

ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ПОСІВУ УНІВЕРСАЛЬНИХ ТА ЗЕРНОВИХ СОРТІВ АМАРАНТУ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕРНА

Є. О. ЮРКЕВИЧ, доктор сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0002-8868-5256>

Н. О. ВАЛЕНТЮК, кандидат технічних наук
<http://orcid.org/0000-0003-4763-3019>

І. М. КОГУТ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<http://orcid.org/0000-0002-4418-5954>

Одеський державний аграрний університет МОН України
E-mail: Yevgen21@ukr.net

П. І. БОЙКО, доктор сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0001-7064-3958>

Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»

Н. П. КОВАЛЕНКО, доктор історичних наук, старший науковий співробітник
<http://orcid.org/0000-0002-0996-0732>

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
E-mail: BoikoNP@ukr.net

<https://doi.org/dopovidi2022.03.006>

Анотація. В умовах глобального потепління, зокрема зростання аридності степової зони України, а також дефіциту надходження органічної речовини і зменшення запасів азотних сполук у ґрунті, перед сільськогосподарськими виробниками постало завдання пошуку ефективного вирощування посухостійких культур, які є конкурентоспроможними на ринку, мають економічну доцільність та невибагливість у вирощуванні. Виробниками сільськогосподарської продукції приділено увагу вирощуванню нетрадиційної культури – амаранту, який відрізняється своїми біологічними особливостями та агротехнічною дією на підвищення рівня родючості ґрунту в умовах кліматичних змін.

З'ясовано, що оптимальною щільністю посіву для вирощування амаранту у посушливих умовах Південного Степу України є 150 тис. шт./га. За таких умов формується найбільша урожайність зерна амаранту: для універсального сорту Харківський-1 – 3,06 т/га, для зернового сорту Лєра – 3,34 т/га. При щільності посіву 150 тис. шт./га отримали найвищі показники маси 1000 зерен: для універсального сорту Харківський-1 – 0,665 г, для зернового сорту Лєра – 0,678 г. Зазначені варіанти забезпечили найвищі показники масової частки вологи, які становили відповідно 8,6 і 9,1%. З'ясовано, що для отримання якісної продукції від збирання до перероблення зерна амаранту, необхідно застосовувати комплекс технологічних операцій, метою яких є запобігання втратам урожаю та збереження його корисних властивостей.

Ключові слова: амарант, технологія вирощування, сорти, щільність посіву, урожайність, фізико-технологічні властивості

Актуальність. На сучасному етапі одним із основних завдань еколого-економічного та соціального розвитку України та інших країн світу є забезпечення здоров'я нації. Адже внаслідок значного прискорення життєвого темпу, погіршення екологічної ситуації через значний вплив антропогенного та багатьох інших факторів, спостерігається погіршення стану здоров'я населення не тільки України, а й інших країн світу. Серед основних шляхів, спрямованих на покращення здоров'я людини, особливо важливе місце займає якісне збалансоване харчування, яке задовольняє потреби організму у всіх необхідних поживних речовинах [1]. З огляду на це, провідні виробники харчової продукції у плідній співпраці з науковцями спрямовують свої зусилля на удосконалення існуючого та розроблення і впровадження нового асортименту, яке забезпечуватиме людину високоякісними збалансованими продуктами харчування. Нині особлива увага приділяється пошуку і залученню у виробництво нетрадиційної рослинної сировини, серед якої особливим попитом користується вирощування амаранту. На сьогодні у світі існує багато видів і сортів амаранту, які розподіляють на декоративні, універсальні, зернові,

овочеві, кормові, лікарські та насіннєві [2]. Сучасні дослідження вчених доводять, що амарант спроможний годувати людство нарівні зі злаковими культурами і може стати однією з поширених зернових культур ХХІ ст. З амаранту отримують олію, борошно, крупу, крохмаль, лізин, сквален.

Найбільш вивченим харчовим аспектом, що стосується харчової цінності зерна амаранту, є виявлення лімітованих амінокислот білкової складової. Зокрема, вміст сирого протеїну в деяких амарантах зі світлим насінням коливається від 12,5 до 17,6% [3; 4]. Зерно амаранту має високий рівень важливої для харчування амінокислоти – лізину, що концентрується у межах 0,73–0,84% від загального вмісту білка [5]. Звичайна кукурудзяна мука з додаванням 12,7 % підсмаженого амарантового борошна забезпечує поживне джерело білка, який може задовольнити значну частину його потреби для маленьких дітей і забезпечити приблизно 70 % калорійності раціону [6]. Відмінною рисою зерна амаранту є його крохмальний компонент. Гранули крохмалю мають багатокутну форму діаметром від 1 до 3 мм і забезпечують високу здатність до набухання [7]. Крім того,

амарантовий крохмаль має відмінну гелеподібну характеристику [8].

