На насінневих посівах гусінь, крім листя, поїдає насіння.

Певну небезпеку для насінневих посівів становлять клопи: бурякові, трав'яні, польові (рис. 6.5), які пошкоджують листя, молоді частини рослин, волоть, що уповільнює ріст рослин, процес цвітіння і плодоутворення. Крім того, унаслідок ушкоджень утворюється багато несхожого насіння. В окремі роки чисельність клопів на рослинах амаранта досягає 8–16 особин. На рослинах живляться також цикади: шестикрапкова, жовта, смугаста.

На сучасному етапі розвитку ентомоценозу амаранта, як вважають Ф.Н. Архипенко та ін. [5], інтерес може викликати кожен вид комах, який живиться на культурі, оскільки формування специфічної ентомофауни для цієї культури перебуває на стадії становлення. Однак уже зараз можна впевнено вказати види, які трофічно пов'язані з амарантом і вимагають особливої уваги від служб захисту рослин.

Як показали наші дослідження, проведені на дослідному полі ХНАУ, амарант належить до культур, на ріст, розвиток та продуктивність яких збудники хвороб і шкідники впливають частково. У 1993–1995 рр. посіви амаранта часто ушкоджувалися кореневими гнилями (табл. 6.1) та шкідниками: попелицею, щиричним довгоносиком-стеблегрисом, озимою совкою, а особливо бобовою попелицею.

Таблиця 6.1

**Ураження різних видів амаранта кориневими гнилями,  
1993–1995 рр.**

Вид амаранта	Ураження за фазами розвитку рослин, %					
	поява сходів		1-ша пара справжніх листків		2-га пара справжніх листків	
	розповсюдження хвороби	розвиток хвороби	розповсюдження хвороби	розвиток хвороби	розповсюдження хвороби	розвиток хвороби
<i>A. mantegazzianus</i>	16,4	8,2	19,3	10,1	12,1	6,3
<i>K-22</i>	24,2	11,7	26,3	13,4	16,4	8,2
<i>A. spinosus</i>	15,9	7,9	18,7	8,6	11,4	5,9
<i>A. caudatus</i>	17,2	8,4	19,4	9,9	13,1	6,7
<i>A. oleraceus</i>	15,3	6,9	17,9	10,3	10,9	4,9

Дослідження, проведені нами в 1995 р. на різних видах амаранта, показали, що значних ушкоджень від попелиці зазнали посіви виду *A. albus*. Попелиця на рослинах цього виду з'являлася на 7–10 днів раніше, ніж на рослинах інших видів (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Динаміка кількісного і якісного складу бобової попелиці на посівах амаранта, 1995 р.**

Дата спостережень	Заселеність, %	Ступінь заселеності, осіб/рослину	У тому числі, осіб на рослину			
			крилатих	безкрилих	личинок	німф
<i>A. cruentus</i>						
18.06	21,4	2,6	1,3	0,0	1,3	0,0
08.07	42,8	5,2	2,1	0,6	2,2	0,3
28.07	57,1	9,4	3,7	0,7	3,9	1,1
17.08	57,1	6,2	2,6	0,9	1,5	0,8
27.08	57,1	4,5	1,6	1,6	0,7	0,6
<i>A. oleraceus</i>						
14.06	18,1	1,3	0,9	0,0	0,4	0,0
04.07	45,4	4,2	1,3	0,2	2,1	0,6
24.07	54,5	7,2	2,1	1,0	3,1	1,0
15.08	54,5	5,3	1,4	1,1	2,7	0,1
25.08	54,5	2,1	0,7	0,5	0,9	0,1
<i>A. albus</i>						
16.06	41,7	7,1	3,4	0,0	3,1	0,6
05.07	58,3	11,0	4,1	0,9	5,3	0,7
25.07	66,7	16,7	4,7	2,3	7,2	2,5
14.08	75,0	10,2	4,8	3,1	2,1	0,2
24.08	75,0	9,0	2,1	2,9	2,6	1,4

У разі розповсюдження шкідників слід проводити зволоження рослин інсектицидами по сходах, а в боротьбі з хворобами – протруювання насіння вітаваксом, байтаном або фундазолом. Як вважають Ф.Н. Архипенко та ін. [5], проти попелиці, клопів, совок, цикадок можна застосовувати актелік у нормі 0,8 л/га, волатон – 0,8 л/га, маврик – 0,15 л/га. Проти бурякової попелиці ефективними можуть бути кінмікс (0,2 л/га), проти бурякового довгоносика – актелік (1 л/га). Проте за умови дотримання правил агротехніки та правильного розміщення посівів амаранта потреба у протруюванні насіння й обробці посівів відпадає [84].



а



б

Рис. 6.1. Амарантовий довгоносик-стеблегряз:  
а – імаго, б – личинка



а



б

Рис. 6.2. Звичайний буряковий (а) та сірий буряковий (б) довгоносики



Рис. 6.3. Листок, уражений бобовою попелицею



Рис. 6.4. Гусінь лугового метелика на листку амаранта



**а**



**б**



**в**

Рис. 6.5. Шкідники амаранта:

а – буряковий клоп, б – трав'яний клоп, в – луговий клоп

**Розділ 7**  
**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ**  
**ТА НАСІННЯ АМАРАНТА В ЛІВОБЕРЕЖНОМУ**  
**ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Для визначення перспективних напрямків використання амаранта в Лівобережному Лісостепу України дослідження проводили на сортах селекції ХНАУ, створених з урахуванням таких напрямків використання: на зелену масу, зерно та у квітникарстві для озеленення територій. Серед сортів, які вивчали в досліді, певний інтерес можуть становити три зернових сорти: Ультра, Сем і Лера.

У результаті проведеного в Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна біохімічного аналізу олії, одержаної з насіння сорту Ультра, було встановлено високий вміст у ній сквалену і токоферолів, відповідно 11,25 і 0,28 %, що може бути свідченням перспективності її використання у фармацевтичній промисловості (табл. 7.1). Вміст токоферолів в олії амаранта також свідчить про високу її стійкість до окислення.

*Таблиця 7.1*

**Біохімічний склад олій амаранта сорту Ультра**

Показник	Значення
Кислотне число, мг КОН	5,4
Перекисне число, ммоль/кг	9,56
Йодне число, мг I <sub>2</sub>	131,74
Сквален, %	11,25
Токофероли, %	0,28
Жирні кислоти, %	87,16
олеїнова	32,24
лінолева	39,12
ліноленова	0,27
пальмітинова	15,06
Мікроелементи, мг/кг	
свинець	0,12
ртуть	0,03
мідь	0,54
залізо	4,47

В інституті фармакотерапії ендокринних захворювань проведено дослідження противиразкової та антидіабетичної активності олії з насіння сорту амаранта Ультра [439]. У досліді використовували популяцію щурів Вістар, масою 140–180 г. Вивчення лікувально-профілактичної дії олії амаранта проводили на



моделі гострих етанолових виразок. Гостру виразку шлунку викликали шляхом перорального введення абсолютного етилового спирту (5 мг/кг) з подальшою іммобілізацією тварин на 4 год.

Олію амаранта застосовували одноразово перорально в об'ємі 1 мл на кожну тварину за 40 хв до введення ульцерогенного агента (профілактична дія) або після закінчення і мобілізації (лікувальна дія). Для вивчення профілактичної дії олії амаранта тварин забивали через 4 год після її введення, а для дослідження лікувального ефекту – через добу.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що у тварин контрольної групи, які отримували етиловий спирт, у 100 % випадків спостерігали чітко визначені зміни в тканинах шлунку у вигляді набряків. Навколо розширених судин зафіксували осередки масових крововиливів.

Ступінь ураження в контрольній групі коливався в межах 3–5 балів (табл. 6.2). Індекс покриття виразками (ІПВ) у тварин, які отримували олію амаранта як захисний засіб, була в шість разів нижчою порівняно з контролем. У 50 % щурів у цій групі мікроскопічно не було знайдено змін у шлунку, а в інших випадках деструктивні порушення слизової оболонки були незначними – до 1 бала (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

**Протекторна і лікувальна дія олії з амаранта у щурів з гострими етаноловими виразками шлунку<sup>1</sup>**

Препарат	Доза, мл	n	% щурів з виразками	Ступінь виразки		ІПВ	ПА
Протекторна дія							
Контроль		6	100	3,83	(3 – :5)	3,83	
Олія з амаранта	1	6	50	1,17	(0 – :3)	0,581 <sup>1</sup>	6,09
Лікувальна дія							
Контроль		6	100	3,66	(3 – :5)	3,66	
Олія з амаранта	1	6	50	0,50	(0 – :1)	0,25 <sup>1</sup>	14,64

<sup>1</sup>Суттєво порівняно з контролем (P < 0,05).

Введення олії після ульцерогенного агента також сприяло регенерації експериментальних виразок. Противиразкова активність (ПА) препарату в цій групі становила 14,64, що дозволяє говорити

про значну лікувально-профілактичну антиульцерогенну дію амарантової олії.

Крім вивчення фармакологічних властивостей, досліджували можливість застосування насіння сортів Харківський 1 і Ультра на продовольчі та кормові цілі [25; 404]. Зокрема, вивчали можливість використання амарантового борошна для виготовлення хліба. Було встановлено, що хліб, виготовлений з додаванням замість пшеничного 10–20 % борошна амаранта, одержаного з насіння сортів Ультра і Харківський 1, мав високу пористість і насичений горіховий запах. Однак зі збільшенням кількості амарантового борошна зменшувався об'ємний вихід хліба, погіршувався його зовнішній вигляд (рис. 7.1). Водночас за смаковими якостями хліб з додаванням борошна амаранта переважав пшеничний (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

### Дегустаційна оцінка хлібопекарських властивостей амаранта

Показник	Кількість балів						
	Д-48	Д-48 <sup>1</sup> + Х-1 <sup>2</sup> 10%	Д-48 + Х-1 15%	Д-48 + Х-1 20%	Д-48 + Ультра 10%	Д-48 + Ультра 15%	Д-48 + Ультра 20%
Об'ємний вихід хліба	4	4	3	2	3	3	2
Поверхня	5	5	3	3	4	3	3
Форма	5	4	3	2	3	3	3
Колір скоринки	5	5	4	3	2	2	2
Пористість	4	4	3	3	4	3	3
Еластичність	4	4	4	4	4	4	4
Колір м'якуша	5	3	3	2	2	2	1
Смак	4	5	5	5	5	5	5
Загальна сума	37	34	28	24	25	25	23
Середній бал	4,5	4,2	3,5	3,0	3,1	3,1	2,9

<sup>1</sup>Д-48 – сорт м'якої озимої пшениці-Донецька 48.

<sup>2</sup>Х-1– сорт амаранта Харківський 1.

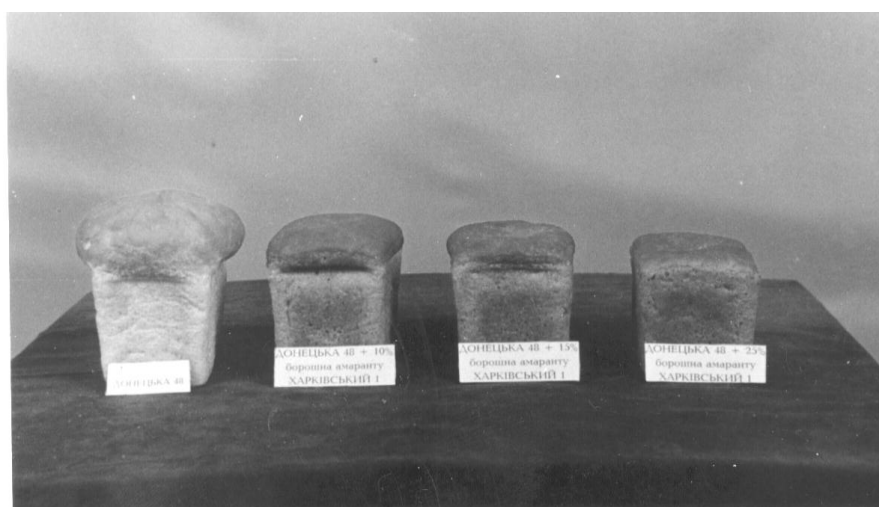


Рис. 7.1. Вигляд хліба, виготовленого з додаванням борошна амаранта

У Воронежському державному університеті розроблено технологію одночасного одержання з насіння сортів Ультра та Харківський 1 і олії, і борошна [253]. Технологія передбачає одержання зародкових пластівців і борошна (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

#### Біохімічний склад фракцій і насіння амаранта сорту Ультра

Насіння, фракція	Вміст протеїну, %	Вміст олії, %	Вміст крохмалю, %
Насіння	16–18	6–7	74–76
Зародкові пластівці	30–32	2,5–3	65–67
Борошно	8–10	1,5–2	80–88

Зародкові пластівці після видалення олії є гарним джерелом білка, який переважає за амінокислотною збалансованістю білок зернових і бобових рослин. Білок амарантових пластівців відрізняється вмістом водо- і солерозчинних фракцій та добре засвоюється людським організмом, крім того, пластівці багаті на мінеральні речовини, зокрема кальцій, калій, фосфор, мідь і цинк. Амарантові пластівці та борошно можна використовувати у виробництві хлібобулочних виробів, кондитерських, молочно-рослинних продуктів, а також у спиртовій промисловості.

В інституті тваринництва УААН визначали біологічну цінність зерна сорту амаранта Харківський 1 порівняно з іншими зернофуражними культурами. У результаті аналізу було встановлено, що за цінністю протеїну зерно амаранта дорівнює кукурудзяному і може бути гарним компонентом для комбікормів (табл. 7.5).

**Амінокислотний склад (г/16 г азоту) та прогнозова цінність зерна  
амаранта порівняно з іншими зернофуражними культурами**

Амінокис- лота	Культура							
	пшениц я	ячмінь	куку- рудза	трिति -кале	овес	ама- рант	горох	соя
Лізин	2,71	3,48	2,65	3,83	4,31	5,1	6,18	8,14
Гістидин	2,60	2,16	2,52	1,27	1,98	2,4	2,12	3,38
Треонін	2,81	3,16	2,88	2,17	3,15	3,4	3,60	5,58
Валін	3,65	4,25	3,59	2,56	2,02	4,2	3,87	5,39
Метіонін	0,86	1,01	1,25	0,84	1,15	1,9	0,76	1,12
Ізолейцин	3,22	3,43	3,69	1,79	1,40	3,6	3,45	3,76
Лейцин	5,67	5,78	8,27	3,86	5,89	5,1	5,82	8,68
Фенілаланін	4,14	4,60	4,46	2,79	4,51	3,4	3,92	5,81
Сума незамінних амінокислот	25,66	27,87	29,31	19,11	24,41	29,10	28,29	39,65
Хімічний індекс (Cs), %								
Лізин	38,7	49,7	37,9	54,7	61,6	72,9	88,8	116,3
Гістидин	112,5	93,9	109,6	5,2	86,1	104,3	92,2	147,0
Треонін	66,9	75,2	86,6	51,7	75,0	80,9	85,7	132,9
Валін	74,5	86,7	73,3	52,2	41,2	85,7	79,0	110,0
Метіонін	24,6	28,9	35,7	24,0	32,9	54,3	21,8	32,0
Ізолейцин	83,6	90,3	97,1	47,1	36,8	94,7	90,8	98,9
Лейцин	81,0	82,6	118,1	55,1	84,1	72,9	83,1	124,0
Фенілаланін	61,6	68,6	66,6	41,6	67,3	50,4	58,5	86,7
У серед- ньому	67,9	71,9	75,9	47,7	60,6	77,0	74,9	105,9
Загальна цінність протеїну	63,5	69	72,5	47,3	60,4	72,0	70,0	98,1

Вивчення ефективності використання екструдату насіння амаранта у складі комбікорму в раціонах ремонтних свинок в інституті тваринництва УААН показало, що згодування комбікорму, у якому екструдоване насіння амаранта займало 5 та 15 % за поживністю, сприяло підвищенню вмісту в раціоні свинок 4–6-місячного віку сирого і перетравного протеїну, лізину та метіоніну (табл. 7.6).

**Поживність раціону для свиней з використанням екструдату насіння амаранта (на одну голову)<sup>1</sup>**

Показник	Групи тварин		
	1	2	3
Дерть:			
пшенична, кг	0,34	0,33	0,30
ячмінна, кг	1,72	1,65	1,50
Висівки пшеничні, кг	0,34	0,33	0,30
Екструдат насіння амаранта, кг	-	0,11	0,30
Мінеральна добавка, г	40	40	40
У раціоні містять:			
к. од.	2,68	2,69	2,68
суха речовина, кг	2,12	2,13	2,12
обмінна енергія, МДж	26,72	26,85	26,78
сирий протеїн, г	285	306	313
перетравний протеїн, г	208	228,4	237,2
клітковина, г	124	123	121
лізин, г	10,3	10,9	12,1
метіонін, г	4,39	4,68	5,14
кальцій, г	22,2	23,6	22,7
фосфор, г	16,2	16,2	16,5

*Примітка.* 1 – раціон без амаранта; 2 – раціон з додаванням 5 % екструдату насіння амаранта; 3 – раціон з додаванням 15 % екструдату насіння амаранта.

Це сприяло підвищенню середньодобових приростів маси тварин дослідних груп, сприяло зменшенню витрат корму на одиницю приросту, відповідно на 0,31 та 0,58 к. од., або на 5,7 та 10,7 % (табл. 7.7).

Таблиця 7.7

**Вплив екструдату насіння амаранта на масу поросят протягом дослідю**

Група тварин	Жива маса тварин, кг		Приріст, кг M±m	Середньодобовий приріст, г M±m	Затрати к. од. на 1 кг приросту
	на початку дослідю, M±m	після завершення дослідю, M±m			
1	40,4±0,37	69,1±0,51	28,7±0,19	462,9±3,11	5,41
2	40,1±0,42	70,5±0,41	30,4±0,11	490,3±1,81	5,10
3	40,6±0,44	72,7±0,35	32,1±0,13	517,7±2,12	4,83

Актуальність наукового пошуку у вивченні амаранта як силосної культури, про що йшлося в огляді літератури, зумовлена тим, що основна в Україні силосна культура – кукурудза бідна на протеїн, а в кукурудзяному силосі з розрахунку на 1 к. од. міститься лише 60–70 г перетравного протеїну при зоотехнічній нормі не менше 100 г. Унаслідок цього раціони, особливо жуйних тварин, у більшості випадків дефіцитні на перетравний протеїн, тому у тваринництві недоодержують значну кількість продукції, слабо використовують генетичний потенціал тварин, залишається дуже високою енергоємність одиниці тваринницької продукції.

Оскільки врожайність зеленої маси сорту Харківський 1 висока, в Інституті тваринництва УААН у 1996–1997 рр. вивчали ефективність використання цієї маси у суміші із зеленою масою кукурудзи для виготовлення силосу [26; 45–46; 56; 84; 89; 128–130; 297].

Заготівлю силосу із суміші кукурудзи й амаранта 1:1 проводили в дослідному господарстві Інституту тваринництва УААН «Українка» у наземній траншеї за технологією одержання доброякісного силосу.

За даними органолептичної і біохімічної оцінок, силос із суміші кукурудзи й амаранта мав високу якість. Його рН, сума кислот і інші показники, зокрема співвідношення кислот, не поступалися за якістю кукурудзяному силосу (табл. 7.8).

Таблиця 7.8

**Біохімічні показники силосів**

Показник	Вид силосу		
	кукурудзяний	амарантовий	суміш кукурудзи й амаранта (1:1)
рН	3,90	4,69	3,95
Сума кислот, %	1,56	1,11	1,91
У т.ч.: молочна	1,00	0,40	1,32
оцтова	0,53	0,68	0,57
масляна	0,03	0,03	0,02
Співвідношення кислот, %			
У т.ч.: молочна	64,5	36,0	69,1
оцтова	34,2	61,3	29,8
масляна	1,3	2,7	1,11

У силосі із суміші кукурудзи й амаранта, порівняно з кукурудзяним, вміст протеїну зріс в 1,47 раза, а в амарантовому силосі порівняно з кукурудзяним, його було більше в 1,89 раза (табл. 7.9).

Таблиця 7.9

**Хімічний склад силосів, % (на абсолютно суху речовину)**

Показник	Силос		Суміш кукурудзи й амаранта (1:1)
	кукурудзяний	амарантовий	
Протеїн	7,53	14,27	11,05
Жир	2,52	2,87	3,20
Клітковина	29,50	27,40	28,20
БЕР	57,13	46,90	48,10
Кальцій	0,480	1,063	1,229
Фосфор	0,244	0,263	0,226

Жиру і клітковини у змішаному та кукурудзяному силосах містилася приблизно однакова кількість, а через вищий вміст протеїну змішаний силос мав меншу кількість БЕР. Порівняно з кукурудзяним, у змішаному силосі містилося у 2,5 раза більше кальцію. Раціон тварин контрольної групи складався з 11,9 кг силосу кукурудзяного, 2 кг сіна люцернового, 1 кг висівок пшеничних і 5 кг буряків кормових. Теличкам дослідної групи згодовували ці ж корми і в тій же кількості, тільки кукурудзяний силос заміняли на аналогічну кількість силосу із суміші кукурудзи й амаранта. Установлено, що середньодобовий приріст маси тварин дослідної групи, яким згодовували силос із суміші кукурудзи й амаранта, порівняно з телицями контрольної групи підвищувався на 49,5 г, або на 10,7 % (табл. 7.10). Це пояснюється тим, що тварини дослідної групи були краще забезпечені перетравним протеїном, відповідно до вимог деталізованих норм годівлі.