Зерно амаранту містить від 6 до 10% олії, яка в основному міститься в його зародку [9]. Це переважно ненасичена 76 % олія з високим вмістом лінолевої кислоти, необхідної для харчування людини. Одним із важливих факторів, що свідчить про цінність цієї культури є наявність в амарантовій олії 7 % сквалена [10]. Сквален ($C_{30}H_{50}$) – природний ациклічний тритерпен з шістьма подвійними зв'язками: 2, 6, 10, 15, 19, 23-гексаметил – 2, 6, 10, 14, 18, 22-тетракозагексаєн. Сквален сприяє нормалізації мікроциркулярних процесів кровообігу, є джерелом кисневого забезпечення клітин організму. Ця речовина має цінність для медицини, входить до складу лікарських засобів, спрямованих на лікування серцево-судинних захворювань, опіків, має протипухлинні, ранозагоювальні властивості, сприяє виведенню важких металів з організму людини [11]. Варто зазначити, що до теперішнього часу сквален можна було отримати тільки з печінки деяких видів глибоководних акул. Відкриття сквалену рослинного походження в амарантовій олії значно здешевило процес отримання цієї важливої і корисної речовини.

Потрібно відмітити, що амарант також використовують у харчовому раціоні людей з алергією на інші зернові культури. Адже, насіння

зернових сортів амаранту не є зерном традиційної злакової культури, а скоріше псевдозлаком дводольної рослини. Він не пов'язаний з будь-якими іншими злаковими культурами, які широко споживаються людиною. Така його особливість знижує ймовірність виникнення проблем у людей, в яких зростають ризики виникнення алергії через багаторазове вживання продуктів злакових культур. Для таких людей розроблено беззернові рецепти приготування продукції на основі амарантового борошна [2].

Для України амарант є новою нетрадиційною культурою, яка завдяки своїм корисним властивостям здатна зайняти важливий сегмент на ринку сільськогосподарської продукції. Унікальний хімічний склад зерна амаранту забезпечує його використання у різноманітних галузях народного господарства: від годівлі тварин до виробництва високоякісних збалансованих продуктів харчування, косметичної продукції і лікарських засобів [1]. Крім того, відмічається позитивний вплив амаранту на зростання рівня родючості ґрунту, покращення екологічної стабілізації навколишнього середовища, особливо у посушливих умовах. Важливим є вирощування сортів амаранту вітчизняної селекції, які окрім високих продовольчих характеристик, мають цінність якісного попередника для більшості

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

сільськогосподарських культур у сівозмінах та забезпечують поповнення біологічного азоту і органічної речовини у ґрунті [12].

В умовах глобального потепління, зростання аридності степової зони України, а також дефіциту надходження органічної речовини і зменшення запасів азотних сполук у ґрунті, перед сільськогосподарськими виробниками постало завдання пошуку ефективного вирощування таких посухостійких культур, які є конкурентоспроможними на ринку, мають економічну доцільність та невибагливість у вирощуванні. Саме тому, виробниками сільськогосподарської продукції приділено увагу вирощуванню нетрадиційної сільськогосподарської культури – амаранту, який відрізняється своїми біологічними особливостями та агротехнічною дією на зростання рівня родючості ґрунту. Одним із стримуючих факторів для практичного впровадження амаранту у виробництво, є низькі технічні можливості не пристосованих для його посіву зернових сівалок, якими представлений машинно-тракторний парк переважної більшості аграріїв середнього та дрібного господарювання. Проте, зростання потреби людства у повнораціонних продуктах харчування частіше спонукає до пошуку та впровадження у виробництво нових