Таблиця 7.10

**Продуктивність телиць за дослідний період**

Група тварин	Жива маса, кг		Приріст, кг M±m	Середньодобовий приріст маси, г M±m
	на початку дослідів M±m	Після закінчення дослідів M±m		
Контрольна	207,6±6,2	253,5±6,1	45,9±0,8	463,6±8,5
Дослідна	207,3±6,3	258,1±6,8	50,8±1,9	513,1±18,8

У 2016 р. в приватному секторі м. Дніпро і науково-дослідній лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи факультету ветеринарної медицини Дніпровського державного аграрно-економічного університету вивчали зміни білкового обміну у хворих на еймеріоз кролів за умов використання

амарантової макухи як кормової добавки [123]. Досліджували кролів-самців каліфорнійської породи віком від 4,5 до 5 міс. Протягом 30 діб дослідній групі кролів до основного комбікорму додавали 20 % амарантової макухи, водночас особинам контрольної групи згодовували тільки основний комбікорм.

Перед початком досліду за копрологічним дослідженням кролів обох груп відмічено інтенсивність еймеріозної інвазії близько 800 ооцист в 1 г фекалій. Через місяць цей показник у контрольній групі тварин становив  $775,00 \pm 182,33$ , у дослідній –  $260,00 \pm 143,91$  ооцист в 1 г фекалій. Кормова добавка на основі амарантової макухи достовірно знизилася інтенсивність інвазії у 2,98 раза ( $p < 0,05$ )

Під час багатьох захворювань спостерігається зміна співвідношення білкових фракцій крові на фоні нормального вмісту загального білка (диспротеїнемії). Диспротеїнемії відзначаються частіше, ніж зміна вмісту загального білка, і можуть характеризувати стадію захворювання, його тривалість, ефективність проведених лікувальних заходів. У крові кролів дослідної групи вміст альбумінової фракції виявився вищим на 10,73 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з контрольними тваринами (табл. 7.11). Низький уміст альбумінів у крові кролів контрольної групи може вказувати на порушення паренхіми печінки.

Амарантова макуха як кормова добавка сприяла зменшенню вмісту глобулінів на 4,60 % за рахунок зниження  $\alpha$ -2-глобулінової фракції в 1,62 раза ( $p < 0,05$ ) та незначного зменшення  $\beta$ -глобулінів у 1,34 раза. Альфа-2-глобуліни переважно включають білки гострої фази – альфа-2-макроглобулін, гаптоглобін, церулоплазмін, аполіпопротеїн В. Альфа-2-макроглобулін, який є основним компонентом фракції, бере участь у розвитку інфекційних процесів і запалення. Тому, імовірно, в організмі тварин контрольної групи відбувалися запальні процеси.

Зменшення вмісту альбумінів у крові кролів контрольної групи, а отже, тенденція зниження білкового коефіцієнта підкреслює хронічні гепатити, викликані негативною дією *Eimeria* spp.

Відомо, що на вміст у крові сечовини впливають такі фактори, як фізіологічний стан печінки і нирок, а також рівень вмісту в організмі амінокислот, що беруть участь у білковому обміні. Вміст сечовини та сечової кислоти у крові тварин дослідної групи був нижчим порівняно з контролем в 1,86 ( $p < 0,05$ ) та 1,41 раза ( $p < 0,05$ ) відповідно (див. табл. 7.11). Високі значення цього показника у



особин контрольної групи можуть указувати як на порушення з боку нирок, так і на загальну інтоксикацію організму.

Таблиця 7.11

**Вплив амарантової макухи на показники білкового обміну кролів  
( $M \pm m$ )**

Показник		Група	
		контрольна (n=16)	дослідна (n=10)
Загальний білок, г/л		49,44±1,74	52,13±1,06
Альбуміни	г/л	32,15±0,93	35,60±1,35*
	%	66,30±3,08	68,66±3,17
Глобуліни	г/л	17,29±2,22	16,53±1,90
	%	33,70±3,08	31,34±3,17
Глобулінові фракції	$\alpha$ -1	г/л	1,20±0,24
		%	2,38±0,41
	$\alpha$ -2	г/л	3,32±0,53
		%	6,72±1,02
	$\beta$	г/л	2,84±0,43
		%	5,70±0,78
	$\gamma$	г/л	9,94±1,86
		%	18,90±2,76
Білковий коефіцієнт		2,29±0,27	2,49±0,35
Сечовина, ммоль/л		8,52±1,75	4,57±1,06*
Сечова кислота, мкмоль/л		71,63±5,02	50,96±6,81*
Креатинін, мкмоль/л		165,69±7,25	148,47±3,90*

\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  порівняно із здоровими тваринами.

Концентрація креатиніну в крові вказує на функціональний стан нирок. У крові кролів контрольної групи уміст цієї речовини вищий на 11,60 % ( $p < 0,05$ ), ніж в особин дослідної групи, що вказує на тривалий вплив токсичних речовин на організм.

Виявлений характер змін у білковому обміні у кролів дослідної групи, на нашу думку, пов'язаний з вираженими антипротозойними, гепатопротекторними, антиоксидантними та протизапальними властивостями амарантової макухи, що робить її потенційно важливим продуктом для профілактики і корекції порушень метаболічних процесів в організмі кролів, викликаних збудниками різних інвазивних хвороб.

## ВИСНОВКИ

В Україні вивчення амаранта як кормової, харчової та лікарської культури датується початком 80-х рр. ХХ ст., однак більшість питань, пов'язаних з біологією культури, її вирощуванням, використанням і селекцією, залишаються не вивченими.

Аналіз багаторічних власних досліджень, а також вивчення даних вітчизняних і зарубіжних учених дозволили зробити висновок про доцільність і необхідність вирощування амаранта в Україні. У результаті вивчення амаранта протягом 30 років визначено чинники, які суттєво впливають на врожайність цієї культури в умовах Лівобережного Лісостепу України:

1. Агрокліматичні ресурси Лівобережного Лісостепу України за показниками природної родючості ґрунтів, умов вологозабезпеченості, температурного і світлового режимів сприятливі для максимальної реалізації біологічного потенціалу більшості видів амаранта. На основі побудованих моделей регресійного аналізу встановлено, що залежність характеру тривалості фаз вегетації у видів амаранта від погодних умов зони змінюється також відповідно до фаз розвитку рослин амаранта та їх видових особливостей.

2. Визначено високий рівень мінливості в амаранта за морфологічними і господарськими ознаками, зумовлений генотиповими особливостями досліджуваних зразків.

3. Експериментально доведено низький рівень поліморфізму ізоферментів зернових видів амаранта, який варіював від 0 до 46 % для ME, від 16 до 45 % для MDH, від 14 до 48 % для 6-PDH.

4. У досліджуваних зразків виявлено два алелі та гетерозиготні генотипи малик-ензиму, що вказує на кодомінантне успадкування ферменту. Наявність гомозиготних і гетерозиготних генотипів дозволяє рекомендувати цей ізофермент як маркер для визначення генетичної однорідності сортів амаранта.

5. Ідентифіковано 13 унікальних (7 за RAPD і 6 за ISSR) і 30 мономорфних (18 за RAPD і 12 за ISSR) фрагментів ДНК, які можуть бути використані як родо- і видоспецифічні маркери амаранта, а також маркери певних зразків.

6. Із застосуванням RAPD- і ISSR-маркерів встановлено високий рівень поліморфізму зернових видів амаранта на міжвидовому рівні (85,0 % за RAPD і 81,9 % за ISSR) і середній – на

внутрішньовидовому та індивідуальному рівнях (51,2 % за RAPD і 54,6 % за ISSR).

7. З використанням морфологічних, ізоферментних і молекулярно-генетичних маркерів визначено генетичну спорідненість зернових видів амаранта, підтверджено монофілетичну теорію їх походження. За результатами оцінки генетичної дивергенції та філогенетичних відносин доведено, що *A. mantegazzianus* Passr. є підвидом *A. caudatus* L.

8. Установлено високу інформативність ISSR-маркерів у генетичних дослідженнях амаранта, використання яких дозволило диференціювати рослинний матеріал відповідно до видової належності, рівня генетичної дивергенції та морфологічних особливостей.

9. Амарант не викликає ґрунтовтоми і сприяє розвитку мікроорганізмів, діяльність яких є одним з основних чинників, що забезпечують родючість ґрунту; водночас установлено позитивну взаємодію мікроорганізмів-стимуляторів з рослинами амаранта. Доведено, що застосування бактеріальних препаратів – флавобактерину і ризоторфіну – підвищує врожайність зеленої маси амаранта на 17,9–27,4 %, насіння – на 20,4 %.

10. Із застосуванням методу лабораторної діагностики визначено диференціацію між видами за рівнем солестійкості та посухостійкості. Виділено вид *A. crispus* із високим рівнем солестійкості, а також доведено, що для більшості видів амаранта характерний високий рівень посухостійкості.

11. Шляхом проведення провокаційних посівів під зиму встановлено, що тільки чорнонасінні форми амаранта здатні утворювати падалицю. Це свідчить про можливість використання білонасінних форм амаранта в кормових сівозмінах без побоювань за утворення падалиці.

12. Подовжена ювенільна стадія розвитку амаранта робить його агроценози нестійкими екосистемами з низькою конкурентною спроможністю домінант-амаранта порівняно із субдомінантно-бур'яном, що вимагає регулювання їх взаємодії прийомами агротехніки, спрямованими на знищення бур'янів.

13. В умовах Лівобережного Лісостепу України ще не сформувалася специфічна ентомофауна для амаранта, але відбувається ушкодження посівів цієї культури бобовою попелицею.

Визначено диференціацію між видами за реакцією на ушкодження цим шкідником.

14. За оцінкою адаптивного потенціалу, інтродукційної стійкості та господарського призначення виділено три види амаранта: *A. cruentus* – кормового типу, *A. hybridus* і *A. hypochondriacus* – універсального застосування (кормового і зернового напрямів використання), які заслуговують на введення в культуру.

15. Строки сівби для амаранта є важливим агротехнічним фактором реалізації рівня продуктивності, що впливає на своєчасне одержання сходів і тривалість вегетаційного періоду, особливо при вирощуванні його на насіння. В умовах Лівобережного Лісостепу України оптимальним можна вважати проведення сівби в 1–2-й декаді травня, тобто при сталому прогріванні ґрунту вище 12 °С.

16. За умови достатньої забезпеченості вологою в літній період, завдяки активному розвитку бокових пагонів із пазушних бруньок можливе використання амаранта у двоукісній культурі з проведенням підкошування надземної маси до початку здерев'яніння стебла (фаза бутонізації). Проведення скошування зеленої маси на висоті 20 см сприяє утворенню нових пагонів на залишках стебла. Висота зрізу до 10 см призводить до загибелі значної частини рослин і зниження рівня врожайності зеленої маси.

У разі вирощування амаранта в одноукісній культурі скошування зеленої маси потрібно проводити у фазі цвітіння, оскільки в цей період вона характеризується високою збалансованістю за вмістом хімічних елементів, а в структурному відношенні представлена великою часткою листя – до 33 %, що поліпшує її якість і забезпечує найбільший вихід протеїну з 1 га порівняно з іншими фазами розвитку.

17. Оптимальною глибиною загортання насіння амаранта є 3 см, з обов'язковим виконанням допосівного і післяпосівного ущільнення. Проведення післяпосівного ущільнення скорочує появу сходів на 4–5 днів, підвищує схожість на 22–26 % залежно від виду.

18. На основі вивчення показників продукційного процесу (індекс листкової поверхні, питома щільність посіву) доведено ефективність його перебігу в агроценозах із площею живлення рослин 15x5, 15x10, 15x20 та 45x5 і 45x10 см з поступовим зниженням у варіантах з розміщенням рослин за схемою 45x20, 70x5, 70x10 і 70x20 см. Збільшення площі живлення позитивно впливає на збільшення висоти рослини, маси однієї рослини, а також площі

листя однієї рослини, але при цьому зменшується загальний вихід сухої речовини з 1 га. У варіанті із застосуванням схеми розміщення рослин 70x20 см вихід сухої речовини у видів амаранта був майже удвічі меншим, ніж зі схемою розміщення рослин 15x5 та 15x10 см. У результаті проведеного двофакторного дисперсійного аналізу не було встановлено суттєвої різниці за рівнем урожайності зеленої маси між рядковим і широкорядним (ширина міжряддя 45 см) способами сівби, крім виду *A. hypochondriacus*, у якого спостерігали значну перевагу рядкового способу протягом двох років.

Щодо розташування рослин у рядку зазначимо, що тільки у виду *A. hybridus* відмічено чітко виражену тенденцію до зниження урожайності зеленої маси при збільшенні відстані між рослинами, в інших видів ця залежність не має чіткої визначеності і здебільшого є несуттєвою.

У широкорядних посівах при ширині міжряддя 45 см і розміщенні рослин за схемою 45x10 см вихід сирого протеїну був або вищий (*A. hybridus* – на 33,3 %, в *A. cruentus* – на 13,3 %), або на рівні варіанта з рядковим способом і розміщенням рослин за схемою 15x10 см (в *A. hypochondriacus*).

Частка реалізації насінневої продуктивності для всіх трьох видів амаранта є найвищою при розміщенні рослин за схемою 45x10 см, що на 10,7–26,0 % більше, ніж на варіанті зі схемою 15x10 см.

19. З урахуванням варіабельності густоти стояння рослин амаранта залежно від умов року (коефіцієнт варіації 29 %) для забезпечення оптимальної густоти під час рядкового розміщення норма висіву повинна становити до 0,8 кг/га (1,16 млн шт. схожого насіння на 1 га), а під час широкорядного – до 0,55 кг (0,8 млн шт. схожого насіння на 1 га).

20. Регулювання мінерального живлення з урахуванням реакції виду сприяє реалізації рівня продуктивності, поліпшенню якості продукції. Під час вирощування на зелену масу для виду *A. cruentus* найефективнішою можна вважати дозу  $N_{60}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$ , яка забезпечує врожайність зеленої маси до 57,6 т/га, для *A. hybridus* –  $N_{90}$  (56,7 т/га), а для *A. hypochondriacus* –  $N_{120}$  (62,6 т/га). Ефективність застосування азотних добрив зростала, починаючи з дози  $N_{60}$ , при цьому окупність 1 ц діючої речовини азотних добрив зеленою масою становила в *A. hybridus* 50 ц, в *A. cruentus* – 58 ц. Під час вирощування амаранта на насіння оптимальною дозою азоту може бути  $N_{60}$  на фоні

$P_{60}K_{60}$  для всіх видів. Подальше збільшення дози призводить до розгалуженості рослин і зниження насінневої продуктивності.

21. На основі вивчення біологічних і генетичних особливостей видів амаранта доведено можливість селекційного поліпшення цієї культури. Визначено характер успадкування деяких морфологічних та господарсько цінних ознак і характер кореляційних зв'язків між ними. Установлено значну диференціацію між видами за реакцією на мутагенні чинники, особливо гамма-промені, ефективність дії яких у виду *A. hybridus* зростає, починаючи з дози 10 кР, і при дозі 30–40 кР є летальною, тоді як у виду *A. cruentus* доза 30–40 кР викликає лише незначні зміни і суттєво не впливає на життєздатність рослин.

Методом хімічного мутагенезу із застосуванням НЕС у концентрації 0,012 % шляхом впливу на сорт амаранта Білонасінний (*A. hybridus*) одержано ультраскоростиглий сорт зернового амаранта Ультра з тривалістю вегетаційного періоду в умовах Лівобережного Лісостепу України до 90 днів і вмістом сквалену в олії до 11 %.

Створено колекцію мутантних форм амаранта з метою подальшого її використання в селекційному процесі.

22. Розроблено схему та програму селекційного поліпшення амаранта, результатом реалізації якої стало створення восьми сортів різних напрямів використання: Ультра, Сем, Лера, Харківський 1, Студентський, Роганський, Надія, Вогняна кулька, занесених до Державного реєстру сортів рослин України.

23. Зерно сортів амаранта селекції ХНАУ має високі поживні та фармакологічні властивості. Протеїн зерна сорту Харківський 1 є ідеальним для свиней і за поживністю поступається лише сої. Олія з насіння сортів Ультра, Сем і Харківський 1 має високу протизапальну активність і протекторний ефект щодо розвитку експериментальної інсулінорезистентності. Застосування зеленої маси сорту амаранта Харківський 1 для виготовлення силосу в суміші з кукурудзою у співвідношенні 1:1 поліпшує його якість, забезпечує підвищення вмісту протеїну в 1,47 раза, підвищує продуктивність телиць на 10,7 % порівняно з використанням кукурудзяного силосу. Виробництво такого силосу є менш енергоємним.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Агрохимическое состояние чернозема типичного и способы его оптимизации в Левобережной Лесостепи Украины / М.Н. Кулешов, Н.М. Гаджиева, Б. Бипура, Є.А. Головань // Вісн. ХДАУ. – 1999. – Вып. 2. – С. 131–141.
2. Агроэкологические основы использования биопрепаратов diaзотрофных бактерий при выращивании ячменя и амаранта в условиях Восточной Лесостепи Украины / Г.Ф. Наумов, Л.В. Подоба, Т.И. Гопций [и др.] // Микробиологический журнал. – 1997. – Т. 59. – № 4. – С. 63–70.
3. Алексеев Г.В. Особенности первичной обработки зерна амаранта и влияние на нее технологического оборудования / Г.В. Алексеев, Н.А. Леонтьева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 123–124.
4. Амарант – культура больших возможностей / И.П. Бреус, И.А. Чернов, Н.И. Газнзова [и др.] // Агрохимия. – 1992. – № 7. – С. 85–94.
5. Амарант / Ф.Н. Архипенко, Ю.В. Выдрина, А.А. Ловчикова [и др.]. – Киев: Изд-во УкрИнтЭИ, 1993. – 70 с.
6. Амарантовое масло – уникальное природное лекарственное средство / А.М. Макеев, И.М. Корневская, А.Ф. Сидоренко [и др.] // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг) : матер. 1-й Междунар. наук.-практ. конф. (Москва – Сергиев-Посад, 23–27 сентября, 2002 г.). – Москва–Сергиев-Посад: Арес, 2002. – С. 255–265.
7. Анисимов И.Н. Гетерогенность и полиморфизм 11S-глобулина семян подсолнечника / И.Н. Анисимов, И.П. Гаврилюк // Генетика. – 1989. – Т. 25, № 7. – С. 1248.
8. Антонив С.Ф. Влияние удобрений и способов посева амаранта на его семенную продуктивность / С.Ф. Антонив, Б.А. Рудницкий, Ю.С. Бежацкий // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 179.
9. Асатиани В.С. Биохимическая фотометрия / В.С. Асатиани. – Москва: Изд-во АН СССР, 1957. – 836 с.

10. Ахмед-Заде А.Ш. Эфирное масло из амаранта багряного / А.Ш. Ахмед-Заде, Н.А. Мамедов // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 38–39.

11. Бабаев Г.Г. Характеристические особенности амаранта в условиях Азербайджана и роль его активности в процессе фотосинтеза / Г.Г. Бабаев // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Гл. 1–2. – С. 128–129.

12. Бабич А.О. Вивчення вихідного матеріалу для селекції амаранта зернового типу в умовах Лісостепу України / А.О. Бабич, В.Д. Бугайов, В.В. Каправий // Перша Всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 8–9.

13. Базаров Е.И. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства / Е.И. Базаров, Е.В. Глинки. – Москва: ВАСХНИЛ, 1983. – 44 с.

14. Бардинов С.Г. Амарант метельчатый – новая перспективная кормовая культура / С.Г. Бардинов // Науч.-техн. бюл. ВИР. – 1988. – Вып. 183. – С. 67–71.

15. Барыльник В.Т. Амарант – ценная кормовая культура в поукосных посевах / В.Т. Барыльник, Н.Г. Гусев // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 38–39.

16. Бейдеман И.Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях / И.Н. Бейдеман. – Москва–Ленинград, 1954. – 320 с.

17. Беккужина С.С. RAPD-маркирование для анализа полиморфизма дигаметоидной линии и гаметоидных вариантов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / С.С. Беккужина, Е.З. Кочиева // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология : тезисы IX Междунар. конф. (Звенигород, 8–12 сентября, 2008 г.). – Москва : ИД ФБК-ПРЕСС, 2008. – С. 38–39.

18. Беликова С.В. Опыт выращивания амаранта на Ставрополье / С.В. Беликова, Л.П. Гаевая, А.И. Подколзин // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань: Казанск. ун-т, 1991. – С. 37–46.

19. Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства [Электронный ресурс] /



А.В. Конарев, В.Г. Конарев, Н.К. Губарева, Т.И. Пенева // Цитология и генетика. – 2000. – Т. 34, № 2. – С. 91–104. – Режим доступа: <http://vir.nw.ru/biohim/dnkmarker.pdf>.

20. Беллева В.В. Влияние агрометеорологических условий на развитие и урожайность амаранта / В.В. Беллева // Науч.-техн. бюл. ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова. – Санкт-Петербург, 1992. – Вып. 229. – С. 26–29.

21. Бежацька Т.Я. Особливості силосування зеленої маси амаранта в різних фазах стиглості / Т.Я. Бежацька, В.П. Жуков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 75.

22. Бежацький Ю.С. Ефективність вирощування амаранта волотистого на насіння залежно від удобрення та ширини міжрядь / Ю.С. Бежацький, С.Ф. Антонів, Б.О. Рудницький // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 34.

23. Бивол И. Генетический фонд некоторых зернобобовых культур рода *Vigna* и идентификация ценных доноров для селекции: дис. доктора биол. наук: 03.00.15 / Бивол Инна. – Кишинев, 2010. – 152 с.

24. Биляченко Г.С. Биологические особенности амаранта метельчатого в условиях Полесья Украины / Г.С. Биляченко // Кормовые растительные ресурсы – фактор НТП в кормопроизводстве. – Киев, 1989. – С. 34.

25. Біологічна цінність зерна різних зернофуражних культур для свиней / В.І. Гноєвий, Р.О. Татузян, С.С. Варчук [та ін.] // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини : зб. наук. пр. – Харків, 2001. – Вип. 9 (33), ч. 3. – С. 163–166.

26. Біологічна цінність зеленої маси із сумісних посівів кукурудзи з амарантом, ефективність згодування силосів з неї / О.С. Сорокін, В.І. Гноєвий, В.Я. Турчин [та ін.] // Наук.-техн. бюл. ін-ту тваринництва і біології тварин. – Львів, 1999. – Вип. 1 (3). – С. 148–150.

27. Болховский З.В. Хромосомные числа цветковых растений / З.В. Болховский, В.Г. Гриф. – Ленинград : Наука, 1969. – 250 с.

28. Борона В.П. Шкідливість бур'янів і боротьба з ними в посівах амаранта / В.П. Борона, В.В. Карасевич // Матеріали першої

всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 63–64.

29. Бочков Н.П. Классификация и методы учета хромосомных аббераций в соматических клетках / Н.П. Бочков, Ю.С. Демин, Н.В. Лучник // Генетика. – 1972. – № 5. – С. 134–141.

30. Бреус И.П. Продуктивность, химический состав и удобрения амаранта, выращиваемого на зеленую массу / И.П. Бреус // Агрехимия. – 1997. – № 10. – С. 62–74.

31. Бугайов В.Д. Результати та методи селекційної роботи з амарантом / В.Д. Бугайов, А.О. Бабиц, В.В. Каправий // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 10–13.

32. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов / Г.А. Булаткин. – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. – 210 с.

33. Бурляева М.О. Фенотипическое и генотипическое разнообразие *Lathyrus sativus* L. из коллекции ВИР / М.О. Бурляева, М.А. Вишнякова // Вестн. ВОГиС. – 2010. – Т. 14, № 4. – С. 747–760.

34. Бутенко Р.О. Вплив різних доз і концентрацій мутагенів на частоту мутацій озимої пшениці / Р.О. Бутенко // Физиология и биохимия культур. растений. – 2007. – 39, № 4. – С. 326–333.

35. Буч Т.Г. Новый для флоры СССР вид щирцы / Т.Г. Буч, М.С. Игнатов, В.Д. Швыдкая // Бюл. Гл. ботан. сада. – 1987. – Вып. 143. – С. 35–36.

36. Бушаков Ю.Г. Испытание новых в условиях ТАССР видов и сортов силосных культур / Ю.Г. Бушаков // Труды Тат. НИСХ. – 1980. – № 4. – С. 31–39.

37. Вавилов Н.И. Генетика и селекция / Н.И. Вавилов // Избр. сочинения. – Москва: Колос, 1966. – 558 с.

38. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений / Н.И. Вавилов. – Ленинград : Наука, 1987. – 440 с.

39. Вавилов П.П. Новые кормовые культуры / П.П. Вавилов, А.А. Кондратьев. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 637 с.

40. Вакуленко О.І. Вирощування амаранта на силос в чистих і змішаних посівах / О.І. Вакуленко, Т.В. Мацика, С.Д. Мотков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі

виросування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 45–46.

41. Валева С.А. Проблема радиочувствительности растений / С.А. Валева // Современные проблемы радиационной генетики. – Москва: Атомиздат, 1969. – С. 280–301.

42. Вандюкова И.И. Спектроскопическое изучение пектинов *Amaranthus cruentus* / И.И. Вандюкова, О.В. Цапаева // Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : тез. докл. первого междунар. симпозиума. – Пущино, 1995. – С. 30–32.

43. Вардинов С.Г. Амарант метельчатый – новая перспективная кормовая культура / С.Г. Вардинов // Науч.-техн. бюл. ВИР, 1988. – Вып. 183. – С. 67–71.

44. Визначник рослин України / за ред. Д.К. Зерова. – Київ: Урожай, 1965. – 876 с.

45. Використання зеленої маси та зерна амаранта на кормові цілі (рекомендації) / О.К. Трішин, В.І. Гноєвий, З.М. Познякова [та ін.]. – Київ, 1999. – 15 с.

46. Використання силосу на основі амаранта у раціонах порослих свиноматок / В.І. Гноєвий, З.М. Познякова, С.Є. Дроздов [та ін.] // Аграрна наука виробництву (основні наукові розробки інституту тваринництва для впровадження). – Харків, 1999. – С. 60.

47. Власюк П.А. Оценка холодостойкости гибридов кукурузы на первых этапах ее роста и развития / П.А. Власюк, Е.К. Белецкая // Физиология растений в помощь селекции. – Москва: Наука, 1974. – С. 36–48.

48. Волков О.И. Анализ корневых выделений амаранта багряного, выращенного в стерильных условиях / О.И. Волков, Е.В. Асафов // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань: Казан. ун-т, 1991. – С. 94–97.

49. Волкодав В.В. Сортове забезпечення національної програми «Зерно України» / В.В. Волкодав // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 6. – С. 45–48.

50. Волкодав В.В. Усовершенствование методов комплексной оценки сортов зерновых культур по уровню их адаптивности к условиям почвенно-климатических зон Украины: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / Волкодав Виктор Владимирович. – Киев, 1997. – 24 с.

51. Волкодав В.В. Формирование сортовых ресурсов зерновых культур Украины / В.В. Волкодав, А.Н. Бочкарев, В.М. Лысикова // 36. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН. – Київ, 1998. – Вип. 2. – С. 156–161.

52. Володзін У.Г. Пострадяцяцыйная адіауленне першасных цытагенетычных пашкоджанню радыеустойл васць раслн / У.Г. Володзін, І.А. Гардзей, Г.М. Гардзей // Весці АН БССР. Сер. бял. науки. – 1970. – № 3. – С. 73–79.

53. Волошина Т.В. Физиолого-биохимические реакции двух сортов амаранта на засоление / Т.В. Волошина // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 34–36.

54. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. – Москва: Урожай, 1966. – 253 с.

55. Вплив ширини міжряддя та густоти стояння рослин на врожайність зеленої маси і зерна амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко та ін. // Вісн. ДААУ. – Житомир, 2000. – С. 17–18.

56. Выращивание амаранта в совместных посевах с кукурузой / Т.И. Гопций, В.И. Гноевой, А.В. Цыганок и др. // Информ. листок. – № 39–99. – 2 с.

57. Вышталюк А.Б. Влияние амаранта на функциональные показатели крови лабораторных животных и сельскохозяйственной птицы / А.Б. Вышталюк, С.С. Хируг, И.А. Чернов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 150–152.

58. Вышталюк А.Б. Влияние амаранта на качество яиц и их инкубационные свойства / А.Б. Вышталюк, С.С. Хируг // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 37–39.

59. Гармас Е.Н. Некоторые результаты генетического изучения амаранта / Е.Н. Гармас // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 90.

60. Гинс М.С. Влияние азота на содержание амарантина и фотосинтетическую продуктивность амаранта / М.С. Гинс,

П.Ф. Кононков, В.К. Гинс // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 102–104.

61. Гинс М.С. Взаимосвязь между содержанием ауксинов, флавоноидов, амарантина и высотой растения у зелено- и краснолистных видов амаранта / М.С. Гинс, Р.Д. Рузиев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пущино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пущино, 1997. – С. 14–16.

62. Гинс В.К. Фотосинтетическая продуктивность и содержание амарантина в овощных формах амаранта / В.К. Гинс, П.Ф. Кононков, М.С. Гинс // Аграр. науки. – 1997. – № 2. – С. 27–28.

63. Гинс В.К. Изучение зернового амаранта в Китае / В.К. Гинс, И.В. Титова, П.Ф. Кононков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 130–140.

64. Гиренко М.М. Коллекция амаранта Всесоюзного института растениеводства как исходный материал для селекции / М.М. Гиренко, А.С. Бородкин // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 3–7. – (Казанск. ун-т).

65. Гиска В.В. Використання зерна амаранта в годівлі тварин / В.В. Гиска // Вісн. аграр. науки. – 1998. – № 4. – С. 75–77.

66. Головань Л.В. Аналіз успадкування та зчеплення локусів, що кодують морфологічні ознаки та ізоферменти у квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*) / Л.В. Головань, В.К. Пузік // Селекція і насінництво. – 2011. – Вип. 100. – С. 225–237.

67. Головин В.П. Приемы селекции и стимуляции продуктивности амаранта / В.П. Головин, Б.А. Недилько // Перша Всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 16–18.

68. Гопцій Т.И. Амарант – высокобелковое растение / Т.И. Гопцій, Г.Ф. Наумов // Вестн. агропромсовета. – Харьков, 1990. – № 2. – С. 13–14.

69. Гопцій Т.І. Вивчення видової різноманітності амарантів з метою селекції / Т.І. Гопцій, Г.Ф. Наумов, М.Ф. Воронков // Досвід вирощування та впровадження нетрадиційних кормових рослин на Україні: тези доп. респ. наук.-виробн. семінару. – Кам'янець-Подільський, 1990. – С. 8.

70. Гопций Т.И. Выращивание амаранта багряного в условиях Лесостепи Украины и основные направления селекционной работы с ним / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, И.В. Кадыгроб // Селекционно-генетические и биотехнические методы создания, улучшения исходного материала зерновых и зернобобовых культур: сб. науч. тр. – Харьков: ХГАУ, 1991. – С. 21–25.

71. Гопций Т.И. Выращивание амаранта багряного в условиях Лесостепи Украины / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, В.А. Чалая // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 7–8.

72. Гопций Т.И. Опыт выращивания амаранта багряного / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, И.В. Кадыгроб // Информ. листок. – 1991. – № 206. – 2 с.

73. Гопций Т.И. Популяция амаранта аргентинского и основные направления селекционной работы с ней / Гопций Т.И. // Экологическая генетика растений, животных и человека : тез. докл. 4-й Всесоюз. науч. конф. – Кишинев: Штиинца, 1991. – С. 241.

74. Гопций Т.И. Амарант: возделывание, перспективы использования / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, В.И. Григорьев // Укр НТИ. – Харьков, 1992. – 29 с.

75. Гопцій Т.І. Видова різноманітність амаранта / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков // Тези доп. 9-го з'їзду Укр. ботан. т-ва. – 1992. – С. 191.

76. Гопцій Т.І. Вирощування амаранта аргентинського в умовах Лісостепу України та основні напрямки селекційної роботи з ним / Т.І. Гопцій // Селекція і насінництво. – Київ: Урожай, 1992. – Вип. 73. – С. 85–88.

77. Гопций Т.И. Значение амаранта, перспективы использования и селекция / Т.И. Гопций, Г.И. Киптенко // Материалы 1-й и 2-й Междунар. конф. нетрадиц. культур и нетрадиц. технологий. – Симферополь, 1992–1993. – С. 43.

78. Гопций Т.И. Особенности химического мутагенеза у амаранта / Т.И. Гопций, Н.В. Воронков // Тез. докл. 6-го съезда Укр. о-ва. генетиков и селекционеров. – Полтава, 1992. – Т. 11. – С. 113.

79. Гопций Т.И. Качество зерна амаранта и способы его улучшения / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, Г.И. Киптенко // Матеріали першої наук.-практ. конф. – Вінниця, 1993. – С. 38.

80. Гопций Т.И. Видовое разнообразие амаранта и основные направления селекционной работы с ним / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков // Селекционно-генетические и биотехнологические

приемы повышения продуктивности с.-х. растений: сб. науч. тр. – Харьков, 1994. – С. 54–69.

81. Гопций Т.И. Перспективы использования амаранта в условиях Лесостепи Украины / Т.И. Гопций, В.Ф. Лысенко // Тез. докл. 3-й Междун. конф. по селекции, технологии возделывания и переработке нетрадиционных растений. – Алушта, 1994. – С. 173.

82. Гопций Т.И. Селекция зернового амаранта в Україні / Т.И. Гопций, М.Ф. Воронков // Корми і кормовий білок : матеріали першої всеукр. (міжнар.) конф. – Вінниця, 1994. – С. 38

83. Гопций Т.И. Использование отдаленной гибридизации в селекции амаранта / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, Л.И. Сытник // Матеріали наук. конф. ХДАУ. – Харків, 1995. – С. 27–28.

84. Гопций Т.И. Перспективы использования амаранта в кормопроизводстве / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, Н.Е. Жулай // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 87.

85. Гопций Т.И. Характер формоутворяющих процесів у амаранта під впливом мутагенних факторів / Т.И. Гопций, М.Ф. Воронков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 29.

86. Гопций Т.И. Исходный материал в селекции амаранта / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков // Селекция, насінництво і технологія вирощування польових культур : матер. міжнар. наук.-практ. конф. – Чернівці: Буковина, 1996. – С. 87.

87. Гопций Т.И. Інтродукція амаранта в умовах Лівобережжя Лісостепу України / Т.И. Гопций, М.Ф. Воронков // Матеріали, методологические основы формирования, ведения и использования коллекции генетических ресурсов растений : матер. Междунар. симп. – Харьков, 1996. – С. 146.

88. Гопций Т.И. К методам изучения митоза у амаранта / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков, Н.И. Криворученко // Матеріали наук. конф. ХДАУ. – Харків, 1996. – С. 8–9.

89. Гопций Т.И. Амарант – культура великих возможностей / Т.И. Гопций // Пропозиція. – 1997. – № 10. – С. 18–19.

90. Гопций Т.И. Селекция амаранта в условиях Лесостепи Украины / Т.И. Гопций, О.И. Криворученко // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического

использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – Т. 1. – С. 75–76.

91. Гопций Т.И. Использование экспериментального мутагенеза в селекции амаранта / Т.И. Гопций, Н.Ф. Воронков // Вісн. ХДАУ: зб. наук. пр. – Харків: ХДАУ, 1998. – № 1. – С. 106–112.

92. Гопцій Т.І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція [Монографія] / Тетяна Іванівна Гопцій. – Харків, 1999. – 273 с.

93. Гопцій Т.І. Вимоги амаранта до ґрунтових умов / Т.І. Гопцій // Вісн. ХДАУ. – 1999. – С. 189–196. – (Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»).

94. Гопцій Т.І. Вплив строків сівби і строків підкошування на врожайність зеленої маси амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України / Т.І. Гопцій // Науч. тр. Крым. гос. аграр. ун-та. – Симферополь, 1999. – Вып. 62. – С. 116–121.

95. Гопцій Т.І. Міжвидова гібридизація амаранта / Т.І. Гопцій // Вісн. ХДАУ. – Харків, 1999. – № 4. – С. 180–186. – (Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво»).

96. Гопцій Т.І. Характер кореляційних зв'язків між ознаками у амаранта / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко // Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва. – Харків, 1999. – С. 26–27.

97. Гопцій Т.І. Хвороби і шкідники амаранта / Т.І. Гопцій // Зб. наук. пр. НДІ фітосанітарного моніторингу. – Харків, 1999. – Т. 1. – Вип. 1. – С. 82–86.

98. Гопцій Т.І. Внутрішньовидова мінливість амаранта / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко // Матеріали XI з'їзду Укр. бот. т-ва. – Харків, 2001. – С. 96–97.

99. Гопцій Т.І. Вихідний матеріал амаранта на соле- та посухостійкість / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко // Наук. пр. Полтав. держ. аграр. акад. – Полтава, 2002. – Т. 1 (20). – С. 10–13.

100. Гопцій Т.І. До методики вивчення мітозу у *Amaranthus hybridus* / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, Н.І. Криворученко // Вісн. ХНАУ. – Харків, 2002. – № 5. – С. 18–22. – (Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво»).

101. Гопций Т.И. Коллекция интродуцируемых видов амаранта как исходный материал в селекции / Т.И. Гопций, О.Н. Криворученко, Н.Ф. Воронков // Растительные ресурсы для



здоров'я людини (возделывание, переработка, маркетинг): матеріали 1-й міжнарод. науково-практич. конф. (Москва–Сергієв-Посад, 23–27 вересня, 2002 г.). – Москва – Сергієв-Посад: Арес, 2002. – С. 34–37.

102. Гопцій Т.І. Морфологічні особливості й біологічні основи введення в культуру амаранта в умовах Лівобережного Лісостепу України / Т.І. Гопцій, Н. Левченко, К. Соколова // Вісн. ХНАУ. – Харків, 2002. – № 6. – С. 36–51. – (Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво»).

103. Гопцій Т.І. Перспективні напрямки використання та селекції амаранта в Лівобережному Лісостепу України / Т.І. Гопцій // Вісн. ХДАУ. – Харків, 2002. – № 5. – С. 62–68. – (Сер. «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво»).

104. Гопцій Т.І. Пластичність і стабільність урожайності зеленої маси та зерна у видів амаранта / Т.І. Гопцій, О.М. Криворученко // Вісн. ХНАУ. – Харків, 2002. – № 9 (1). – С. 82–88. – (Сер. «Біологія»).

105. Гопцій Т.І. Експериментальний мутагенез у амаранта / Т.І. Гопцій, О.М. Криворученко // Труды по фундаментальной и прикладной генетике. – Харьков, 2003. – Вып. 2. – С. 217–230.

106. Гопцій Т.І. Рівень реалізації біологічного потенціалу амаранта залежно від агрометеорологічних чинників / Т.І. Гопцій, О.М. Криворученко // Науково-практичні аспекти кормовиробництва та ефективного використання кормів: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 16–18 вересня, 2003 р.). – Львів, 2003. – С. 503–508.

107. Гопцій Т.І. Кореляційна залежність між ознаками у деяких зернових видів амаранта / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, В.М. Попов // Корми і кормовиробництво. – 2006. – Вип. 57. – С. 54–60.

108. Горбенко І.Я. Вплив мінеральних добрив та строків скошування на хімічний склад і поживність зеленої маси амаранта / І.Я. Горбенко, Д.І. Шуль, Л.І. Лук'яненко // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 57–58.

109. Горбенко І.Я. Кукурудзо-амарантові сумішки / І.Я. Горбенко, Д.І. Шуль, І.Р. Оринян // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 56–57.

110. Городецкая С.П. Влияние растений и удобрений на азотный, фосфорный и калийный режим почв и баланс этих элементов в системе почва–растение–удобрение / С.П. Городецкая // Тез. докл. V съезда Всесоюз. о-ва почвоведов. – Минск, 1974. – Т. 3.

111. Гродзинский А.М. Определение аллелопатической активности почвы / А.М. Гродзинский, С.А. Горобец, Л.И. Крупа // Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв. – Київ, 1988. – С. 4.

112. Гронин В.В. Использование качественных и морфометрических признаков для обеспечения отличимости родительских линий и гибридов подсолнечника: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук: спец. 06.01.05 «Селекция и семеноводство» / Гронин Виталий Владимирович. – Краснодар, 2007. – 24 с.

113. Гуменюк В.В. Біологічний ефект застосування зерна амаранта в годівлі гусей / В.В. Гуменюк, М.М. Хомин, З.О. Царик // Біологічні основи живлення сільськогосподарських тварин : тези доп. міжнар. конф. – Вінниця, 1998. – С. 52–53.

114. Гурский Н.Т. Амарант – перспективна культура / Н.Т. Гурский, Н.П. Гайко, Н.З. Вахрушев // Сельские зори. – 1990. – № 3. – С. 50–51.

115. Гурьев Б.П. Методика подбора сортов зерновых культур для возделывания по интенсивной технологии / Б.П. Гурьев, П.П. Литун, В.В. Волкодав // Селекция и семеноводство. – 1988. – Вып. 65. – С. 3–8.

116. Гурьев Б.П. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы / Б.П. Гурьев, П.П. Литун, И.А. Гурьева. – Харьков: Укр НИИРСиГ, 1981. – 27 с.

117. Державин Л.М. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений / Л.М. Державин // Вестн. с.-х. науки. – 1984. – № 2. – С. 44–48.

118. Державин Л.М. Методические указания по определению азота и нитратов в почвах, природных водах, кормах и растениях / Л.М. Державин. – Москва: Колос, 1985. – 277 с.

119. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / под ред. Ю.П. Алтухова. – Москва: Наука, 2004. – 619 с.

120. Довідник зоотехніка. – Київ: Держвидав. с.-г. літ. Укр. РСР, 1960. – 725 с.