високоврожайних культур, до яких належить амарант, що містить велику кількість білка та інших поживних речовин. Крім того, у сучасних умовах глобального потепління актуалізується забезпечення зростання масштабного впровадження цієї посухостійкої культури у виробництво, що сприятиме відновленню та збереженню родючості ґрунтів, підвищенню екологічно-економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції у посушливих умовах Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велике значення зерновим і кормовим сортам амаранту приділяли зарубіжні вчені. Зокрема, С. S. Kauffman, L. E. Weber довели якісні властивості зерна амаранту [2]. Науковці S. Manikandan., P. Srimathi – дослідили ефективність техніки оброблення насіння зернових сортів амаранту [13], M. L. Grundy, D. K. Momanyi, C. Holland – встановили значення способів перероблення зерна амаранту для ефективності засвоювання та зростання харчової цінності [14]. Вчені R. M. Saunders, R. Becker визначили потенційні ресурси амаранту для харчування людей та годівлі тварин [15]. З'ясування ефективності технологій виробництва зерна амаранту для підвищення продовольчої та харчової безпеки здійснили F. O. Ghelle, E. N. Njiru, D. L. Mutisya [16].

Як свідчать результати досліджень провідних українських вчених-аграріїв і практиків щодо ефективності вирощування амаранту, до особливостей цієї культури відноситься висока стійкість до посухи і захворювань. Критичним періодом є перші 20 днів, в які амарант росте вкрай повільно. Потім швидкість його росту й розвитку значно прискорюється і може сягати навіть до 10 см на добу [17]. Досліджуючи щільність агроценозу для підвищення продуктивності амаранту Т. І. Гопцій, М. Ф. Воронков, М. А. Бобро та інші зазначають, що при збільшенні ширини міжряддя з 45 см до 70 см, індекс листової поверхні знижується майже вдвічі [18]. Це свідчить про неефективне використання рослинами амаранту сонячної енергії. Стосовно норм висіву амаранту існують різні точки зору. Визначаючи оптимальну норму висіву насіння амаранту, вченими встановлено, що у варіанті із широкорядним способом посіву і нормою висіву 0,6 кг/га, польова схожість була вищою, ніж за рядкового способу посіву. Науковці довели, що за схеми розміщення рослин 15x20 см, норма висіву може становити 0,6 кг/га (0,86 млн шт. схожого насіння на 1 га) і здатне забезпечити густоту стояння рослин у межах 330 тис/га. Результати виконаних досліджень у Лісостепу України підтверджують доцільність використання широкорядного

способу посіву з шириною міжрядь 45 см, як для отримання зерна, так і зеленої маси. Наведено результати досліджень змін хімічного складу та мікробіологічних характеристик зерна амаранту в процесі його сушіння та зберігання у різних умовах, що дозволить забезпечити його гарантовану якість при зберіганні [19; 20].

Досліджуючи вплив норми висіву на реалізацію продуктивності амаранту у Центральному Лісостепу України в умовах зрошення, В. К. Шелест, І. Ф. Підпалій, І. В. Бернадський встановили, що найбільший збір зеленої маси амаранту волотистого можна отримати за норми висіву 1,0 кг/га схожого насіння і ширині міжрядь 45 см [21]. Вчені С. М. Мішин, В. Я. Щербаков, С. М. Когут зазначають, що при вирощуванні сорту Ультра в умовах Степу України, отримали найкращі результати досліджень при застосуванні широкорядного способу сівби на 45 см і норми висіву 0,9 кг/га. У цьому варіанті отримали найвищу урожайність та найбільший вихід олії та білка амаранту [12].

Потрібно відмітити, що наявні дослідження способів і термінів посіву різних сортів амаранту здебільшого виконувались в умовах Лісостепу України, а також інших країн. Тому, у зв'язку зі змінами клімату, набуває актуальності визначення впливу щільності посівів

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

на формування біометричних показників та урожайності амаранту універсального сорту Харківський-1 і зернового сорту Лера в умовах посушливого Південного Степу України.

Мета дослідження.

Випробувати та адаптувати до посушливих умов Південного Степу України високопродуктивні технології вирощування універсальних та зернових сортів амаранту у напрямі забезпечення високого рівня урожайності та фізико-механічних властивостей зерна.

Матеріали і методи дослідження. Дослід закладений у 2021 р. на дослідному полі кафедри польових і овочевих культур у межах землекористування ТОВ «Айсберг» Роздільнянського району Одеської області. Адміністративний центр знаходиться у с. Гребіники.

Схема досліду: дослід двофакторний:

Фактор А – сорти амаранту:

a_1 – Харківський-1 (універсальний) – (контроль);

a_2 – Лера (зерновий).