121. Довідник поживності кормів. – Київ: Урожай, 1978. – 258 с.
122. Домаш В.И. Содержание белка и его качественный состав у различных видов амаранта, произрастающих в БССР / В.И. Домаш, М.И. Ярошевич // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 67–73. – (Казанск. ун-т).
123. Дуда Ю.В. Вплив кормової добавки на основі амаранту на показники білкового обміну кролів за еймеріозу / Ю.В. Дуда, М.П. Прус, Л.В. Кунєва, Н.І. Косянчук // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: збірник наукових праць. Ветеринарні науки. – Харків, 2017. – Вип. 35, Т. 2., Ч. 2. – С. 42–47.
124. Дымчин А.М. Жирнокислотный состав масла семян различных сортов амаранта / А.М. Дымчин, В.Д. Бугайов, В.В. Химич // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 165–167.
125. Дьяченко Д.Е. Физико-химические свойства и регуляция экспрессии изоферментов изоцитратлиазы в разных органах кукурузы: автореф. дис. на соискани учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.04 «Биохимия» / Дьяченко Екатерина Владимировна. – Воронеж, 2009. – 22 с.
126. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков. – Ленинград: Колос, 1972. – 455 с.
127. Ефективне розв'язання проблеми білка у тваринництві / В.І. Гноєвий, З.М. Познякова, О.С. Сорокін та ін. // Тваринництво України. – 1998. – № 8–9. – С. 20.
128. Ефективний спосіб покращання якості кукурудзяного силосу / О.С. Сорокін, В.І. Гноєвий, З.М. Познякова [та ін.] // Вісн. ХДАУ. – Харків, 2002. – № 5. – С. 99–101.
129. Ефективність використання зеленої маси амаранта на силос / В.І. Гноєвий, А.В. Циганок, О.М. Белокопитов [та ін.] // Вісн. ХДАУ. Сер. «Економіка АПК і природокористування». – 1998. – № 4. – С. 64–70.
130. Ефективність використання силосу із суміші кукурудзи і амаранта в раціонах молодняка великої рогатої худоби / О.М. Маменко, В.І. Гноєвий О.С. Сорокін [та ін.] // Біологічні основи живлення сільськогосподарських тварин : тези доп. міжнар. конф. – Львів, 1998. – С. 40–41.
131. Ефективність заміни комбікорму амарантовим силосом у раціоні ремонтних свинок / В.І. Гноєвий, З.М. Познякова, А.В. Циганок

[та ін.] // Біологічні основи живлення сільськогосподарських тварин : тези доп. міжнар. конф. – Львів, 1998. – С. 64–65.

132. Железнов А.В. Генетика культурных видов растений / А.В. Железнов, Л.П. Солоненко, Н.Б. Железнова // АН СССР СО Ин-т цитологии и генетики. – Новосибирск, 1991. – С. 234–250.

133. Железнов А.В. Изучение коллекционной ценности самоопыленных линий амаранта в системе поликросных скрещиваний / А.В. Железнов // Сибир. вестн. с.-х. науки. – 1996. – № 1–2. – С. 60–65.

134. Жилин В.И. Интродукционные исследования амарантов на Кубани / В.И. Жилин, О.Н. Сарапкина, О. Тильба // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 46–55. – (Казанск. ун-т).

135. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Кишинёв: Штиинца, 1983. – 304 с.

136. Забродина М.В. Поиски изоферментных и ДНК-маркеров устойчивости многолетней ржи к грибным болезням / М.В. Забродина, А.А. Шаденков, Э.Е. Хавкин // Докл. Россельхозакадемии. – 1998. – № 3. – С. 3–4.

137. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – Москва: Наука, 1984. – 419 с.

138. Захаренко А.В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза / А.В. Захаренко // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 1999. – № 6. – С. 17–19.

139. Зелепухин В.Д. Содержание хлорофилла и водный режим листа / В.Д. Зелепухин // Физиология растений. – 1967. – Т. 14, № 1. – С. 50–58.

140. Зоз Н.Н. Закономерности действия химических мутагенов на высшие растения: автореф. дис. на соискание учен. степени доктора биол. наук / Н.Н. Зоз. – Москва, 1969. – 57 с.

141. Зоз Н.Н. Химические мутагены. Генетическая активность новых нитрозосоединений на растениях / Н.Н. Зоз // Цитология и генетика. – 1974. – № 1. – С. 37–40.

142. Зубков В.В. Опыт возделывания амаранта метельчатого на корм и семена в условиях Северного Поволжья / В.В. Зубков // Тез. докл. Всесоюз. науч.-произв. конф. – Киев, 1989. – С. 55.

143. Зубрилин А.А. Консервирование зеленых кормов / А.А. Зубрилин. – Москва: Сельхозгиз, 1938. – 200 с.

144. Иванов В.Д. Рост клеток корней проростков кукурузы после облучения высокими дозами рентгеновских лучей / В.Д. Иванов // Цитология. – 1967. – Вып. 9, № 8. – С. 958–966.

145. Иванова И.Ф. Особенности водного режима растений с С<sub>3</sub>- и С<sub>4</sub>-типом фотосинтеза / И.Ф. Иванова, А.С. Муравьева // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 35–36.

146. Иванова О.Г. Биология цветения некоторых видов амаранта, интродуцируемых в ТССР / О.Г. Иванова, Г.Н. Борисова // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 83–91. – (Казанск. ун-т).

147. Изозимная оценка генетической коллекции амаранта (*Amaranthus* L.) / Р.С. Юдина, Н.Б. Железнова, О.В. Захарова [и др.] // Генетика. – 2005. – Т. 41, № 12. – С. 1681–1687.

148. Изучение наследования морфологических признаков подсолнечника. 1. Генетический контроль окраски ложноязычковых цветков, ветвистости и восстановления фертильности пыльцы / Я.Ю. Шарыпина, В.Н. Попов, Т.А. Долгова, В.В. Кириченко // Цитология и генетика. – 2008. – № 5. – С. 47–53.

149. Індукований мутагенез в селекції рослин: зб. наук. пр. / Нац. акад. наук України, Ін-т фізіології рослин і генетики НАН України, Білоцерк. нац. аграр. ун-т, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова; редкол.: Моргун В.В. та ін. – Біла Церква : БНАУ, 2012. – 225 с.: рис., табл.

150. Инструкция и нормативы по определению экономической и энергетической эффективности применения удобрений. – Москва: ЦИНАО, 1987. – 44 с.

151. Интегрированное земледелие. – Берлин: Берлин. орг. с.-х. пр-ва, 1992. – 90 с.

152. Іоргачова К.Г. Борошняні кондитерські вироби з продуктами переробки амаранта / К.Г. Іоргачова // Зб. наук. пр. ОДАХТ. – Одеса, 1999. – Вип. 19. – С. 62–65.

153. Иоргачова К.Г. Использование ферментативно модифицированной муки амаранта при производстве мучных кондитерских изделий / К.Г. Иоргачова, О.В. Макарова // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг) : материалы 1-ой Междунар. науч.-практ. конф. (Москва – Сергиев-Посад, 23–27 сентября, 2002 г.). – Москва–Сергиев-Посад: Арес, 2002. – С. 339–343.

154. Использование ПЦР-анализа в генетико-селекционных

исследованиях : науч.-метод. руководство / под ред. Ю.М. Сиволапа. – Киев: Аграр. наука, 1998. – 156 с.

155. Каджебаш В.Ф. Продуктивность и химический состав амаранта в условиях поймы юга Молдовы / В.Ф. Каджебаш, М.Д. Захарова // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1998. – С. 164.

156. Кадошников С.И. Анализ содержания пигментов в разных органах амаранта багряного / С.И. Кадошников, И.Г. Кадошникова, И.Г. Шамова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 40–42.

157. Кадошников С.И. Фармакологические свойства амаранта / С.И. Кадошников, И.Г. Кадошникова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 163–165.

158. Кадошникова И.Г. Фракционный и аминокислотный состав белков амаранта / И.Г. Кадошникова, С.И. Кадошников, Л.Н. Стахова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 38–40.

159. Кадырова З.З. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество амаранта на дерново-подзолистой почве / З.З. Кадырова, Р.Х. Хузиахметов // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 169–172. – (Казанск. ун-т.).

160. Кадырова З.З. Оптимизация азотного питания амаранта багряного. Амарант: агроэкология, переработка, использование / З.З. Кадырова, И.П. Бреус, И.А. Чернов // Материалы итог. конф. молодых ученых и специалистов. – Казань: КГУ, 1991. – С. 28.

161. Календарь Р.Н. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение / Р.Н. Календарь, В.И. Глазко // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34, № 4. – С. 279–295.

162. Каленська С.М. Агроекологічні та біологічні основи інтенсифікації виробництва озимого жита і тритикале в Лісостепу України: дис. доктора с.-г. наук: 06.01.09 «Овочівництво» / Каленська Світлана Михайлівна. – Київ, 2001. – 419 с.

163. Камышева И.М. Полипептидный состав белковых фракций семян амаранта / И.М. Камышева, И.П. Гаврилук, З.В. Чмелева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического

использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 34–35.

164. Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем / Г. Кант; пер. с нем. С.О. Эбель. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 207 с.

165. Карабаев Н. Посейте амарант / Н. Карабаев, А. Гибадуллин // Сел. хоз-во Киргизии. – 1989. – № 7. – С. 30–31.

166. Караев А.Х. Эффективность использования амаранта в качестве корма для свиней / А.Х. Караев, И.Д. Тменов // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 190–193. – (Казан. ун-т).

167. Караев А.Х. Использование кормов из амаранта в кормлении свиноматок / А.Х. Караев, Р.Х. Хохлов // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1998. – С. 710–711.

168. Карнаушенко Л.И. Использование муки амаранта в технологии производства конфет / Л.И. Карнаушенко, Е.Г. Иоргачева, А.В. Коркач // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 86–87.

169. Карнаушенко Л.И. Технология производства желатинного мармелада с использованием продуктов переработки амаранта / Л.И. Карнаушенко, Ю.Б. Устименко // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 84–85.

170. Карпец А.І. Индукованный мутагенез в культуре клеток и тканей озимой пшеницы [Текст] : дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.15 / Карпец Андрій Іванович; АН України, Ін-т фізіології рослин і генетики. – Київ, 1993. – 160 с.

171. К вопросу о силосуемости амаранта / А.Ф. Врачев, И.Г. Кадошникова, П.А. Барсуков [и др.] // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 185–190.

172. Ким О.Дж. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / О.Дж. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка; пер. с англ. А.Н. Хотинского, С.Б. Королева. – Москва: Финансы и статистика, 1989. – 30 с.

173. Кирилов А. Състав и хранител на стойност на зелена маса от щир / А. Кирилов, Д. Нанева // Животновъдни науки. – 1988. – Т. 25, № 5. – С. 55.

174. Кирилов А. Проучвания върху някои декоративни и стопански качества при *Amaranthus caudatus* L. / А. Кирилов // Растен. науки. – 1988. – Т. 25, № 6. – С. 46–49.

175. Коваленко С.Г. Вид антропофітів флори Одеси і чорноморських портів на прикладі родини *Amarantaceae* та *Astraceae* / С.Г. Коваленко, С.П. Петрик, І.П. Ружицька // Тези доповідей ІХ з'їзду УБТ. – 1992. – С. 25.

176. Ковачев И. Нов принос Върху монографията на род *Amaranthus* L. / И. Ковачев // Науч. трудове. – Пловдив, 1968. – Т. 17, кн. 1. – С. 203–204. – (Висш. селскостоп. ин-т «В. Коларов»).

177. Ковачев И. Материали върху филогенезиса на рода *Amaranthus* L. Морфология на полена / И. Ковачев // Науч. трудове. – Пловдив, 1969. – Т. 18, кн. 1. – С. 133–136. – (Висш. селскостоп ин-т. «В. Коларов»).

178. Ковачев И. Нов принос върху монографията на род *Amaranthus* L. / И. Ковачев // Науч. трудове. – Пловдив, 1978. – Т. 23, кн. 1. – С. 49–53. – (Висш. селскостоп ин-т. «В. Коларов»).

179. Ковриго Н.М. Изучение возможности интродукции амаранта хвостатого (*Amaranthus caudatus* L.) в УССР / Н.М. Ковриго // Агроценозы и экол. пути повышения их стабильности и продуктивности : тез. всесоюз. совещ. – Ижевск, 1988. – С. 136.

180. Козаченко М.Р. Экспериментальный мутагенез в селекции ячменю: [монография] / М.Р. Козаченко ; НААН України, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. – Харків, 2010. – 296 с. – ISBN978-966-8691-33-1.

181. Козловский А.Ф. Технологические аспекты комплексной переработки семян амаранта / А.Ф. Козловский, А.Е. Медведев, А.И. Меншенин // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Москва–Сергиев-Посад, 23–27 сентября, 2002 г.). – Москва – Сергиев-Посад: Арес, 2002. – С. 287–292.

182. Колесников М.П. Биохимический состав и кремний амаранта и некоторых лекарственных растений / М.П. Колесников, В.К. Гинс // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 20–22.



183. Комяков О.Г. Разработка новых пищевых концентратов с применением амаранта / О.Г. Комяков, В.В. Манаенков, Л.Я. Корнева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 124–125.

184. Коновалов А.И. Масляные экстракты амаранта / А.И. Коновалов, Л.Н. Пупечова // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Гл. 6–8. – С.389–390.

185. Кононков П.Ф. Амарант / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс. – Москва: Союз, 1997.

186. Кононков П.Ф. Амарант – перспективная культура XXI века / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс. – Москва: Издательский дом Евгения Федорова, 1997. – 160 с.

187. Кончик З.М. Перспективы использования зерна амаранта и ярового пивоваренного ячменя на медицинские цели / З.М. Кончик, З.А. Царик // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Гл. 1–2. – С. 132.

188. Корчинский А.А. Инбридинг и кроссбридинг в популяциях пшеницы / А.А. Корчинский // Селекция и семеноводство. – Киев: Урожай, 1985. – № 58. – С. 13–16.

189. Корчинский А.А. Эволюционная сущность совместного действия инбридинга и кроссбридинга в популяциях растений / А.А. Корчинский // Цитология и генетика. – 1987. – Т. 2, № 5. – С. 363–371.

190. Корчинский А.А. Развитие научного учения о адаптации растений / А.А. Корчинский // Наукові розробки і реалізація потенціалу сільськогосподарських культур. – Київ: Аграр. наука, 1999. – С. 241–251.

191. Корчинский А.А. Теория возникновения в растительных популяциях адаптивного эволюционного фона на основе взаимодействия систем полового размножения / А.А. Корчинский // Наукові розробки і реалізація потенціалу сільськогосподарських культур. – Киев: Аграр. наука, 1999. – С. 154–161.

192. Котляров А.І. Ефективність згодовування телятам престартерного комбікорму з включенням зерна амаранта / А.І. Котляров, С.П. Чумаченко // Матеріали першої всеукр. наук.-

практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 77–78.

193. Кочиева Е.З. Использование методов на основании полимеразной цепной реакции для анализа и маркирования растительного генома / Е.З. Кочиева // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – № 3. – С. 3–14.

194. Красненков С.В. Особенности выращивания сахарного сорго в совместных посевах с амарантом в Северной степи Украины / С.В. Красненков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 50–52.

195. Криворученко О.Н. Изменчивость у амаранта / О.Н. Криворученко, Т.И. Гопций // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : труды IV Междунар. симпозиума (Москва – Пушкино, 20–24 июня, 2001 г.). – Москва: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 1. – С. 66–68.

196. Криворученко О.М. Вихідний матеріал для створення сортів олійного амаранта / О.М. Криворученко, Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков // Современные вопросы создания и использования сортов и гибридов масличных культур: зб. тез міжнар. конф. – Запорожье, 2002. – С. 23.

197. Криворученко О.М. Тривалість вегетаційного періоду колекційних зразків роду *Amaranthus* L. / О.М. Криворученко, Т.І. Гопцій // Вісн. НАУ. – Київ, 2002. – Вип. 48. – С. 121–130.

198. Крючков В.К. Амарант в степной зоне без орошения / В.К. Крючков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 41.

199. Крючков В.К. Силосование амаранта / В.К. Крючков, Л.И. Подобед // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 76–77.

200. Крючков В.К. Особенности агротехники возделывания амаранта в условиях степи / В.К. Крючков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 42–43.

201. Кукуруза на корм. Производство и использование / пер. с англ Е.Н. Фолькман. – Москва: Колос, 1983. – 343 с.

202. Кулешов Н.Н. Агрономическое семеноведение / Н.Н. Кулешов. – Москва: Сельхозиздат, 1963. – 295 с.

203. Купцов А.И. Элементы общей селекции растений / А.И. Купцов. – Новосибирск: Наука, 1971. – 375 с.

204. Кухарева Л.В. Биология и требования к условиям произрастания некоторых видов амаранта / Л.В. Кухарева, С.Е. Лобан // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 106–107.

205. Кушниренко М.Д. Адаптация растений к экстремальным условиям увлажнения / М.Д. Кушниренко. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 198 с.

206. Лазаньи Л. Оценка продукции биомассы и семян щирицы в засушливых районах Большой Венгерской низменности / Л. Лазаньи, И. Каночи, Ш. Бене // Междунар. с.-х. журн. – 1988. – № 5. – С. 60.

207. Ланцевич Г.П. Изменчивость абсолютного веса семян зерновых культур в Лесостепи УССР в зависимости от условий выращивания / Г.П. Ланцевич, И.Г. Строна // Вопросы семеноводства, семеноведения и контрольно-семенного дела. – Киев: Урожай, 1964. – Вып. 2. – С. 44–49.

208. Лапин А.А. Влияние пектиновых веществ из травы амаранта на показатели качества пива / А.А. Лапин, Н.А. Соснина // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 137.

209. Ларченко К.А. Генетическая активность химических и физических мутагенов в сверхнизких дозах/ К.А. Ларченко, В.В. Моргун // Экологическая генетика: материалы VIII съезда генетиков и селекционеров республики Беларусь. – Минск, 2002. – С. 369–377.

210. Левитес Е.В. Генетика изоферментов растений / Е.В. Левитес. – Новосибирск: Наука, 1985. – 145 с.

211. Леонтьева Н.А. Использование амаранта как белковой добавки в кулинарных изделиях / Н.А. Леонтьева // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 165.

212. Леонтьева Н.А. Использование амаранта в мучных кондитерских изделиях / Н.А. Леонтьева // Нетрадиционное

растениеводство, экология и здоровье : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Ч. 6–8. – С. 402.

213. Леонтьева Н.А. О возможности использования зерна амаранта, обработанного ИК-излучением в аглютеновых хлебобулочных изделиях / Н.А. Леонтьева, К.А. Похис // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 125–127.

214. Лиєпа І.Я. Показатель удельного веса влияния факторов воздействия на растения и применение его для комплексного изучения продуктивности растений / И.Я. Лиєпа, Х.А. Мауриня // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : науч. тр. ВАСХНИЛ. – Москва: Колос, 1975. – С. 203–213.

215. Лиманська С.В. Поліморфізм деяких ізоферментних систем амаранта / С.В. Лиманська // Екологізація сталого розвитку агросфери і ноосферна перспектива інформаційного суспільства : тези доп. Міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Харків, 1–2 жовтня, 2009 р.). – Харків, 2009. – С. 44.

216. Лиманська С.В. Внутрішньовидовий та міжвидовий поліморфізм ізоферментних систем амаранта / С.В. Лиманська // Актуальні проблеми ботаніки та екології : матеріали міжнар. конф. молодих учених (Ялта, 21–25 вересня, 2010 р.). – Симферополь, 2010. – С. 386–387.

217. Лиманская С.В. Изменчивость некоторых изоферментных систем семян представителей рода *Amaranthus* L. / С.В. Лиманская, В.Н. Попов, Т.И. Гопций // Вісн. ХНАУ. – 2010. – Вип. 3 (21). – С. 70–77. – (Серія «Біологія»).

218. Лиманська С.В. Застосування методів добору та гібридизації при створенні вихідного селекційного матеріалу амаранта, адаптованого до умов Лівобережного Лісостепу України / С.В. Лиманська // Матеріали підсумк. наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів і здобувачів ХНАУ ім. В.В. Докучаєва (Харків, 20–26 квітня, 2010 р.). – Харків, 2010. – С. 120–122.

219. Лиманська С.В. Використання різних ДНК-маркерів в генетико-популяційних дослідженнях амаранта (*Amaranthus* L.) / С.В. Лиманська // Матеріали підсумк. наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів і здобувачів ХНАУ ім. В.В. Докучаєва (Харків, 11–14 січня, 2011 р.). – Харків, 2011. – С. 149–150.

220. Лиманська С.В. Вивчення генетичної мінливості колекції

амаранта за морфологічними ознаками та ISSR-маркерами / С.В. Лиманська, Т.І. Гопцій // Матеріали XIII з'їзду укр. ботан. т-ва (Львів, 19–23 вересня, 2011 р.). – Львів, 2011. – С. 443.

221. Лиманская С.В. ISSR-анализ коллекционных образцов амаранта (*Amaranthus* L.) / С.В. Лиманская // Вісн. укр. т-ва генетиків і селекціонерів. – 2012. – Т. 10, № 2. – С. 254–261.

222. Лиманська С.В. Визначення генетичної мінливості колекції амаранта / С.В. Лиманська, О. Гудим, М. Тереняк // Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Харків, 3–5 жовтня, 2012 р.). – Харків, 2012. – С. 106–107.

223. Лиманская С.В. Оценка генетической изменчивости коллекции амаранта (*Amaranthus* L.) с использованием RAPD-анализа / С.В. Лиманская // Цитология и генетика. – 2012. – Т. 46, № 4. – С. 19–26.

224. Лиманська С.В. Диференціація колекції зернових видів амаранта за морфологічними, біохімічними і молекулярно-генетичними ознаками / С.В. Лиманська // Вісн. ХНАУ. – 2013. – Вип. 2 (29). – С. 58–66. – (Сер. «Біологія»).

225. Лиманська С.В. Внутрішньовидовий і міжвидовий поліморфізм ДНК амаранта (*Amaranthus* L.), виявлений з використанням RAPD- і ISSR-маркерів/ С.В. Лиманська, О.Г. Чуб // Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Харків, 2–4 жовтня, 2013 р.). – Харків, 2013. – С. 47.

226. Лоскутов И.Г. Генетическая коллекция овса / И.Г. Лоскутов // Идентифицированный генофонд растений, ВИР.– Санкт-Петербург, 2005. – С. 773–782.

227. Лунин В.Г. Хитин-связывающие пептиды из семян *Amaranthus caudatus* / В.Г. Лунин // Новые нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушино, 1997. – С. 88.

228. Лясковский Г.М. О ферроцианидном методе определения сахаров / Г.М. Лясковский, И.Б. Асеева // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1966. – Т. 57. – С. 96–103.

229. Лясковский Г.М. Об определении общего и небелкового азота в растительном материале калориметрическим методом /

Г.М. Лясковский, С.Н. Сергиенко, В.Н. Шердека // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Киев: Урожай, 1969. – Т. 1 (XXVIII). – С. 49–57.

230. Лясковский Г.М. Об определении фосфора калориметрическим методом / Г.М. Лясковский, С.Н. Сергиенко, М.И. Паслен // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Киев: Урожай, 1970. – Т. 90 (127). – С. 88–97.

231. Магомедов И.М. Перспективный амарант / И.М. Магомедов // Сельская жизнь. – 1987. – № 58. – С. 37–38.

232. Магомедов И.М. Фотосинтез и органические кислоты / И.М. Магомедов. – Ленинград : Изд.-во ЛГУ, 1988. – 203 с.

233. Магомедов И.М. Амарант – новая перспективная культура / И.М. Магомедов // Земледелие. – 1990. – № 4. – С. 61–64.

234. Магомедов И.М. Амарант и возможности решения ряда экологических проблем / И.М. Магомедов, Т.В. Чиркова // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Гл. 1–2. – С. 44.

235. Магомедов И.М. Амарант – культура будущего: физиологические и биотехнологические аспекты / Магомедов И.М. // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 77.

236. Магомедов И.М. Решение белковой проблемы за счет амаранта / И.М. Магомедов // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг) : материалы 1-ой Междунар. науч.-практ. конф. (Москва–Сергиев-Посад, 23–27 сентября, 2002 г.). – Москва – Сергиев-Посад: Арес, 2002. – С. 278–279.

237. Макеев А.М. Амарантовое масло – уникальное природное лекарственное средство / А.М. Макеев, И.М. Кореневская, А.Ф. Сидоренко [и др.] // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг) : матер. 1-й Междунар. наук.-практ. конф. – Москва: Арес, 2002. – С. 255–265.

238. Макеев А.М. Белково-липидо-крахмальные комплексы семян амаранта / А.М. Макеев, Х.А. Джувеликян, Л.А. Мирошниченко // Вестн. ВГУ. – 2001. – № 1. – С. 73–75. – (Серия «Химия, биология»).

239. Макеев А.М. Регенерационные и противоопухолевые свойства амарантового масла / А.М. Макеев, Л.А. Мирошниченко, И.С. Суровцев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы III междунар. симпозиума. – Москва–Пушино, 1999. – С. 100–103.

240. Максименко М.В. Зеленый конвейер / М.В. Максименко. – Киев: Урожай, 1988.

241. Малышев С.В. Молекулярные маркеры в генетическом картировании растений / С.В. Малышев, Н.А. Картель // Молекулярная биология. – 1997. – Т. 31, № 2. – С. 197–208.

242. Мамажанова М. Водный режим и продуктивность амаранта / М. Мамажанова, К.С. Сафаров // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 79–83.

243. Мартиросян В.В. Пищевая и биологическая ценность семян амаранта / В.В. Мартиросян, У.Н. Диденко // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): материалы 1-й Междунар. нак.-практ. конф. – Москва: Арес, 2002. – С. 186–188.

244. Мартыненко В.С. Наследование генов зерновой эстеразы в популяциях ржи (*Secale cereale* L.) / В.С. Мартыненко, М.З. Антонюк, Т.К. Терновская // Цитология и генетика. – 2004. – Т. 38, № 5. – С. 16–23.

245. Масолов И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений / И.В. Масолов. – Москва: Колос, 1968. – С. 51–73.

246. Медведев П.Ф. Малораспространенные кормовые культуры / П.Ф. Медведев. – Москва: Колос, 1970. – 150 с.

247. Медведев П.Ф. Новые силосные культуры / П.Ф. Медведев. – Ленинград, 1978.

248. Медведев П.Ф. Кормовые растения европейской части СССР / П.Ф. Медведев, А.И. Сметанникова. – Ленинград: Колос, 1981. – 336 с.

249. Медведєв В.В. Обґрунтування збільшення площ жита озимого в Україні / В.В. Медведєв, Т.Є. Линдіна // Вісн. аграр. науки. – 2000. – № 4. – С. 23–27.

250. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва, 1981.

251. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве. – Москва: ВАСХНИЛ, ВНИИ МСХ, 1985. – 42 с.

252. Минеральное питание и продуктивность амаранта в условиях засоления / И.П. Бреус, И.Ф. Архипова, И.Ф. Иващенко [и др.] // *Агробиология*. – 1994. – № 1. – С. 51–63.

253. Мирошниченко Л.А. Зерновой амарант на воронежских черноземах / Л.А. Мирошниченко, С.В. Кадыров, В.И. Стребков // *Интродукция нетрадиционных и редких растений : материалы V междунар. науч.-практ. конф. – Персиановский, 2004. – Т. 3. – С. 33–35.*

254. Мирюта О.К. Влияние инбридинга и кроссбридинга на характер оплодотворения у озимой мягкой пшеницы / О.К. Мирюта, А.А. Корчинский // *С.-х. биология*. – 1976. – Т. XI. – № 3. – С. 354–359.

255. Мойсеєнко В.І. Вплив доз добрив та норм висіву насіння на урожайність амаранта волотистого при різних способах сівби в Лісостепу України / В.І. Мойсеєнко, Г.М. Виниченко, О.В. Ткаченко // *Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 59–60.*

256. Молекулярно-генетические подходы в селекции растений / В.Н. Попов, Я.Ф. Парий, И.А. Бернадская [и др.] // *Генетичні ресурси рослин і селекція : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 125-річчю М.І. Вавилова та 75-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва ХНАУ ім. В.В. Докучаєва (Харків, 29–30 листопада, 2012 р.). – Харків, 2012. – С. 204–208.*

257. Молостов А.С. Методика полевого опыта / А.С. Молостов. – Москва: Колос, 1966. – 235 с.

258. Моргун В.В. Экспериментальные мутации у кукурузы / В.В. Моргун. – Киев: Наук. думка, 1973. – 154 с.

259. Моргун В.В. Мутационная селекция пшеницы / В.В. Моргун, В.Ф. Логвиненко; НАН Украины, Ин-т физиологии растений и генетики. – Киев: Наук. думка, 1995. – 627 с. – ISBN 5-12-004656-8.

260. Морозова В.І. Амарант – цінна високоврожайна кормова культура / В.І. Морозова, Г.Ю. Борух, А.С. Харчук // *Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 25.*

261. Морфологические показатели скороспелости видов р. *Amaranthus* L. / А.А. Буренина, С.И. Михайлова, Н.В. Сотникова [и др.] // *Вестн. Томск. гос-го ун-та. – 2007. – № 298. – С. 211–212.*



262. Мосякін С.Л. Огляд роду *Amaranthus* L. (*Amaranthaceae*) в Україні / С.Л. Мосякін // Укр. ботан. журн. – 1995. – Т. 52, № 2. – С. 65–74.

263. Муравьева А.С. Особенности водного режима растений тропического происхождения амаранта багряного, интродуцированного в Ботсаду Казанского университета / А.С. Муравьева, И.Ф. Иванова // Проблемы использования, воспроизводства и охрана лесных ресурсов. – Йошкар-Ола, 1989. – С. 83.

264. Муравьева А.С. Особенности водного режима, газообмена и мезоструктуры амаранта багряного в условиях Татарии / А.С. Муравьева, И.Ф. Иванова // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 143–154. – (Казанск. ун-т).

265. Муравьева А.С. Особенности минерального питания амаранта багряного, выращенного в регионе Среднего Поволжья в популяции разной плотности / А.С. Муравьева, А.В. Жаринова, О.А. Воскресенская // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 135–136.

266. Мухина Ж.М. Молекулярные маркеры и их использование в селекционно-генетических исследованиях [Электронный ресурс] / Ж.М. Мухина, Е.В. Дубина // Науч. журн. КубГАУ. – 2011. – № 66 (02). – Режим доступа : [http://rus.neicon.ru:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/183/76\\_40.pdf?sequence=1](http://rus.neicon.ru:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/183/76_40.pdf?sequence=1).

267. Надежкин С.Н. Реакция амаранта метельчатого на способы возделывания в условиях Башкортостана / С.Н. Надежкин, П.А. Бекзаев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушкино, 1997. – С. 118–119.

268. Назинцева Е.А. Применение белковосодержащих добавок из растительного сырья в технологии хлеба: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / Е.А. Назинцева. – Воронеж, 1997. – 26 с.

269. Нанева Д. Установеване на оптималното междуредово разстояние в посевната норма при щир, отглеждан за фураж и семена / Д. Нанева // Растен. науки. – 1988. – Т. 25. – № 2. – С. 40–44.

270. Настинова Г.Э. Опыт возделывания амаранта в Калмыкии / Г.Э. Настинова, И.М. Магомедов // Калмыцкий УНТИ. – Элиста, 1988. – № 16-88. – 4 с.

271. Настинова Г.Э. Механизмы эдафической адаптации амаранта к аридным условиям и перспективы использования его в поликультуре / Г.Э. Настинова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 87–89.

272. Наумов Г.Ф. Основные направления научных исследований по селекции и семеноводству в Харьковском сельскохозяйственном институте / Г.Ф. Наумов // Тр. Харьк. с.-х. ин-та. – Харьков, 1978. – Т. 253. – С. 3–8.

273. Нигматуллин А.М. Некоторые физиологические особенности роста и развития амаранта метельчатого в связи с известкованием / А.М. Нигматуллин, Д.Р. Аскарлова, Ж.А. Шарипова // Изучение и оптимизация агроэкосистем в целях повышения их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 15. – (Казанск. ун-т).

274. Никитин Д.Б. Влияние различных форм минерального азота на продуктивность амаранта / Д.Б. Никитин // Изучение и оптимизация агроэкосистем в целях повышения их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 13–14. – (Казанск. ун-т).

275. Никитишен В.И. Взаимосвязь азотного и фосфорного питания растений / В.И. Никитишен, А.К. Дмитрикова, А.В. Заторин // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 6. – С. 44–48.

276. Николаев Е.В. Разработка технологии возделывания амаранта на юге Украины / Е.В. Николаев, Л.А. Саплева // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 30–32.

277. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора. – Москва: Изд.-во АН СССР, 1961. – 136 с.

278. Нуриева З.В. Развитие корневой системы амаранта багряного при обработке семян азотобактером / З.В. Нуриева, В.Г. Бикмурзина, Г.У. Ожиганова // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 25–27.

279. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / за ред. В.П. Омелюти. – Київ: Урожай, 1986. – 293 с.

280. Оболенцева Г.В. Влияние некоторых флавоноидных соединений на образование язв желудка у крыс / Г.В. Оболенцева, Л.И. Хаджай // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1966. – № 9. – С. 88–89.

281. Ожиганова Г.У. Влияние инокуляции семян амаранта различными микроорганизмами / Г.У. Ожиганова // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 154–160. – (Казанск. ун-т).

282. Ожиганова Г.У. Характеристика микроорганизмов ризосферы амаранта и влияние на них минеральных удобрений / Г.У. Ожиганова, И.А. Дегтярева // Изучение и оптимизация агроэкосистем в целях повышения их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 18–19. – (Казанск. ун-т).

283. Ожиганова Г.У. Экология возделывания растений рода *Amaranthus* L. в условиях Среднего Поволжья / Г.У. Ожиганова, И.А. Дегтярева, И.А. Чернов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 111–113.

284. Определение качества семян новых кормовых культур: метод. указания / сост. П.Д. Шапоренко. – Харьков, 1985. – 36 с

285. Определитель высших растений Украины / под ред. Ю.Н. Покудина. – Киев: Наук. думка, 1987. – 548 с.

286. Орав Т.А. Радиационный мутагенез и модифицирующие его условия / Т.А. Орав. – Таллин: Валгус, 1972. – 215 с.

287. Пакудин В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // С.-х. биология. – 1984. – № 4. – С. 109–113.

288. Панкова С.Н. Фонофорез амарантового масла при лечении некоторых заболеваний слизистой оболочки полости рта / С.Н. Панкова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16-20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 152–153.

289. Партас Е.К. Некоторые результаты генетического изучения амаранта / Е.К. Партас // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 90.

290. Пат. 2080360 Российская Федерация. Способ получения масла из семян амаранта / А.М. Макеев, И.С. Суровцев, М.М. Левачев [и др.]. – Заявл. 22.12.1994; опубл. 27.05.1997.

291. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева – Москва: Агропромиздат, 1988. – 255 с.

292. Писковец В.В. Разработка технологии мучных кондитерских изделий с применением амарантовой муки: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / В.В. Писковец. – Москва, 1995. – 25 с.

293. Племенкова С.Ф. Технология выделения листового протеина из амаранта и его биохимические свойства / С.Ф. Племенкова, Р.Н. Горбунова // Перша всеукр. наук.–практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 62.

294. Победнов Ю.А. Бактерицидные свойства растений амаранта и их роль при силосовании / Ю.А. Победнов, С.Х. Евтисова, М.Г. Пшиченко // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушино, 1997. – С. 129–131.

295. Погода и урожай / пер. с чеш. и предис. З.К. Благовещенской. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 332 с.

296. Поддубная-Арнольди В.А. Характеристика семейства покрытосеменных растений по цитозембриологическим признакам / В.А. Поддубная-Арнольди. – Москва: 1982. – 350 с.

297. Покращення якості кукурудзяного силосу / О.С. Сорокін, В.І. Гноєвий, З.М. Познякова [та ін.] // Наук.-техн. бюл. ІТ УААН. – Харків, 2000. – № 77. – С. 91–94.

298. Полуэктов П.С. Методы анализа и фотометрии пламени / П.С. Полуэктов. – Москва: Химия, 1967. – 243 с.

299. Попков Н.С. Продуктивность травостоев и баланс питательных веществ / Н.С. Попков // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – № 6. – С. 26–30.

300. Попов В.М. Використання молекулярно-генетичних маркерів в генетико-селекційних дослідженнях соняшнику: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.15 «Генетика» / В.М. Попов – Київ, 2002. – 19 с.

301. Попов В.П. Физико-географическое районирование Украинской ССР / В.П. Попов, А.М. Маринич, А.И. Ланько. – Киев: Изд.-во. Киев. у-та, 1968. – 683 с.

302. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. – Киев: Наук. думка, 1976. – 333 с.

303. Пресняков С.В. Особенности выращивания сахарного сорго в совместных посевах с амарантом в северной степи Украины / С.В. Пресняков // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по

проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 50–51.

304. Проблемы естественного и приобретенного иммунитета растений. К развитию идей Н.И. Вавилова / В.А. Пухальский, Т.И. Одинцова, Л.И. Извекова [и др.] // Вестн. ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 3/4. – С. 631–649.

305. Прокопенко Л.С. Изменчивость протеина и «сырого жира» в семенах амранта зернового направления / Л.С. Прокопенко, В.Д. Бугаев, Р.В. Олоничева // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 93–94

306. Прокопенко Л.С. О возможности использования амаранта для производства листовой муки с повышенным содержанием пртеина / Л.С. Прокопенко // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушино, 1997. – С. 133–135.

307. Прокофьев А.Б. Рост и развитие *Amaranthus cruentus* L. (Амаранта багряного) при его интродукции в ТАССР / А.Б. Прокофьев // Агрофитоценозы и экол. пути их стабильности и продуктивности : тез. Всесоюз. совещ. – Ижевск, 1988. – С. 145–146.

308. Прокофьев А.Б. Морфологические особенности *Amaranthus cruentus* при различной густоте посева / А.Б. Прокофьев, Г.Н. Борисова // Изучение и оптимизация агроэкосистем в целях повышения их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 78. – (Казанск. ун-т).

309. Прокофьев А.Б. Особенности фенологии разных видов амаранта в онтогенезе / А.Б. Прокофьев, И.А. Чернов // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 11–12.

310. Прокошев В.В. Агрохимия калийных удобрений : автореф. дис. на соискание учен. степени доктора биол. наук / В.В. Прокошев. – Москва: НЧУИФ, 1984. – 20 с.

311. Пундик В.П. Використання зерна амаранта в пристартерному комбікормі для поросят-сисунків / В.П. Пундик, З.О. Царик // Перша всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 78–79.

312. Ражевский Н.И. Теоретическая и математическая биология / Н.И. Ражевский. – Москва, 1968. – С. 118–121.

313. Райдер К. Изоферменты [монография] / К. Райдер,

- К. Тейлор; пер. с англ. М.Д. Гроздовая. – Москва: Мир, 1983. – 106 с.
314. Рахманинулова З.Ф. Влияние разных видов стресса у *Amaranthus retroflexus* L. / З.Ф. Рахманинулова, Г.Х. Муклеинова, И.Ю. Усманов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С 403–405.
315. Рахметов Д.Б. Кормовые мальвы в агрофитоценозах Лесостепи Украины: интродукция, биология, сорта, возделывание / Д.Б. Рахметов. – Киев: Фитосоциоцентр, 2000. – 287 с.
316. Реєстр сортів рослин України на 2000 рік. – Ч. 2.
317. Рекомендації з технології вирощування амаранта в умовах Лісостепу України / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, В.І. Гноєвий, Л.В. Подоба. – Харків, 1995. – 14 с.
318. Рекомендации по возделыванию амаранта в условиях Лесостепи УССР / Г.Ф. Наумов, П.Д. Шапоренко, Т.И. Гопций [и др.]. – Харьков, 1991. – 12 с.
319. Реформування сільського господарства в Україні: широке поле / за ред. Ш. фон Крамона-Таубаделя та Л. Штріве. – Київ: Фенікс, 1999. – 191 с.
320. Решетов Г.Г. Перспективы возделывания амаранта в смешанных посевах / Г.Г. Решетов, В.К. Полянин, А.И. Максимова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 145–146.
321. Ройченко Л.Г. Економічна ефективність вирощування амаранта в Україні / Л.Г. Ройченко // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 88–89.
322. Ротару Е.А. Влияние микроэлементов на продуктивность амаранта / Е.А. Ротару, С.И. Тома // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработке нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 138.
323. Рудик О.И. Агрэкологические особенности выращивания амаранта в условиях Закарпатской области / О.И. Рудик, В.А. Ходак // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 14–15.
324. Рудишин В.К. Ріст та розвиток рслин амаранта волотистого залежно від строку посіву / В.К. Рудишин, В.П. Дерев'янський, В.Г. Молдован // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по

проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 49–50.

325. Рудишин В.К. Способи посіву амаранта волотистого / В.К. Рудишин // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 48.

326. Руководство по анализам кормов. – Москва: Колос, 1982.

327. Сабинин Д.А. Физиология развития растений / Д.А. Сабинин. – Москва: Наука. – 1963. – 196 с.

328. Салахова Г.Б. Развитие зародыша, эндосперма и семенной кожуры у *Amaranthus cruentus* (*Amaranthaceae*) в условиях интродукции / Г.Б. Салахова, О.Г. Иванова, И.А. Чернов // Ботан. журн. – 1992. – Т. 77. – № 3. – С. 32–37.

329. Салахова Г.Б. Эмбриология и антокология *Amaranthus mantegazzianus* (*Amarantaceae*) / Г.Б. Салахова, О.Г. Иванова, И.А. Чернов // Ботан. журн. – 1994. – Т. 79, № 10. – С. 36–46.

330. Салова Т.М. Дополнительный источник кормов / Т.М. Салова // Земля родная. – 1970. – № 6. – С. 30–31.

331. Сандмурадов Ш.Д. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков и содержание пролина у амаранта и сорго при межвидовой конкуренции / Ш.Д. Сандмурадов, М.М. Якубова, Л.Е. Автомонова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушино, 1997. – С. 70.

332. Саратовський В.В. Вирощування та застосування амаранта на Прикарпатті [Електронний ресурс] / В.В. Саратовський // Наук. вісн. УДЛУ. – 2004. – Вип. 14 (8). – С. 307–312. – Режим доступу: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/chem\\_biol/nvnltu/14\\_8/307\\_Saratowskyj\\_14\\_8.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/14_8/307_Saratowskyj_14_8.pdf).

333. Семенова Н. Амарант – новая кормовая культура / Н. Семенова, А. Федорова, З. Цыпуштанова // Урал. нивы. – 1988. – № 5. – С. 18.

334. Сиволап Ю.М. Идентификация и паспортизация сортов мягкой пшеницы методами RAPD- и SSRP-анализа / Ю.М. Сиволап, Е.А. Топчиева, С.В. Чеботарь // Генетика. – 2000. – Т. 36, № 1. – С. 44–51.