Фактор В – густина стояння рослин амаранту:

b_1 – 90 тис. рослин на 1 га;

b_2 – 120 тис. рослин на 1 га (контроль);

b_3 – 150 тис. рослин на 1 га;

b_4 – 180 тис. рослин на 1 га.

Варіанти досліду розміщені послідовним методом у триразовому

повторенні. Загальна площа досліду 10 тис. m^2 , загальна площа ділянки – 555,0 m^2 , облікова – 300,0 m^2 . Попередник – суданська трава на сіно і зелений корм на 2 укоси. Агротехніка у досліді прийнята для вирощування органічного амаранту, без добрив і засобів захисту рослин. Сіяли амарант з міжряддями у 60 см зерною сівалкою ASTRA NOVA 5,4. Наукові спостереження здійснювали за апробованими, загальноприйнятими методиками [22; 23].

Густоту посіву визначали шляхом підрахунку кількості рослин на фіксованих рядах довжиною 10 м у двох місцях ділянки, двох несуміжних повторень через 10 днів після появи повних сходів, після формування запланованої густоти стояння та перед збиранням урожаю. Визначення фізико-механічних властивостей зерна амаранту виконували за діючими стандартами [24]. Облік урожаю здійснювали методом облікових майданчиків у триразовому повторенні на площах 10 m^2 , що розташовані по діагоналі ділянки у двох несуміжних повтореннях. Рослини зрізали вручну зі всієї площі облікового майданчика і обмолочували на стаціонарній молотарці. Збирали урожай у фазу повної стиглості зерна.

Результати дослідження та їх обговорення. Відомості про амарант зустрічаються ще у стародавніх греків, які вважали його символом

безсмертя. У перекладі з грецької ботанічна назва цієї рослини означає «вічна квітка» [25]. Унікальні цілющі та смакові якості амаранту були відомі ще індіанцям Мезоамерики, які з його зерен робили борошно та пекли хліб. За часів імператора ацтеків Ментесуме, державні запаси зерна амаранту були настільки великими, що у випадку непередбаченої стихії, війни чи голоду, його могло б вистачити на декілька років використання. Проте, вирощування амаранту стало забороненим іспанськими завойовниками через його використання у ритуальних церемоніях. Лише у важкодоступних районах Мексики та в Андах на невеликих ділянках продовжували його виробництво [18]. З часом про амарант, який поряд з кукурудзою і бобами був одним з основних джерел харчування, забули на тривалий час. Невеликий розмір насіння амаранту також міг бути частковим чинником скорочення його вирощування. Оскільки, культура з невеликою кількістю насіння, така як амарант, потребує більшої уваги до її вирощування на початку вегетаційного періоду, ніж культура з більшою кількістю насіння, така як кукурудза. Тому кукурудза, разом з якою еволюціонував амарант, перетворилась в одну із основних культур для вирощування у світовому масштабі [26]. Однак, завдяки своїм унікальним властивостям, у XVI ст. амарант набув великої популярності у

Європі. У 1653 р. шведська королева Христина Августа навіть заснувала «Орден кавалерів Амаранту».

На початку XX ст. зростання кількості населення на планеті спонукало до пошуку вирощування рослин, які були б спроможними нагодувати людство. У 1930-х роках на амарант звернув увагу М. І. Вавилов, який збирав світову колекцію насіння культурних рослин. Упродовж 1931–1941 рр. Г. Н. Шликов дослідив 260 зразків 35 видів амаранту. Вчений довів, що деякі його види, зокрема такі як *A. caudatus* та *A. paniculatus*, забезпечують високий рівень урожайності не тільки зеленої маси, а й зерна, завдяки чому їх можна внести до складу культурної флори [18]. Проте, наприкінці 1940-х років дослідження амаранту припинили та оголосили чужорідною імперіалістичною рослиною. Так удруге за багатовікову історію амаранту його було повторно забуто на тривалий час.

У 1972 р., завдяки відкриттю австралійського фізіолога рослин Д. Даунтона, у світовій науці знову почали відновлювати дослідження цієї рослини. Вчений встановив, що амарант належить до групи рослин з високоінтенсивним фотосинтезом C4-типу і утворює значну кількість збалансованого за амінокислотним складом білка, багатого на лізин, метіонін і триптофан [2]. Зросла зацікавленість світової спільноти до

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

виробництва зерна амаранту. Зокрема, упродовж другої половини 1970-х – першої половини 1980-х років проведено низку конференцій, присвячених ефективному вирощуванню різних сортів амаранту, у тому числі й зернових. До кола висвітлених напрямів належали: вирішення проблем етноботаніки, розвитку зародишевої плазми, здійснення агрономічних досліджень, оптимального живлення і ефективної переробки зерна амаранту. У 1987 р. в КНР ініціювали щорічну широкомасштабну конференцію з ефективного виробництва амаранту.