335. Сиволап Ю.М. Ідентифікація і маркування геному соняшнику / Ю.М. Сиволап, А.Є. Солоденко // Вісн. аграр. науки. – 2010. – № 11. – С. 38–40.

336. Сидоренко В.Г. Амарант – ценный компонент смешанных высокопродуктивных кормовых агроценозов силосного режима в Ростовской области / В.Г. Сидоренко, Г.Я. Волчкова, В.В. Сухомлинова // Изучение и оптимизация агроэкосистем в целях повышение их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 16–18. – (Казанск. ун-т).

337. Силаева А.М. Структура хлоропластов и факторы среды / А.М. Силаева. – Киев: Наук. думка, 1978. – 202 с.

338. Сімакова О.О. Розробка технології виробів з дріжджового тіста з використанням амаранта багряного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / О.О. Сімакова. – Харків, 1998. – 21 с.

339. Синельникова В.И. Определение солеустойчивости амаранта по прорастанию семян в солевых растворах / В.И. Синельникова, И.А. Косарева, М.М. Гиренко. – Ленинград: ВИР, 1989. – 14 с.

340. Скорик І.Я. Оцінка за якістю зерна вихідного матеріалу озимої пшениці, одержаного методом хімічного мутагенезу [Текст] : дис. на здобуття аукового супеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво» / І.Я. Скорик; Білоцерків.держ. аграр. ун-т. – Київ, 1998. – 172 с.

341. Скрипка Е.Л. Прорастание семян амаранта в результате воздействия низких температур / Е.Л. Скрипка // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 95–96.

342. Скрипка О.Л. Морфологічна характеристика насіння сортів амаранта селекції УБС НАН України / О.Л. Скрипка, І.К. Кудренко // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 25–27.

343. Слонов Л.Х. Эколого-физиологические особенности интродуцирования образцов амаранта / Л.Х. Слонов, Л.Х. Шугушева // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1998. – С. 238.

344. Смирнов А.В. Мир растений: Рассказы о культурных растениях / А.В. Смирнов. – Москва, 1988. – 303 с.

345. Созінов О.О. Магістральні шляхи стабілізації і розвитку рослинництва в Україні на початку ХХІ століття / О.О. Созінов //



Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва. – Харків, 1999. – С. 3.

346. Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А.А. Созинов. – Москва: Наука, 1985. – 272 с.

347. Соколенко В.Л. Загальна цитологія : конспект лекцій / В.Л. Соколенко. – Черкаси: Черкас. нац. ун-т ім. Б.Хмельницького, 2010. – 56 с.

348. Соколовская О.Ф. Питательность вегетативной массы амаранта метельчатого / О.Ф. Соколовская, Н.Ф. Юрченко, Л.С. Прокопенко // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 18–19.

349. Соловьева А.Е. Биохимические свойства овощных амарантов / А.Е. Соловьева, О.А. Зверева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 24–25.

350. Солодова Е.А. Разработка технологии получения изолята белка из листостебельной биомассы амаранта / Е.А. Солодова, В.В. Палабутин // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 136–137.

351. Солодова Е.А. Фракционный состав белков из листьев амаранта / Е.А. Солодова, В.К. Гинс, П.Ф. Кононков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 25–27.

352. Солодюк Н.В. Ефективність індукованого хімічного мутагенезу та рекомбіногенезу в селекції жовтого і білого люпину: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 06.00.05 «Селекція і насінництво» / Н.В. Солодюк; УААН, Ін-т землеробства. – Київ, 1996. – 45 с.

353. Солоненко Л.П. Химический состав растений различных видов амаранта в условиях Западной Сибири / Л.П. Солоненко, Н.Б. Железнова, А.В. Железнов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 28–30.

354. Сорт амаранта Ультра: а.с. 757 Україна / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, Г.І. Кіптенко, Н.Є. Жулай. – № 93099003; заявл. 30.11.93 р.; зареєстр. в Реєстрі сортів рослин України у 1998 р.

355. Сорт амаранта Надія : а.с. 1066 Україна / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков. – № 97099002; заявл. 27.02.97 р.; зареєстр. в Реєстрі сортів рослин України у 2000 р.

356. Сорт амаранта Роганський: а.с. 1311 Україна / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко. – № 98099001; заявл. 12.01.98 р.; зареєстр. в Реєстрі сортів рослин України у 2001 р.

357. Сорт амаранта Харківський 1: а.с. 1474 Україна / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, Н.І. Горбенко. – № 97099001; заявл. 28.02.97 р.; зареєстр. в Реєстрі сортів рослин України у 2001 р.

358. Сорт амаранта Вогняна кулька: а.с. 1645 Україна / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко. – № 00393001; заявл. 21.12.2000 р.; зареєстр. в Реєстрі сортів рослин України у 2002 р.

359. Сорт щиріці Лера: а.с. 03156 Україна / Т.І. Гопцій, І.Р. Тимошенко, В.І. Тимошенко, М.Ф. Воронков, О.М. Криворученко. – № 02099002.

360. Сорт щиріці Сем: а.с. 03157 Україна / Т.І. Гопцій, О.М. Криворученко, М.Ф. Воронков. – № 02099001.

361. Соснина Н.А. О строении пектиновых веществ растений рода *Amaranthus cruentus* / Н.А. Соснина, К.М. Еникеев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушино, 1997. – С. 17–18.

362. Спосіб отримання тимчасових давлених препаратів з корінців амаранта: пат. 35223 А Україна, А 01Н1/04 / Т.І. Гопцій, М.Ф. Воронков, Н.І. Криворученко, О.М. Криворученко. – № 99094964; заявл. 07.09.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2.

363. Спосіб підвищення активності мітозу у амаранта: пат. 34097 А Україна, А 01Н1/04 / Т.І. Гопцій, Н.І. Криворученко, О.М. Криворученко. – № 99063026; заявл. 02.06.1999; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1.

364. Стратула О.Р. Аллельные характеристики гена  $\beta$ -амилазы сортов ячменя Украины / О.Р. Стратула, Ю.М. Сиволап // Цитология и генетика. – 2007. – № 4. – С. 20–25.

365. Строков А.Е. Изменение некоторых агрофизических и агрохимических свойств дерново-среднеподзолистой почвы под воздействием различных способов ее обработки при возделывании амаранта багряного / А.Е. Строков, Н.И. Домрачев // Изучение и оптимизация агроэкосистем в условиях повышения их

продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 20–25. – (Казанск. ун-т).

366. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур / И.Г. Строна. – Москва: Колос, 1966. – 464 с.

367. Сулимова Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения / Г.Е. Сулимова // Успехи современной биологии. – 2004. – Т.124, № 3. – С. 260–271.

368. Тарасова И.Н. Особенности выращивания различных видов амаранта в условиях лесостепи ЦЧР / И.Н. Тарасова // Актуальные проблемы реализации аграрной политикт в Центральном-Черноземном регионе: сборн. науч. трудов. – Елец : изд-во ЕГУ им. И.А. Бунина, 2008. – С. 256–258.

369. Тарчевский И.А. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы / И.А. Тарчевский, Ю.Е. Андрианова // Физиология растений. – 1980. – Т. 27. – Вып. 2. – С. 341–348.

370. Терещенко Г. Есть такой резерв белка / Г. Терещенко, С. Ступников, А. Подколзин // Сел. зори. – 1989. – № 3. – С. 40.

371. Терновская Т.К. Хромосомная локализация главных генов количественных признаков (QTL) пшеницы с использованием генов-маркеров D-хромосомы / Т.К. Терновская // Цитология и генетика. – 2000. – Т. 34, № 2. – С. 16–23.

372. Тетерина Е.Н. Предварительное изучение продуктивности амаранта метельчатого в богарных условиях юга Украины / Е.Н. Тетерина // Кормовые растительные ресурсы – фактор НТП в кормопроизводстве. – Киев, 1989. – С. 51.

373. Тимонин А.К. Анатомия вегетативных листьев некоторых видов рода *Amaranthus* L. Развитие / А.К. Тимонин // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – Москва, 1984. – Т. 89. – Вып. 2. – С. 82–88.

374. Тимонин А.К. Атипичное строение устьичного аппарата стеблей некоторых видов *Amaranthus* L. / А.К. Тимонин, Л.И. Лотова // Науч. докл. высш. школы биол. науки. – 1982. – № 9. – С. 75–79.

375. Тимонин А.К. О строении устьичного аппарата некоторых представителей семейства *Amarantacea* L. / А.К. Тимонин // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – Москва, 1985. – Т. 90. – Вып. 3. – С. 84–89.

376. Тимонин А.К. Строение первичной проводящей системы стебля некоторых видов *Amaranthus* L. / А.К. Тимонин // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. – 1984. – № 2. – С. 19–23.

377. Тимонин А.К. Строение устьичных аппаратов вегетативных органов некоторых видов *Amaranthus* L. / А.К. Тимонин // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. – 1984. – № 2. – С. 9–13.

378. Тимонин А.К. Типичное строение устьичного аппарата стеблей некоторых видов *Amaranthus* L. / А.К. Тимонин, Л.И. Лотова // Науч. докл. высш. школы биол. науки. – 1982. – № 1. – С. 69–75.

379. Тихонов А.В. Получение и применение амарантового масла и сквалена из семян амаранта / А.В. Тихонов, А.П. Анисимов // Биотехнология получения кормового белка, экологически чистых препаратов, повышающих урожайность, премиксов, ферментов и витаминов кормового назначения : тез. докл. междунар. конф. – Днепропетровск, 1995.

380. Тищенко Н.Н. Некоторые физиолого-биохимические характеристики углеродного и азотного метаболизма на свету у представителей рода *Amaranthus* / Н.Н. Тищенко, Д.Б. Никитин, Л.Н. Кучаева // Вестн. ЛГУ. Сер. 3. – 1989. – Вып. 3. – С. 70.

381. Ткачук Е.С. Изменение активности фотосинтетического аппарата при адаптации растений к водному дефициту / Е.С. Ткачук // Физиолого-биохимические и экологические аспекты устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды. – Иркутск, 1977. – С. 146–151.

382. Тома С.И. Влияние различных форм азота на качество и урожайность амаранта в процессе онтогенетического развития / С.И. Тома, Е.А. Ротару, А.И. Ротарь // Материалы 3-й междунар. конф. по селекции, технологии возделывания и переработки нетрадиционных растений. – Симферополь, 1994. – С. 139.

383. Томмэ М.Ф. Переваримость кормов / М.Ф. Томмэ. – Москва: Колос, 1970. – 450 с.

384. Турцева Н.В. Исследование динамики накопления пигментов у амаранта багряного при разной плотности посева / Н.В. Турцева, И.Г. Шамова // Изучение и оптимизация агроэкосистем в условиях повышения их продуктивности и устойчивости. – Казань, 1989. – С. 9–10. – (Казанск. ун-т).

385. Урманцев Ю.А. Специфика пространственных и временных отношений в живой природе / Ю.А. Урманцев // Пространство, движение, время. – Москва: Наука, 1971. – С. 215–241.

386. Условия проращивания семян новых полевых растений : метод. указания / под. ред. Н.Г. Хорошайлова; ВАСХНИЛ; ВИР. – Ленинград, 1979. – 47 с.

387. Утеуш Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю.А. Утеуш. – Киев: Урожай, 1991. – 192 с.

388. Федосеева Г.П. Амарант хвостатый: систематика, рост и развитие, физиолого-биохимические особенности, хозяйственная ценность / Г.П. Федосеева // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушкино, 1997. – С. 167–169.

389. Фисун М.Н. Амарант на пойменных почвах / М.Н. Фисун, С.В. Гринько // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 5–6.

390. Фисун М.Н. Использование амаранта в полевом кормопроизводстве / М.Н. Фисун, С.В. Гринько, Р. Куньжев // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 56–60. – (Казанск. ун-т).

391. Фицев А.И. Эффективность использования пасты из амаранта в рационах цыплят-бройлеров / А.И. Фицев, И.В. Малиевская // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их промышленного использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пушкино, 1997. – С. 144–145.

392. Франс Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х.М. Торнли. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 389 с.

393. Фуклер М.Ф. Потребность свиней в протеине / М.Ф. Фуклер, А.П. Чемберлен // Новейшие достижения в исследовании питания животных. – Москва: Агропромиздат, 1985. – Вып. 4. – С. 214–228.

394. Хайбулина Л.Н. О выборе форм азотных удобрений при возделывании амаранта на основных типах почв ТССР / Л.Н. Хайбулина, З.З. Кадырова // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 177–184. – (Казанск. ун-та).

395. Хайбулина Л.Н. Эффективность азотных удобрений при возделывании амаранта багряного в условиях республики Татарстан / Л.Н. Хайбулина // Амарант: агроэкология, переработка, использование. – Казань, 1991. – С. 29–30.

396. Халаімов Ю.М. Сумісні посіви амаранта з кукурудзою / Ю.М. Халаімов, Н.П. Халаімова // Матеріали Першої всеукр. наук.-

практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 55–56.

397. Хвостова В.В. Современное состояние исследований по экспериментальному получению и практическому использованию мутаций у сельскохозяйственных растений / В.В. Хвостова // Генетические основы селекции растений. – Москва: Наука, 1971. – С. 224–255.

398. Хируг С.С. Витаминно-травяная мука из амаранта – высокоэффективный корм для кур-несушек / С.С. Хируг, А.Б. Вышталюк // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования : материалы второго междунар. симпозиума (Пушино, 16–20 июня, 1997 г.). – Пушино, 1997. – С. 182–184.

399. Хлёткина Е.К. SNP-маркеры: методы анализа, способы разработки и сравнительная характеристика на примере мягкой пшеницы / Е.К. Хлёткина, Е.А. Салина // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 725–736.

400. Хомин М.М. Насіння амаранта – цінний компонент у раціоні молодняка гусей / М.М. Хомин, З.О. Царик, В.В. Гуменюк // Матеріали Першої всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 79–80.

401. Хохлачов В.В. Хліб на день прийдешній : секрет амаранта / В.В. Хохлачов // Вісн. АН України. – 1992. – № 2. – С. 16–22.

402. Царик З.А. Амарант – ценное лекарственное растение / З.А. Царик // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1998. – С. 157.

403. Царик З.А. Перспективы использования зерна амаранта в производстве мясных изделий / З.А. Царик // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1998. – С. 666.

404. Цінність насіння амаранта селекції Харківського аграрного національного університету при використанні на продовольчі та кормові цілі / В.І. Гноєвий, О.М. Білокопитов, Т.І. Гопцій [та ін.] // Наук.-техн. бюл. ін-ту тваринництва. – Харків, 2003. – Вип. 83. – С. 38–43.

405. Чернов И.А. Амарант – фабрика белка / И.А. Чернов, Б.Я. Земляной. – Казань, 1991. – 90 с.

406. Чернов И.А. Глубокая комплексная переработка фитомассы амаранта как основа получения широкого спектра продуктов / И.А. Чернов, П.В. Михеев, Г.А. Гасимова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IV междунар. симпозиума. – Москва: Изд.-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1. – С. 121–123.

407. Чернов И.А. Особенности развития корневой системы амарантовых / И.А. Чернов, Г.В. Демина, О.Р. Иванова // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 74.

408. Чернов И.А. Феномен ассоциативной азотфиксации у растений рода *Amaranthus* / И.А. Чернов, Г.У. Ожиганова, И.А. Дегтярева // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 36.

409. Чернов И.А. Физиологические обоснования технологии возделывания амаранта в Среднем Поволжье / И.А. Чернов, Ю.А. Куликов // Матеріали першої всеукр. наук.-практ. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 54–55.

410. Чернышова С.В. Устойчивость амаранта к неблагоприятным факторам среды на ранних этапах развития растений / С.В. Чернышова, И.А. Косарева // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 135–142. – (Казанск. ун-т).

411. Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века / Т.В. Чиркова // Соросовский образоват. журн. – Москва, 1999. – № 10 (47). – С. 22 – 27.

412. Чубенко А.В. Кормовая культура амарант для засушливого юга Украины / А.В. Чубенко, В.П. Головин // Возделывание и использование амаранта в СССР. – Казань, 1991. – С. 60–67. – (Казанск. ун-т).

413. Шамрай Л.А. Коэффициенты использования элементов питания; и применения их для расчета доз удобрений / Л.А. Шамрай, И.Ф. Храмцов // Агрехимия. – 1990. – №2. – С. 41–53.

414. Шапкина Г.С. Возделывание амаранта на кормовые цели / Г.С. Шапкина // Обзор информ. ВАСХНИЛ, ВНИИ инф. и техн.-экон. исслед. агропром. комплекса. – Москва, 1991 – Сер. 2, № 5. – С. 19–25.

415. Шапоренко П.Д. Биологические основы семеноводства и семеноведения перспективных кормовых культур / П.Д. Шапоренко. – Киев: УСХА, 1992. – 229 с.

416. Шапоренко П.Д. Рекомендации и методика апробации сортовых посевов нетрадиционных кормовых культур / П.Д. Шапоренко, Г.Ф. Наумов, Т.И. Гопций. – Харьков, 1991. – 24 с.

417. Шарыпина Я.Ю. Полиморфизм и генетический контроль некоторых ферментных систем у мутантных линий подсолнечника / Я.Ю. Шарыпина, В.Н. Попов, В.В. Кириченко // Цитология и генетика. – 2006. – Т. 40, № 2. – С. 27–33.

418. Швайківський Б.Я. Викиристання зерна амаранта в раціоні курчат-бройлерів / Б.Я. Швайківський, З.О. Царик // Матеріали першої всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С. 81.

419. Шевченко Е.Н. Возделывание амаранта без орошения на черноземных почвах Саратовского Правобережья / Е.Н. Шевченко // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы второго междунар. симпозиума. – Пущино, 1997. – С. 149.

420. Шелест В.К. Норма висіву насіння, ширина міжрядь та чутливість до зрошення амаранта волотистого в Центральному Лісостепу / В.К. Шелест, І.Ф. Підпалій, І.В. Бернадський // Матеріали першої всеукр. конф. по проблемі вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі. – Вінниця, 1995. – С.40–41.

421. Шкварников П.К. Активность и специфика действия некоторых химмутагенов на озимую пшеницу / Шкварников П.К. // Генетика и селекция на Украине. – Киев: Наук. думка, 1971. – Ч. 1. – С. 55–57 .

422. Шкварников П.К. Экспериментальные мутации у пшеницы / П.К. Шкварников. – Киев: Наук. думка, 1973. – 139 с.

423. Шлыков Г.Н. Интродукция и акклиматизация растений / Г.Н. Шлыков. – Москва: Изд.-во с.-х. лит., журналов и плакатов, 1963. – 487 с.

424. Шмалько Н.А. Перспективы использования вторичных продуктов комплексной переработки семян амаранта в хлебопечении / Н.А. Шмалько, Л.К. Бочкова, Ю.Ф. Росляков // Хранение и переработка зерна. – 2004. – № 1(55). – С. 47–48.



425. Шумилова А.А. О содержании нитратов в листьях *Amaranthus edulis* L. / А.А. Шумилова // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. – Симферополь, 1997. – Гл. 3–5. – С. 368.

426. Электрофорез белков семян в сортовой идентификации овощных культур / И.П. Гаврилюк, Н.К. Губарева, Е.В. Смирнова, В.И. Пыженков // Аграр. Россия. – 2005. – № 2. – С. 13–16.

427. Юдина Р.С. Изучение структуры популяций амаранта (*Amaranthus* L.) по изоферментным локусам / Р.С. Юдина, С.С. Ибрагимова, Н.Б. Железнова // Вестн. ВОГиС. – 2008. – Т. 12, № 3. – С. 385–391.

428. Якість амарантового силосу та ефективність його використання у раціонах сільськогосподарських тварин / М.І. Карташов, В.І. Гноєвий, З.М. Познякова [та ін.] // Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. – Харків, 1999. – Вип. 5 (29). – Ч. 1. – С. 183–189.

429. Ярошевич М.И. Амарант – перспективная кормовая культура / М.И. Ярошевич, Б.Б. Клещукевич, С.Е. Лобан. – Минск: БелНИИНТИ, 1988. – 4 с.

430. Ярошевич М.И. Высокобелковая кормовая культура амарант / М.И. Ярошевич // Сел. хоз-во Белоруссии. – 1989. – № 4. – С. 11.

431. Яруллин Г.Н. Фитомасса амаранта как основа повышения протеиновой ценности пищевых продуктов / Г.Н. Яруллин // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг) : материалы 1-й междунар. науч.-практ. конф. (Москва–Сергиев-Посад, 23–27 сентября, 2002 г.). – Москва – Сергиев-Посад: Арес, 2002. – С. 265–269.

432. Abbot J.A. Sensory evaluation of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) / J.A. Abbot, T.A. Campbell // HortScience. – 1982. – V. 17. – P. 409–410.

433. Abdi N. Distribution of lysine in different legumes and some species of Amaranths seeds / N. Abdi, M.R. Sahib // Food Sci. Technol. – 1976. – V. 13. – P. 237–239.

434. Acar W. Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens / W. Acar, P. Vohra // Poultry Science. – 1988. – V. 67 (8). – P. 1166–1173.

435. Allen P. Die Amaranthaceen Mitteleuropas. Ergänzungen / P. Allen // Hauser Verlag. – Munchen, 1961. – № 2. – P. 461 – 535.

436. Altieri M.A. Chemical interactions between plants and *Trichogramma* wasp in soybean fields / M.A. Altieri // *Prot Ecol.* – 1981. – V. 3. – P. 259–263.

437. Altieri M.A. Effects of plant extracts on the rates of parasitization of *Anagasta kuehniella* (Zelner) eggs by *Trichogramma pretiosum* under greenhouse conditions *Entomophaga* / M.A. Altieri // *In press.* – 1983.

438. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop // *Natl. Acad. Sci., Washington DC*, 1985.

439. Amaranth oil ameliorates dexamethasone-induced glucose intolerance in aging rats / M. Gorshunska, N. Gorbenko, O. Ivanova, T. Gopczyy // *Diabetologia.* – 1998. – V. 41. – suppl. 1-P. – A 198, A. 774.

440. Aynilian G.H. Screening of herbaricum specimens of native plants from the families *Amaranthaceae*, *Dipsacaceae* and *Orobanchaceae* for alkaloid's, saponins and tannins / G.H. Aynilian, C.I. Abou-char, W. Edgecombe // *Planta Med.* – 1971. – V. 19. – P. 306–310.

441. Bachthaler G. Biologische, oekologische und pflanzenbauliche Einflüsse auf Entwickelung und verbreitung des Ackerunkrautes Rauhaariger Amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.) / G. Bachthaler, A. Ullsperger, H. Rees // *Nachrichtenbe. Deut Pflanzenschutzd.* – 1988. – V. 4, № 118. – P. 161–170.

442. Baltensperger D. Nebraska proso, sunflower and amaranth variety tests / D. Baltensperger, David and Frickel Glen. – 1990. – 12 p.

443. Baltensperger D.D. Amaranth grain production in Nebraska / D.D. Baltensperger, D.J. Lyon, L.A. Nelson // *NF 91–35. Univ.* – Nebraska–Lincoln, 1991.

444. Baltensperger D. Nebraska proso, sunflower and amaranth variety tests / D. Baltensperger, David and Frickel Glen. – 1991. – 13 p.

445. Becker R. A composition study of amaranth grain. J. / R. Becker, E.L. Wheeler, K. Lorenz [et. al] // *Food Sci.* – 1981. – V. 46. – P. 1175–1180.

446. Becker R. Preparation, composition and nutritional implications of amaranth seed oil. / R. Becker // *Cereal Foods World.* – 1989. – V. 34. – P. 950–953.

447. Betschart A.A. *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality / A.A. Betschart // *J. Food Sci.* – 1981. – V. 46. – P. 1181–1187.

448. Boutin A. Sur la presence d'une proportion considerable de nitre dans L' *Amaranthus blitum* / A. Boutin // *Comp. Rend.* – 1873. – V. 76. – P. 413–417.

449. Boutin A. Sur la presence d'une proportion considerable deux varieties d'*Amaranthus* / A. Boutin // *Compt. Rend.* – 1874. – V. 78. – P. 261–262.

450. Breene W.M. Food uses of grain amaranth / W.M. Breene // *Cereal Foods World.* – 1991. – V. 36. – P. 426–430.

451. Bressani R. The role of amaranth in the world market / R. Bressani // In *Proceedings of the Therd Amaranth Conference «Grain Amaranth: Expanding consumption through improved cropping, marketing and crop development»* (September 11–13, 1984, at the Rodale Research Center, Kutztown. Pennsylvania. Rodale Press Inc., Emmause, Pennsylvania, U. S. A.). – 1986. – V. A. – P. 93–102.

452. Bressani R. The proteins of grain amaranth / R. Bressani // *Food Rev. Int.* – 1989. – V. 5. – P. 13–38.

453. Bressani R. Grain amaranth. It's chemical composition and and nutritive valua. / R. Bressani // In: *Proc. Fourth Amaranth Symp.* – Minnesota, St Paul, 1990.

454. Broekaert W.F. Antimicrobial peptides from amaranthus – caudatus seeds with sequence homology to the cysteine/glycine – rich domain of chitin binding proteins / W.F. Broekaert, W. Marien, F.R.G. Terras // *Biochemistry.* – 1992. – V. 31, N17. – P. 4308–4314.

455. Brosset A. Sur quelques passages de Star. Bel. d'ou l'on peut conclure que e' *Amaranthus blitum* est cultire en circassie poar le nitre qu'il contient / A. Brosset, A. Boutin // *Compt. Rend.* – 1874. – V. 7. – P. 1274 .

456. Brostowicz A. Ocena mrozoodpornosci rodow i odmian pszenzyta / A. Brostowicz, W. Maskowiak, J. Szelag // *Biul. Inst. Hodowli Aklm. Rosl.* – 1988. – V. 1678. – P. 56–59.

457. Chairatanayuth P. Inclusion of amaranth crop residue in diets for cattle. Ruminant feeding systems utilizing fibrous agriculture residues / P. Chairatanayuth // 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.)*. – Canberra, Australia, 1986. – P.131–135.

458. Chan K.F. Genetic diversity and relationships detected by isozyme and RAPD analysis of crop and wild species of *Amaranthus* / K.F. Chan, M. Sun // *Theor. Appl. Genet.* – 1997. – № 95. – P. 865–873.

459. Chan K.F. Phylogenetic relationships and genetic diversity detected by RAPD and isozyme analysis of crop and weedy species of amaranthus [Electronic resource] / K.F. Chan // M. Phil. Thesis. – 1997. – Mode access: <http://hdl.handle.net/10722/32162>.

460. Characterization of microsatellite loci developed for *Amaranthus hypochondriacus* and their cross-amplifications in wild species / J.-R. Lee, G.-Y. Hong, A. Dixit [et. al] // *Conserv Genet.* – 2008. – V. 9. – P. 243–246.

461. Cheeke P.R. Feeding trials with Amaranthus grain, forage and leaf protein concentrates / P.R. Cheeke, J. Bronson // *Proc. Second Amaranth Conf.* Rodale Press. – Emmaus, PA., 1980.

462. Choi J.K. Inhibition of tobacco mosaic virus infection of by the crude sap extracted from Amaranthaceae plants / J.K. Choi, O.H. Jung // *Plant. prot.* – 1984. – V. 23. – P.137–141.

463. Connor J.K. Amaranthus edulis: an ancient food source re-examined / J.K. Connor, R.J.W. Gartner, R.M. Runge // *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry.* – 1980. – V. 20 (103). – P. 156–161.

464. Coons M.P. Status of *Amaranthus hybridus* L. in South America / M. P. Coons // *Ciencia y Naturaleza.* – 1977. – V. 18 (1). – P. 80–87.

465. Coons M.P. O genero Amaranthus em Minas geraes / M.P. Coons // *Experementiae.* – 1981. – V. 27. – P. 115–158.

466. Coper J.P. Photosynthesis and productivity in different enviroments / J.P. Coper. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1975. – 715 p.

467. Costea M. Some classical and less known potential forage species of the genus *Amaranthus* L. from central Europe – a key for their identification their most common synonymiy / M. Costea, N. Halmajan // «Zbornik radova», Sceska 26, Jugoslovenski simpozijum o krmnom bieju. – 1996. – V. 111. – P. 121–126.

468. Daloz C.R. Amaranth as a leaf vegetable : Horticultural observations in a temperature climate / C.R. Daloz // *Proc Amaranth conf.* 2nd. – 1980. – P. 68–73 .

469. Dastur J.F. Medicinal plants of India and Pakistan / J.F. Dastur, J. Fni. – 1985. – P. 18–26.

470. Debre F. Geneticke Zdroje laskavca-amaranthus L. / F. Debre // *Biologizacia rastlinnej vyroby* V. a VI. – Nitra, 1996. – P. 75–80.

471. Der Marderosian A.D. Nitrate and oxalate content of vegetable amaranth / A.D. Der Marderosian, S.Beutler, W. Pfendner // Rodale Research Report. – 1980. – N 4. – 25 p.

472. Desai S.P. Morphological and cytological studies on *Amaranthaceae* / S.P. Desai // Cytologia. – 1971. – V. 36. – P. 349–353.

473. Devadas R.P. Availability of iron and B-carotene from amaranth to children / R.P. Devadas, S. Saroja // Proc amaranthus conf. 2nd. – 1980. – P. 15–21.

474. Devadas R.P. Effects of supplementation of a ruralschool lunch programme with green leafy vegetables on the nutritional status of children / R.P. Devadas, P. Suchetha, K. Sundari // Indian J. Nutr Diet. – 1971. – V. 8. – P. 198–203.

475. Development and characterization of microsatellite markers for the grain amaranths / M.A. Mallory, R.V. Hall, A.R. McNabb [et. al] // Crop Science. – 2008. – V. 48, № 3. – P. 1098–1106.

476. Dogra J.V. Chemotaxonomy of *Amaranthaceae* Study of triterpenes / J.V. Dogra, O.P. Jha, A. Mishra // Plant Biochem. J. – 1977. – V.4. – P.14–18.

477. Dominquez X.A. A phytochemical study of eight Mexican plants / X.A. Dominquez, P. Rojas, V. Coleins // Econ. Bot. – 1960. – V. 44. – P. 157.

478. Duffy S.J. *Amaranthus* *guitensis* poisoning in cattle / S.J. Duffy, E.A. Leon, M.D. Gavier // Veterinaria Argentina. – 1985. – V. 2 (20). – P. 944–949.

479. Eberhart S.A. Stability parameters for comaning varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russel // Crop. Sci. – 1996. – V. 6, № 1. – P. 36–40.

480. Edwardson J.R. Some properties of the potato Y-group / J.R. Edwardson // Florida agr. Exp. Stat, Monog. – 1974a. – Ser. 4. – P. 398.

481. Edwardson J.R. Host Ranges of viruses in the PVY-group / J.R. Edwardson // Florida agr. Exp. Stat., Monog. – 1974b. – Ser. 5. – P. 1–225.

482. Edwardson J.R. Viruses Infecting forage legumes / J.R. Edwardson, R.G. Christie // Agr. Exp. Stat. Univ., Florida, Gainesville. – 1986a. – V. 1, №. 14. – P. 1–246.

483. Edwardson J.R. Virus Infecting forage legumes / J.R. Edwardson, R.G. Christie // Florida agr. Exp. Stat, Univ., Florida, Gainesville. – 1986b. – V. 1, № 14. – P. 247–502.

484. Edwardson J.R., Christie R.G. Virus infecting forage legumes / J.R. Edwardson, R.G. Christie // Florida agr. Exp. Stat. Univ., Florida, Gainesville. – 1986c. – V. 1, № 14. – P. 507–742.

485. Elias J. Food composition table for comparative nutrient composition of amaranth greens and seeds / J. Elias // Proc. Amaranth Conference. I st. – 1977. – P. 17–37.

486. Ezalia D.O. Nutrients, carotenoides and mineral compositions of the leaf vegetables *amaranthus viridis* L. and *A. caudatus* L. / D.O. Ezalia // Tropical Agriculture. – 1985. – V. 62 (2). – P. 95–96.

487. Faseela K.V. Molecular characterization of *amaranthus* landraces and assessment of interspecific relationships among *Amaranthus* spp. (L.) using RAPD markers / K.V. Faseela, J. Salikutty // Indian J. Genet. – 2007. – V. 67, № 1. – P. 12–17.

488. Fejer J. Vegetecn pozorovanie laskavca (*Amaranthus* L.) v roku 1995 / J. Fejer // Biologizacia rastlinnej výroby V a VI. – Nitra. – 1996. – S. 165–171.

489. Genetic variability studies in grain amaranth / H.C. Lohithaswa, T.E. Nagaraj, D. L. Savithramma, H.B. Hemaerddy // Mysore agric. Sci. – 1996. – V. 30. – P. 117–120.

490. Genome analysis of amaranth: Determination of inter- and intra-species variation / S.A. Ranade, A. Kumar, M. Goswamt [et. al] // Journal of Biosciences. – 1997. – V. 22, № 4. – P. 457–464.

491. Gilbert G. S. Nitrate accumulation in cultivated plants and weeds / G.S. Gilbert // Unig Wyo (Laramie) Agric. Exp. Stn. – 1946. – Bull. 277.

492. Gilbert L.C. Cooking characteristics and sensory quality of amaranth grain varieties / L.C. Gilbert, C.S. Kaufman // Report 81–36. Rodale Press. Inc: Emmaus. PA. – 1981. – 29 p.

493. Goering K.J. New starches 2. The properties of the starch chunks from *Amaranthus retroflexus* / K.J. Goering // Cereal chem. – 1967. – V. 44. – P. 245–252.

494. Goering K.J. New starches 6. The structure of the starch chunks from *Amaranthus retroflexus* / K.J. Goering // Staerke. – 1970. – V. 2. – P. 217–221.

495. Grain varieties of amaranth developed by selection at Kharkiv national agrarian university and the perspectives of their use / T. Goptsiy, N. Voroncov, V. Popov [et. al] // Amaranth – Plant of the Future: 5<sup>th</sup> International Symposium of the Duporean Amaranth Association. – 2008. – P. 97–100.

496. Grant F.W. Cytogenetic studies in amaranthus 1. Cytogenetical aspects of sex determination in dioecious species / F.W. Grant // *Canad J. Bot.* – 1959a. – V. 37 (3). – P. 413–417.

497. Grant F.W. Cytogenetic studies in amaranthus 2. Natural interspecific hybridization between *Amaranthus dubius* and *A. spinosus* / F.W. Grant // *Canad J. Bot.* – 1959b. – V. 37 (5). – P. 1063–1070.

498. Grant F.W. Cytogenetic studies in amaranthus 3. Chromosome numbers and phylogenetic aspects / F.W. Grant // *Canad. J. Genet. and Cytol.* – 1959c. – V. 1 (4). – P. 313–318.

499. Greizerstein E.J. Estudios atogeneticos de seis hybridos inter especificos de *Amaranthus (Amaranthaceae)* / E.J. Greizerstein, L. Poggio // *Darwiniana.* – 1992. – V. 311. – P. 159–165.

500. Greizerstein E.J. Karyological studies in grain amaranthus / E.J. Greizerstein, L. Poggio // *Cytologia.* – 1994. – V. 59 (1). – P. 25–30.

501. Greizerstein E.J. Meiotic studies of spontaneous hybrids of amaranthus: genome analysis / E.J. Greizerstein, L. Poggio // *Plant Breeding.* – 1995. – V. 114. – P. 448–450.

502. Grubben G.J.H. The cultivation of amaranth as a tropical leaf vegetable with special reference to South-Dahomey-Amsterdam / G.J.H. Grubben. – 1976. – 207 p.

503. Grubben G.J.H.. Genetic resources of amaranth: A global plan of action. AGP:IBPGR/80/2 / G.J.H. Grubben, van D.H. Sloten // *Int. Board for Plant Genet. Resources. FAO.* – Rome, Italy, 1981. – 57 p.

504. Gupta C. Comparison of the grain – amaranth species *A. cruentus* and *A. hypochondriacus* / C. Gupta, G. Dobos, R. Gretzmacher // *Symp. on breeding of oil and protein crops.* – 1996. – P. 289–292.

505. Habanova M. Agroklimaticke podmienky pre gzchadzanie Vybranych druhov laskavca (*Amaranthus* sp. L.) v roku 1995 / M. Habanova // *Biologozacia rastlinnej Vyroby V. a VI.* – Nitra, 1996. – S. 105–107.

506. Habanova M. Vplyv terminu sejby na urodu semien vybranych druhov laskavca (*Amaranthus* L.) / M. Habanova, M. Haban // *Biologozacia rastlinnej Vyroby V. a VI.* – Nitra, 1996. – S. 100–103.

507. Harris D.J. Effect of feeding amaranthus, sunflower leaves, kentucky bluegrass and alfalea to rebbits / D.J. Harris, P.K. Cheeke, N.M. Patton // *Journal of Applied Rabbit Research.* – 1981. – V.4 (2). – P. 48–50.

508. Hauptli H. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranths / H. Hauptli // In. Proc. Ist. Amaranth Sem., Rodale Press, Emmaus, PA. – 1977. – P. 71–78.

509. Hauptli H. Allozyme variation and evolutionary relationships of grain amaranths (*Amaranthus* spp.) / H. Hauptli, S.K. Jain // Theor. Appl. Genet. – 1984. – V. 69 – P. 153–165.

510. Hauptli H. Genetic structure of landrace populations of the New World grain amaranths / H. Hauptli, S.K. Jain // Euphytica. – 1984. – V. 33, № 3. – P. 875–884.

511. Hisdley K. Aztecs winning crop amaranth / K. Hisdley // Farmers Weekly. – 1979. – September 21. – P. 109–111.

512. Hollings M. Local lesion and other test plants for the identification and culture of viruses / M. Hollings // Beemster A.B.R. and Dijkstra J. (eds), Viruses of Plants. North- Holland Publ. Comp. – Amsterdam, 1966. – P. 230–241.

513. Horvath J. *Amaranthus bouchonii* Thell (Family: Amaranthaceae) a New Adventive Plant Species in Hungary, and its Reaction to some viruses / J. Horvath// Phytopatologica et Entomologica Hungarica. – 1991. – V. 26 (3–4). – P. 371–377.

514. Horvath J. *Amaranthus* species (Family Amaranthaceae) as Hosts of Plant Viruses / J. Horvath // A Review. Acta Phytopatologica et Entomologica hungarica. – 1991. – V. 26 (3–4). – P. 385–422.

515. Huang P.C. A study of the taxonomy of edible amaranth: an investigation of amaranth both of botanical and horticultural characteristics / P.C. Huang // Proc. 2<sup>nd</sup> Amaranth Conf. Rodale Press, Emmaus, Pa. – 1980. – P. 142–150.

516. Hussein M. Anbau von *Amaranthus hypochondriacus* / M. Hussein, S. Fathy // L. mit besonderer. Berücksichtigung marginaler Standortbedingungen: Diss.-Stuttgart, Hohenheim. – 1984. – 138 s.

517. Huska J. Cesta ku «know-how» na pestovanie a využitie laskavca (*Amaranthus*) na Slovensku / J. Huska // Biologizacia rastlinnej výroby.–Nitra, 1993.

518. Igbokwe P.E. Amaranth – a potential crop for southwesten Mississippi / P.E. Igbokwe, S.C. Tiwari, J.B. Collins // Mississippi Agr. & Forestry Expt. Sta.– Mississippi.– Mississippi State Univ. – 1988. – V. 13, № 10. – 4 p.

519. Irving D.V. Seed structure and composition of potential new crops / D.V. Irving, R. Becker // Food Microstructure. – 1985. – V. 4 (1). – P. 43–53.



520. Jamriska P. Effect of sowing date on seed yield of *Amaranthus hypochondriacus* C SC / Jamriska P. – 1991. – 15 s.

521. Jamriska P. Vplyv terminu sejby na urodu semien laskavca *A. hypochondriacus* / P. Jamriska // Bologozacia rastlinnej Vyroby 1V.VSP. – Nitra, 1993. – S. 18–19.

522. Jamriska P. Vyskum pestovatel'skej technologie amaranthusu (laskavca) / P. Jamriska // Zaverecna sprava za vecnu subetapu, S02-529-811-07-02-03. Piest'any, VURV. – 1993. – S. 34.

523. Jamriska P. Vplyv odrod na urodu semena laskavca (*Amaranthus* sp.) / P. Jamriska // Rostl. Vyroba. – 1996. – V. 42, № 3. – S. 109–114.

524. Jevtic L.S. Psenika, Nolit / L.S. Jevtic– Beograd, 1977. – 106 c.

525. John E. Chinese herbal medicine / John E. – 1974. – P. 12–45.

526. Jondtham B. Tucker Amaranth: The once and future crop / B. Jondtham // Bioscience. – 1986. – V. 36. – P. 9.

527. Joshi B.D. Genetic variability in grain amaranth / B.D. Joshi // Indian J. agric. Sci. – 1986. – V.56. – P. 574–576.

528. Khoshoo T.N. Cytogenetic patterns in *Amaranthus* / T.N. Khoshoo, M. Pal // Chromosome Today. – 1972. – V. 3. – P. 259–267.

529. Konishi Y. Transmission electron microscopy of protein bodies in the *Amaranthus cruentus* seed embryo / Y. Konishi, R. Nakamura, Y. Sugimoto // Biochem. – 1995. – V. 59, № 11. – P. 2140–2142.

530. Kulakow P.A. Genetics of grain amaranths I. Mendelian analysis of six color characteristics / P.A. Kulakow, H. Hauptli, S.K. Jain // Journal of Heredity. – 1985. – V. 76, № 1. – P. 27–30.

531. Kulakow P.A. Grain amaranth crop species, evolution and genetics / P.A. Kulakow, S.K.J. Jain // In: Proc. Fourth Amaranth Conf.-Minnesota. – Agr. University Minnesota, St Paul. – 1990.

532. Lacasa A. El amaranto – La Habana / A. Lacasa // (Bolltin de resenas. Hortalizas, papa, granos y fibras) Centro de inform y documentacion gropecuario. – 1986. – № 6. – 58 p.

533. Laovoravit N., Kratzer F. H., Becker R. The nutritional value of amaranth for feeding chickens / N. Laovoravit, F.H. Kratzer, R. Becker // Poultry Science. – 1986. – V. 65 (7). – P. 1370.

534. Lehman J. Carbohydrates of amaranth / J. Lehman // Legacy . – Bricelyn. – Amer. Amaranth Inst., MN. – 1988. – V. 1. – P. 4–8.