З другої половини 1970-х років, завдяки підтримці федеральних агентств, державних університетів і приватних організацій, розпочато розширення діяльності Дослідного Центру Rodale (RRC), який спеціалізувався з виробництва амаранту і співпрацював з багатьма вченими науково-дослідних установ США і Канади. Завдяки його діяльності налагоджено виконання прикладних досліджень з різних напрямів ефективного вирощування зернового амаранту, включаючи генетику, селекцію рослин, агрономічні дослідження, використання кормів і визначення якості зерна. Розпочато виконання програми прикладної селекції амаранту з метою створення кращих типів рослин для механізованого виробництва в США і Канаді. Використовуючи класичні методи

селекції рослин, вчені RRC розробили низку передових селекційних ліній амаранту, які вирощували на експериментальних станціях та в комерційних фермах США. Розпочато роботу з розроблення методів вирощування зернового амаранту із застосуванням стандартної сільськогосподарської техніки. Використано методи точного посіву для висівання 0,5 кг/га насіння з метою досягнення кращої густоти рослин [27]. Збирання урожаю здійснювали зернозбиральним комбайном після заморозків, що сприяло достатньому просушуванню рослин. Крім того, для ефективного виробництва амаранту розширено наукові дослідження в Американському інституті амаранту (AAI), який співпрацював з багатьма науково-дослідними інститутами світу, а також асоціаціями з підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур для розроблення стандартів сертифікації насіння амаранту. У 1988 р., завдяки цілеспрямованій науковій співпраці вчених та виробників, у США висівали біля 1,2 тис. га зернового амаранту, у Перу – 1 тис. га [28].

На початку 1980-х років фермери Західної Європи, які почали вирощувати амарант з комерційною метою, необхідно було дещо модифікувати існуюче сільськогосподарське обладнання для збільшення норми висіву дрібного

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

насіння цієї культури. У посушливих районах його висівали на глибину більше 1 см, що є необхідною умовою для отримання достатньої кількості вологи для проростання [29].

Зростаючий попит на продукти харчування, спонукає до значного збільшення виробництва цієї цінної культури, особливо в умовах глобального потепління. У 1992 р. за замовленням Міністерства аграрної політики і продовольства України розпочато науково-дослідну роботу, спрямовану на детальне дослідження біохімічних властивостей та агротехніки вирощування амаранту у ґрунтово-кліматичних умовах України. У результаті наукової роботи з виконання зазначених досліджень, І. Р. Тимошенко, Т. І. Гопцій за активної підтримки науково-виробничого підприємства «Україна-ЕМ», створили високопродуктивний зерновий сорт амаранту «Ультра». У 1998 р. його внесено до Реєстру сортів України та визнано національним стандартом серед ранньостиглої групи зернових амарантів [18].

Нині вирощування амаранту набуває справжнього відродження. Актуальними стають дослідження щодо важливості властивостей амаранту: стійкості до умов навколишнього середовища, пристосованості до посушливих умов та умов зрошення, цінності зерна та зеленої маси [28]. Велику увагу приділено залежності урожайності

зерна амаранту та інших сільськогосподарських культур у сівозмінах, оскільки на основі цього показника визначається продуктивність аграрної галузі. Саме щільність розміщення рослин на площі посіву є одним з ефективних агроекологічних чинників, що визначають темпи їх росту та особливості розвитку [30]. Однією з особливостей рослин амаранту, є специфічність розташування листків на стеблі, що визначає ефективне використання сонячних променів, навіть у загущених посівах. Реакція рослин амаранту на зміни щільності посіву визначається у рівні гілкування. Встановлено, що у посівах із невеликою щільністю посіву, рослини амаранту мають добре розгалужені бокові пагони і навпаки, із збільшення щільності, кількість бокових пагонів зменшується, або вони зовсім відсутні. Урожайність сільськогосподарських культур з одиниці площі, у тому числі й амаранту, складається із рівня формування окремих елементів структури, які певною мірою залежать від застосування факторів інтенсифікації землеробства, щільності посіву та умов року. У досліді основним фактором впливу на урожайність універсального та зернового сортів амаранту була щільність посіву, так як метою досліджень було встановлення можливості отримання органічного

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

виробництва зерна. За результатами досліджень з'ясовано деякий вплив зміни щільності посіву амаранту на його урожайність (табл. 1).