535. Lehman J. Proteins of grain amaranth / J. Lehman // Legacy. – Bricelyn. – Amer. Amaranth Inst, MN. – 1989. – V. 2. – P. 3–6.

536. Lehman J. Pigments of grain and feral amaranth / J. Lehman // Legacy. – Bricelyn. – Amer. Amaranth Inst., MN. – 1990. – V. 3. – P. 3–4.
537. Lehman J. Lipids of grain and feral amaranth / J. Lehman // Legacy. – Bricelyn. – Amer Amaranth Inst, MN. – 1991. – V. 4. – P. 2–6.
538. Lily M. Perry Medicinal plants of east and south east Africa / M. Lily. – 1980. – 99 p.
539. Lyon C.K. Extraction and refining of oil from amaranth seed / C.K. Lyon, R. Becker // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1987. – V. 64. – P. 233–236.
540. Magomedov I.M. Amaranth as a source of protein, vitamins and mineral elements / I.M. Magomedov // Cereal for human health and preventive nutrition. – Brno, Prague, 1998. – P. 157–158.
541. Makus D.J. A mid-summer crop for fresh greens or canning-vegetable amaranth / D.J. Makus, D.R. Davis // Ark. Farm Res. – 1984.
542. Makus J.D. Evaluation of amaranth as a potential greens crop in the mid-south / J.D. Makus // Hort. Science. – 1984. – V. 19. – P. 881–883.
543. Makus D.J. Aluminum accumulation in vegetable amaranth grown in a soil with adjusted pH values / D.J. Makus // Hort. Science. – 1989. – V. 24. – P. 460–463.
544. Makus D.J. Composition and nutritive value of vegetable amaranth as affected by stage of growth, environment and method of preparation / D.J. Makus // In Proc. Fourth Amaranth Conf., Minnesota Ext.Serv., Minnesota Agr., Univ. Minnesota, St Paul, 1990a.
545. Makus D.J. Applied nitrogen affects vegetable and grain amaranth seed yield and quality / D.J. Makus // In: Proc. Fourth Amaranth Conf., Minnesota Ext.Serv., Minnesota Agr., Univ. Minnesota, St Paul. – 1990b.
546. Maluf A.M. Caracterização preliminar de *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. através de isoenzimas / A.M. Maluf, P.S. Martins // Anais Da Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz. – 1991. – V. 48. – P. 23–39.
547. Mandal N. Intra- and interspecific genetic diversity in grain amaranth using random amplified polymorphic DNA markers / N. Mandal, P.K. Das // Plant Tissue Cult. – 2002. – V. 12, № 1. – P. 49–56.
548. Martinez M.A. Percepción botánica en dos grupos étnicos de la Sierra Norte Puebla / M.A. Martinez. – America Indígena, 1987. – V. 47 (2). – P. 226–240.
549. Martinez M.A. Catalogo de plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, Mexico / M.A. Martinez, V. Evangelista, M.A. Mendoza //

Cuadernos del instituto de Biologia 25 Universidad Nacional Autonoma de Mexico. – Mexico D.F, 1995.

550. Maruthi J. Seasonal evaluation of genetic variability, character association and diversity in grain amaranth (*Amaranthus* spp.) / J. Maruthi // M. Sc. (agri) Thesis, UAS. – Bangalore, 1987. – P. 30–45.

551. Methodological approaches to simple enzyme polymorphism analyses of amaranth species (*Amaranthus* SP.) [Electronic resource] / P. Múdry, A. Hricová, G. Libiaková, A. Gajdošová // Agriculture. – 2011. – V. 57, № 1. – P. 1–11. – (Poľnohospodárstvo). – Mode access: <http://versita.metapress.com/content/r271004x42543435/fulltext.pdf>.

552. Michalova A. Studium a hodnotenie genofondu laskavca (*Amaranthus* L.) VCR / A. Michalova // Biologizacia rastlinnej výroby V. a VI. – Nitra, 1996. – S. 124–127.

553. Mihalik E. Studies on some properties of starch in cultivated *Amaranthus* spp. / E. Mihalik, E. Nagy // Atti del Convegno intern «Coltivazione e miglioramento di piante officinali». – Trento, 1996. – P. 325–328.

554. Molecular cloning and characterization of granule bound starch synthase I cDNA from a grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) / Y.-J. Park, K. Nemoto, T. Nishikawa [et. al] // Breeding Science. – 2009. – V. 59. – P. 351–360.

555. Molecular markers and their application in wheat breeding / P.K. Gupta, R.K. Varshney, P.C. Sharma, B. Ramesh // Plant Breeding. – 1999. – V. 118. – P. 369–390.

556. Motyka J. Ekologia roslin. PAN / J. Motyka. – Warszawa, 1962.

557. Mugerva I.S. Effect of feeding oxalate-rich amaranthus on ovine serum, calcium and oxalate levels / I.S. Mugerva, W. Stafford // East African Agricultural and Forestry journal. – July 1976. – V. 42 (1). – P. 71–75.

558. Mujica A. The genetic resources of Andean grain amaranth (*Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L. and *A. hypochondriacus* L.) in America / A. Mujica, S.E. Jacobsen // Bioversity International. – 2011. – № 133. – P. 41–44. – (FAO).

559. Murray M.J. The genetics of sex determination in the family *Amaranthaceae* / M.J. Murray // Genetics. – 1940 a. – V. 25 (4). – P. 409–431.

560. Murray M.J. Colchicine and monoecious species of the *Amaranthaceae* / Murray M.J. // Jour. Heredity. – 1940 b. – V. 31 (11). – P. 477–485.

561. Myers R.L. Current amaranth of Missouri / R.L. Myers // Agronomy Dept . Univ of Missouri. – 1992. – 40 p.
562. Myers R.L. Regional amaranth variety test / R.L. Myers // Legacy. The Official Newsletter of the Amaranth Institute. – 1994. – V. 7, №. 1.
563. Odwongo W.O. Performance of calves on diets containing amaranthus (*Amaranthus hybridus*) Leaf meal. Animal Feed / W.O. Odwongo, J.S. Mugerva // Science and Technology. – September 1980. – V.5(3). – P.193–204.
564. Pal M. Evolution and improvements of cultivated Amaranthus 5 Inviability weakness and sterility in hybrids / M. Pal, T.M. Khoshoo // J.Hered. – 1972. – V. 63. – P. 78–82.
565. Pal M. Evolution and improvements of cultivated Amaranthus 6. Cytogenetic relationships in grain types / M. Pal, T.M. Khoshoo // Theor. Appl. Genet. – 1973. – V. 43. – P. 242–251.
566. Pal M. Evolution and improvements of cultivated Amaranthus 9. Cytogenetic relationship between the two basic chromosome number / M. Pal // J.Hered. – 1982. – V. 73. – P. 353–356.
567. Pal M. A new basic chromosome number for *Amaranthus* (*Amaranthaceae*) / M. Pal, D. Ohri, Subrahmanyam // Cytologia. – 2000. – V. 65. – P. 13–16.
568. Pandey P.M. Genetic associations in *Amaranthus* / P.M. Pandey // Indian J. Genetic and Plant Breeding. – 1981. – V. 41 (81, 1). – P. 78–83.
569. Pedersen B. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) / B. Pedersen, L. Hallgren, I. Hansen // Plant Food. – 1987. – V. 40. – P. 61–71.
570. Pfahler P.L. Reproductive characteristics of *Zea mays* L. produced from gammairradiated kernels / P.L. Pfahler // Radiat. Bot. – 1970. – V. 10, № 4. – P. 329–335.
571. Phylogenetic analysis of restriction-site variation in wild and cultivated *Amaranthus* species (*Amaranthaceae*) / K.Z. Lanoue, P.G. Wolf, S. Browning, E.E. Hood // Theor Appl Genet. – 1996. – V. 93. – P. 722–732.
572. Pita J.M. Morphometric analysis of cotyledons in some species of *Amaranthus* / J.M. Pita, J.B. Martinez-Laborde // Investigation-Agueria-Production-y- Protection-Vegetables. – 1994. – V. 9 (3). – P. 359–365.
573. Pond W.G. Nutritive value of a vegetable amaranth cultivar for growing lambs / W.G. Pond, J.W. Lehman // J. Anim. Sci. – 1989. – V. 67. – P. 3036–3039.

574. Pond W.G. Feeding value of raw or Heated grain amaranth germplasm / W.G. Pond, J.W. Lehman, R. Elmore // Anim. Feed Sci. Technol. – 1991. – V. 33. – P. 221–236.

575. Pushparekha T.R. Variability, character association and path analysis in grain amaranth (*Amaranthus* spp.) / T.R. Pushparekha // M.Sc. (Agri), Thesis, UAS. – Bangalore, 1986.

576. RAPD analysis of genetic variability in Indian scented rice germplasm (*Oryza sativa* L.) / P. Raghunathachari, V.K. Khanna, U.S. Singh, N.K. Singh // Current Science. – 2000. – V. 79, № 7. – P. 994–998.

577. RAPD and SCAR markers linked to resistance to frog-eye leaf spot in soybean / S.M. Filho, C.S. Sediya, M.A. Moreira, E. Gonçalves de Barros // Genetics and Molecular Biology. – 2002. – V. 25, I. 3. – P. 317–321.

578. Ray T. Phylogenetic relationships between members of *Amaranthaceae* and *Chenopodiaceae* of lower gangetic plains using RAPD and ISSR markers / T. Ray, S.C. Roy // Bangladesh Journal of Botany. – 2007. – V. 36, № 1. – P. 21–28.

579. Ray T. Genetic diversity of *Amaranthus* species from the Indo-Gangetic plains revealed by RAPD analysis leading to the development of ecotype-specific SCAR marker / T. Ray, S.C. Roy // Journal of Heredity. – 2009. – V. 100, № 3. – P. 338–347.

580. Raymond W.F. Nutritional value of forage crops / W.F. Raymond // Advances in agronomy. – 1969. – № 21. – P. 2–108.

581. Redei G.P. Economy in mutation experiments / G.P. Redei // Z. Pflanzenzucht. – 1974. – V. 73. – P. 87–96.

582. Rivera M. *Amaranthus viridis* poisoning in young cattle Revista / M. Rivera, R. Agilo, M. Lorenzo // Cubana de Ciencias Veterinarias 1984–1985. – V. (3–4). – P. 335–338.

583. Rodriguez Mejila M. Levels of oxalates in wild forages from the states of Hidalgo, Guanajuato, Mexico Tlaxcala and federal district / Mejila M. Rodriguez, Montalvo V. Rivas, Martinez R. Rosiles // Veterinaria. – Mexico, 1985. – V. 16 (1). – P. 21–25.

584. Rye J. Quelites-ethnoecology of edible greens-past, present and future / J. Rye // J. Ethnobiol. – 1981. – № 1(1). – P. 109–123.

585. Sanchez J.M.C. Amaranth (*Amaranthus* spp.) as a forage / J.M.C. Sanchez // In: Proc. Fourth Amaranth Conf., Minnesota Ext. Serv., Minnesota Agr., Univ. Minnesota. St Paul, 1990.

586. Santin H.C. Pasado, presente y futuro del amaranto / C.H. Santin, S.M. Lazcano, J. Morales de Leon. – Mexico, 1986. – 32 p.

587. Sauberer F. Bioklimatische Beiblätter der Meteorologischen Zeitschrift / F. Sauberer. – 1937. – B. 4, H.4.

588. Sauer I.D. The grain Amaranths and its relatives: a revised taxonomic and geographic survey / I.D. Sauer // Ann. Missouri. Bot. Gard. – 1967. – V. 52 (2). – P. 103–137.

589. Sauer J.D. Grain amaranth / J.D. Sauer // Evolution of crop plants. – 1976. – P. 4–7. – (Simmonds NW, Longman Group Ltd., London).

590. Saunders R.M. Amaranthus: A potential food and feed resource / R.M. Saunders, R. Becker // Advances in cereal science and technology. – 1984. – V. 6. – P. 357–386.

591. Sealy R.L. Vegetable amaranth: cultivar selection for summer production in the south / R.L. Sealy, E.L. Williams, J. Novak // J. Janick and J. E. Simon (eds.). Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR., 1990. – P. 396–398.

592. Sharma A.K. Banik M. Cytological investigation of different genera of *Amaranthaceae* with a view to trace their interrelationships / A.K. Sharma, M. Banik // Bull Bot. Soc. Bengal. – 1965. – V. 19 (1). – P. 40–50.

593. Sheida M. Cytogenetic study of *Amaranthus* L. species in Iran / M. Sheida // Cytologia. – 2008. – V. 73 (1). – P. 1–7. – DOI: 10.1508/cytologia.73.1.

594. Singh H. Grain amaranthus, buckwheat and chenopods / H. Singh // New Delhi (Ind council of agric research) I. C. A.R. Cereal crop series). – 1961. – V. 8, № 1. – 46 p.

595. Singhal R.S. Some properties of *Amaranthus paniculatas* (Rajgeera) starch pastes / R.S. Singhal, P.R. Kulkarni. – Starch/Starke, 1990a. – V. 42. – P. 5–7.

596. Singhal R.S. Utilization of *Amaranthus paniculatas* (Rajgeera) starch in salad dressing / R.S. Singhal, P.R. Kulkarni. – Starch/Starke, 1990b. – V. 42. – P. 52–53.

597. Singhal R.S. Studies on applicability of *Amaranthus paniculatas* (Rajgeera) starch for custard preparation. Starch/Starke / R.S. Singhal, P.R. Kulkarni. – 1990c. – V. 42. – P. 102–103.

598. Singleton W.R. Mutations induced by treating maize seeds with thermal neutrons / W.R. Singleton // Induced mutant plants. – Vienna, 1969. – P. 479.

599. Soriano-Santos J. Partial characterization of albumin and globulin from *A. cruentus* / J. Soriano-Santos, S. Iwabuchi, K. Fujimoto // Primer Cong Intern dec amaranto. – Mexico, 1991. – P. 71.

600. Stallknecht G.F. *Amaranth Rediscovered* / G.F. Stallknecht, J.R. Schulz-Schaeffer // *New Crops*. – 1993. – P. 211–218. – (Wiley, New York.).

601. Stebhins G.L. *Chromosomae evolution in Higher Plants* / G.L. Stebhins // Addison-Wesley, Reading. – 1971.

602. Stefunova I.V. *Geneticka analyza laskavca (Amaranthus L.) DNA markermi: Autoref. diz. prace na ziskanie vedecko-akademickej hodnosti «philosophiae doctor» vo vednom odbore 15.03.9 «Genetika»* / I.V. Stefunova. – Nitra, 2008. – 20 p.

603. Stoyanov D. *Heterodera amaranthi* n. sp. (Tylechida : Heteroeridae), un nematodo formador de Quistes en Cuba, La Habana / D. Stoyanov. – 1972. – 12 p.

604. Sumar L. *Amaranthus caudatus, el pequeno gigante* / L. Sumar // Lima, UNICEF. – 1983.

605. Tekelova D. *Stanovenie obsahu flavonoidov v druhoch rodu Amaranthus L.* / D. Tekelova, M. Mrlianova, J. Stano // *Biologizacia rastlinnej výroby V. a VI.* – Nitra, 1996. – S. 148–150.

606. Teutonico R.A. *Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered food crop* / R.A. Teutonico, D. Knor // *Food Tech.* – 1985. – V. 39 (4). – P. 49–60.

607. *The potential of ISSR markers in amaranth gamma-radiance mutants genotyping* / M. Labajova, S. Senkova, J. Zarovska [et. al] // *Jornal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.* – 2011. – V. 1, № 4. – P. 507–521.

608. Toll J. *Directory of germplasm collections* / J. Toll, D.H. von Sloten. // *Int. Board Plant Genet Resour.* – Rome, Italy, 1982.

609. Tucker B. *Amaranth the once and future crop* / B. Tucker // *Bioscience.* – 1986. – № 1. – P. 9–13.

610. Tucker J.B. *Amaranth: the once and future crop* / J.B. Tucker // *Bioscience.* – 1986. – № 36. – P. 59–60.

611. Takken A. *Some toxicological aspects of grain amaranth for pigs . Plant toxicology* / A. Takken, I.K. Connor // *In Proceeding of the Australia U.S.A. poisonous Plants Symposium (In Brisbane, Australia, May 14–18, 1984).* – Australia, 1985. – P. 170–177. – (Animal Research Institute, Yeerongpilly).

612. Tansue D.U. *Species identification by RAPD analysis of grain amaranth genetic resources* / D.U. Tansue, D.J. Faibtanks // *Crop Science.* – 1994. – V. 345. – P. 1385–1389.

613. Tchernov I.A. The potential of *Amaranthus* L. and the problem of leaf protein / I.A. Tchernov // Green vegetation fractionation: Proceedings of the 5 Intern. Congress of Leaf Protein Research. – Rostov-on-Don, 1966. – V. 3. – P. 44–50.

614. The utilization of grain amaranth by broiler Chickens / P.W. Waldroup, H.M. Hellwring, D.E. Longer, C.S. Endres // Poultry Science. – April, 1985. – V. 64 (4). – P. 759–762.

615. Tillman P.B. Processing grain amaranth for use in broiler dietes / P.B. Tillman, P.W. Waldroup // Poultry Science. – 1986. – V. 65 (10). – P. 1960–1964.

616. Tillman P.B. Effects of feeding extruded grain amaranth to laying hens / P.B. Tillman, P.W. Waldroup // Poultry Science. – 1987. – V. 66 (10). – P. 1697–1701.

617. Tillman P.B. Performance and yields of broilers fed extruded to market weight / P.B. Tillman, P.W. Waldroup // Poultry Science. – 1988. – V. 67 (5). – P. 743–749.

618. Two genes and linked RAPD markers involved in resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceris* race in chickpea / J. Rubio, E. Hajj-Moussa, M. Kharrat [et. al] // Plant Breeding. – 2003. – V. 122, № 2. – P. 188–191.

619. Vacho R. Niektore skusenosti z pestovania laskavka V.R. 1994a 1995 / R. Vacho // Biologizacia rastlinnej Vyroby V. a V1. – Nitra, 1996. – S. 151–153.

620. Veresova A. Vyhodnotehie pokusneko pestovania laskavca (*Amaranthus* L.) V roku 1995 / A. Veresova, Z. Hoffmanova // Biologizacia rastlinnej vyroby V aV1. – Nitra, 1996. – S. 172–178.

621. Webb D.M. Schulz-Achaefer Amaranth Seeding emergence as affected by seedling Depth and temperature on a thermogradient plate / D.M. Webb, C.W. Snith, Schulz-Achaefer // Agron J. (Modison). – 1987. – V. 79. – P.23–26.

622. Weber L.E. Amaranth grain production guide / L.E. Weber // Rodale research center, American Amaranth Institute. – 1989.

623. Weber L.E. Amaranth Grain Production Guide / L.E. Weber, W.W. Applegate, D.D. Baltensperger. – Rodale Press, Emmaus, PA., 1990.

624. Whittaker P. Study of iron bioavailability in a native Nigerian grain amaranth cereal for young children using a rat model / P. Whittaker, M.O. Ologunde // Cereal Chem. – 1990. – V. 67.

625. Wiegner G. Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen praktikum. – Berlin, 1926.



626. Williams J.T. Grain amaranth (*Amaranthus* species) / J.T. Williams, D. Brenner // In: J.T. Williams (ed.), *Cereals and pseudocereals*. – Chapman and Hall, London, 1995. – P 129–186.

627. Willis R.B.H. Nutrient composition of chinese vegetables / R.B.H. Willis, A.W.K. Wong, F.M. Scriven // *J. Agr. Food Chem.* – 1984. – V. 32. – P. 413–416.

628. Xu F. Comparative analysis of phylogenetic relationships of grain amaranths and their wild relatives (*Amaranthus*; *Amaranthaceae*) using Internal Transcribed Spacer, Amplified Fragment Length Polymorphism, and Double-Primer Fluorescent Intersimple Sequence Repeat Markers / F. Xu, M. Sun // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. – 2001. – V. 21, № 3. – P. 372–387.

629. Yield and chemical composition of the vegetative parts of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), at different physiological stages / M.A. Alfaro, A. Ramires, A. Martinez, R. Bressani // *Archivos Latinoamericanos de nutricion*. – 1987. – V. 37(1). – P. 108 –121.

---

Наукове видання

**Гопцій Тетяна Іванівна  
Воронков Микола Федорович  
Бобро Михайло Архипович  
Мірошніченко Лідія Олександрівна  
Лиманська Світлана Василівна  
Гудим Олена Володимирівна  
Гудковська Наталія Борисівна  
Дуда Юлія Вікторівна**

**А М А Р А Н Т :  
СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА  
ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ**

Монографія

Редактори О.В. Васільєва, Н.Г. Войчук  
Коректор І.О. Бутильська  
Комп'ютерний набір і верстка  
С.В. Лиманська, Т.І. Гопцій

---

Підп. до друку 28.02.2018. Друк офсетний. Гарнітура Таймс.  
Папір офсетний. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 21,0;  
обл.-вид. арк. 24,0. Зам. № 0103. Наклад 300 прим.

---

Виробник – редакційно-видавничий відділ Харківського національного  
аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. 62483, Харківська обл.,  
Харківський р-н, п/в «Докучаєвське-2», навч. містечко ХНАУ, тел. 99-72-70.  
E-mail: office@khnu.kharkov.ua

---

Виготовлювач – ТОВ «ТПГ», свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої  
продукції сер. ДК № 4252 від 29.12.2011