Визначено, що при дослідженні впливу щільності посіву на формування урожайності зерна амаранту визначається певна закономірність. Зокрема, найкращі показники урожайності зерна амаранту спостерігаються за щільності посіву 150 тис. шт./га. Встановлено, що найвищу урожайність зерна амаранту отримали при вирощуванні зернового сорту Лера, яка становила 3,34 т/га у варіанті із щільністю посіву

150 тис. шт./га. Цей показник перевищує контрольний варіант на 0,53 т/га або на 18,9%, що математично підтверджено (HP_{05} для $AB = 0,21$ т/га). Найвищу урожайність зерна амаранту універсального сорту Харківський-1 отримали також у варіанті із щільністю посіву 150 тис. шт./га. Цей показник склав 3,06 т/га, що перевищило контрольний варіант на 0,25 т/га або на 8,9%. Подальше збільшення або зменшення щільності посіву забезпечило різке зниження урожайності зерна амаранту всіх сортів, які досліджували (рис. 1).

1. Залежність урожайності зерна універсального та зернового сортів амаранту від щільності посіву, 2021 р.

Варіант досліджу		Урожайність зерна амаранту, т/га	Відхилення від контролю, +/-	
Фактор А – сорт	Фактор В – щільність посіву, тис. шт./га		т/га	%
Харківський-1 (універсальний)	90	2,22	-0,59	21,0
	120 (контроль)	2,81	-	-
	150	3,06	+0,25	8,90
	180	2,77	-0,04	1,42
Лера (зерновий)	90	2,32	-0,49	17,4
	120	3,00	+0,19	6,8
	150	3,34	+0,53	18,9
	180	2,78	-0,03	1,1
HP_{05}	Для фактору А	0,11		
	Для фактору В	0,15		
	Для фактору АВ	0,21		

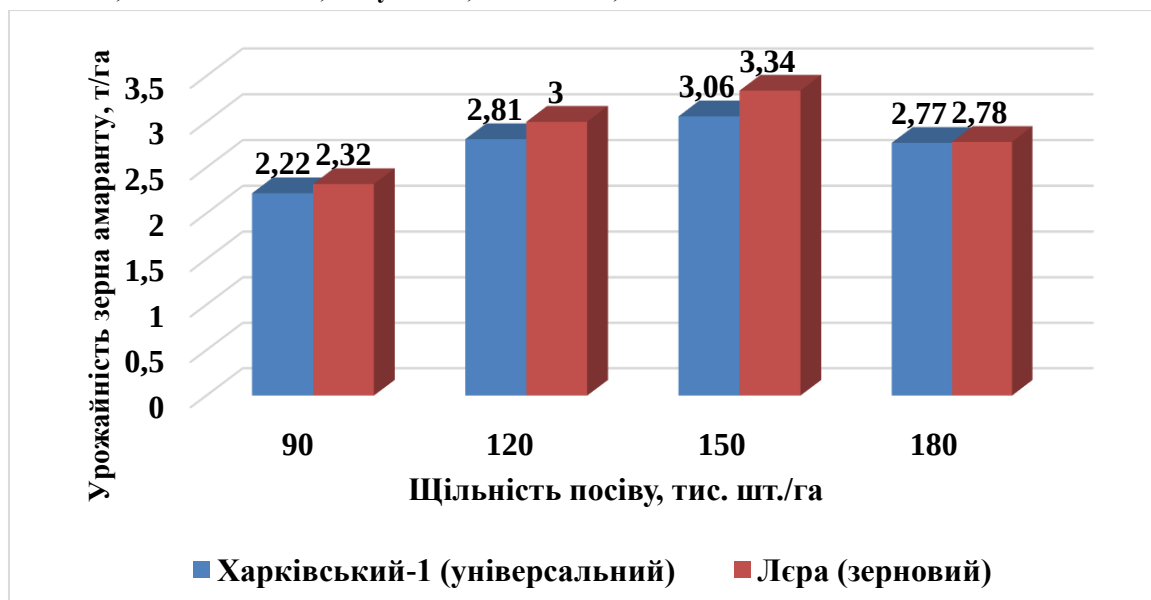


Рис. 1. Залежність формування урожайності зерна універсального та зернового сортів амаранту від щільності посіву, 2021 р.

Для отримання якісної продукції від збирання до безпосереднього перероблення зерна амаранту застосовується комплекс технологічних операцій післязбиральної доробки, метою якої є запобігання втрат та збереження всіх його корисних властивостей. Нині на ринку сільськогосподарської техніки представлена велика кількість різноманітного як зерноочисного, так і зерносушарного обладнання. Однак, не зважаючи на це, виробникам амаранту доводиться у процесі післязбиральної доробки стикатися з труднощами, пов'язаними з підбором як безпосередньо технологічного обладнання, так і його режимних параметрів, що зумовлюється технологічними особливостями зерна цієї культури [13–15; 19; 20].

Забезпечення раціональної організації та виконання технологічних процесів

післязбиральної доробки свіжозібраного зерна амаранту потребує знань точних показників його фізико-механічних властивостей, оскільки саме вони дозволяють оптимально вирішувати значну кількість практичних завдань. Так моделювати поведінку зернової маси при переміщенні по самопливах, ситах тощо можна на основі такого показника як сипкість. На сипкість зернової маси впливає багато показників, серед яких можна виділити вологість зерна, форму, розміри, стан поверхні зернівок [16; 18; 19].

Зернівки амаранту мають лінзоподібну форму, гладеньку поверхню і дуже дрібні розміри – згідно літературних даних діаметр зернівки амаранту коливається в межах від 0,6 до 1,6 мм. Все це значно ускладнює підбір режимних параметрів технологічного

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

обладнання. Наведемо порівняльну характеристику деяких фізико-технологічних властивостей зерна сортів амаранту, які досліджували (табл. 2).

2. Порівняльна характеристика фізико-технологічних властивостей зерна сортів амаранту: універсального Харківський-1 та зернового Лера

Показник	Фактор В – щільність посіву, тис. шт./га			
	90	120 (контроль)	150	180
універсальний сорт Харківський-1				
Масова частка вологи w , %	8,2	8,4	8,6	8,6
Натура γ , г/дм ³	814	801	793	789
Маса 1000 зерен M , г	0,655	0,661	0,665	0,661
Швидкість витання, м/с	3,14	3,14	3,13	3,13
Кут природного укусу α , град.	22	22	22	22
зерновий сорт Лера				
Масова частка вологи w , %	8,8	8,5	9,1	8,7
Натура γ , г/дм ³	809	799	797	778
Маса 1000 зерен M , г	0,667	0,675	0,678	0,657
Швидкість витання, м/с	3,15	3,15	3,16	3,12
Кут природного укусу α , град.	22	22	23	22

Завдяки аналізу результатів літературних даних [2; 12–16; 18–20] та виконаних досліджень можна зробити висновок, що натура зерна амаранту є значно змінним показником. До основних факторів, що впливають на показник натури зерна амаранту належать: спосіб укладення зерен, його безпосередня щільність, переваги сорту, стан поверхні, виповненість, вологість зернової маси тощо. Зі збільшенням вологості відбувається підвищення маси 1000 зерен, швидкості витання, куту природного укусу. Зокрема, у сортів амаранту універсального Харківський-1 та зернового Лера найвищі показники натури отримали при щільності посіву 90 тис. шт./га, які становили відповідно 814 і 809 г/дм³. Найвищі показники маси

1000 зерен отримали при щільності посіву 150 тис. шт./га, які становили відповідно 0,665 і 0,678 г. У цих варіантах отримали найвищі показники масової частки вологи, які становили відповідно 8,6 і 9,1%. Найбільші показники швидкості витання отримали при щільності посіву 180 тис. шт./га, які становили відповідно 3,13 і 3,12 м/с.

Висновки і перспективи подальших досліджень. У результаті виконаних досліджень можна зробити висновок, що оптимальною щільністю посіву для вирощування амаранту в умовах Південного Степу України є 150 тис. шт./га. За таких умов формується найбільша урожайність зерна амаранту: для універсального сорту Харківський-1 –

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

3,06 т/га, для зернового сорту Лера – 3,34 т/га.

Знання основних фізико-технологічних властивостей зерна є обов'язковою умовою для визначення оптимальних режимів технологічного обладнання післязбиральної доробки і надійного зберігання зерна до переробки. При щільності посіву 150 тис. шт./га отримали найвищі показники маси 1000 зерен: для універсального сорту Харківський-1 –

0,665 г, для зернового сорту Лера – 0,678 г. У цих варіантах отримали також найвищі показники масової частки вологи, які становили відповідно 8,6 і 9,1%.

Подальші дослідження будуть виконуватись у напрямі порівняння показників економічної ефективності вирощування універсального сорту амаранту Харківський-1 та зернового сорту амаранту Лера у посушливому Південному Степу України.

Список використаних джерел

1. Белінська А. П., Кричковська Л. В., Зекунова Т. І. Використання борошна амаранту в хлібопекарській промисловості. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2008. Вип. 2(8). С. 164–168.

2. Kauffman C. S., Weber L. E. Grain amaranth. *Advances in new crops*. Portland: Timber Press, 1990. P. 127–139.

3. Teutonics R. A., Knorr D. Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*. 1985. Vol. 39(4). P. 49–61.

4. Becker R., Wheeler E. L., Lorenz K., Stafford A. E., Grosjean O. K., Betschart A. A., Saunders R. M. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science*. 1981. Vol. 46. P. 1175–1180.

5. Bressani R., Gonzales J. M., Zuniga J., Brauner M., Elias L.G. Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. *Food and Agricultural*. 1987. Vol. 38. P. 347–356.

6. Morales E., Lembcke J., Graham G. G. Nutritional value for young children of grain amaranth and maize-amaranth mixtures: effect of processing. *Journal of Nutrition*. 1988. Vol. 118. P. 75–78.

7. Stone L. A., Lorenz K., Collins F. The starch of *Amaranthus* – Physics-chemical properties and functional characteristics. *Starch*. 1984. Vol. 36(7). P. 232–237.

8. Yanez G. A., Messinger J. K., Walker C. E., Rupnow J. H. *Amaranthus*

hypochondriacus: Starch isolation and partial characterization. *Cereal Chemistry*. 1986. Vol. 63(3). P. 273–276.

9. Betschart A. A., Irving D. W., Shepherd A. D., Saunders R. M. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Journal of Food Science*. 1981. Vol. 46. P. 1181–1187.

10. Lyon C. K., Becker R. Extraction and refining of oil from amaranth seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1987. Vol. 64. P. 233–236.

11. Martirosyan D. M., Miroshnichenko L. A., Kulakova S. N., Pogojeva A. V., Zolodov V. I. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids in Health and Disease*. 2007. Vol. 6. P. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-1>.

12. Мішин С. М., Щербakov В. Я., Гобеляк Ю. М. та інші. Льон олійний, амарант і кунжут у Степу України. Одеса: «БМВ», 2011. 216 с.

13. Manikandan S., Srimathi P. Studies on post-harvest seed handling techniques on grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Current Biotica*. 2014. Vol. 8(2). P. 132–141.

14. Grundy M. L., Momanyi D. K., Holland C. Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods*. 2020. Vol. 72. P. 1–10.

15. Saunders R. M., Becker R. Amaranthus: a potential food and feed resource. *Advances in cereal science and technology*. 1984. Vol. 6. P. 357–396.

16. Ghelle F. O., Njiru E. N., Mutisya D. L. Grain amaranth production technologies for enhanced food and nutritional security. Kenya. 2012. 28 p. URL: <https://www.kalro.org/csapp/images/Gra-in-amaranth-training-manual.pdf> (дата звернення 20.01.2022).

17. Демидась Г. І., Слюсар І. Т. Нетрадиційні кормові культури: навчальний посібник. Київ, 2019. 190 с.

18. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М. А. та інші. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.

19. Валентюк Н. О., Станкевич Г. М. Особливості післязбиральної обробки зерна амаранту. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: Матеріали IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції*. Київ: НУХТ, 2020. С. 57–58.

20. Stankevych G., Valentiuk N., Ovsianynkova L., Zhygunov D. Changes in quality of amaranth grain in the course of postharvest handling and storage. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15(1). P. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.1959>.

21. Шелест В. К., Підпалій І. Ф., Бернадський І. В. Норма висіву насіння, ширина міжрядь та чутливість до зрошення амаранта волотистого в Центральному Лісостепу. *Матеріали першої всеукраїнської конференції з проблеми вирощування, переробки і використання амаранта на кормові, харчові і інші цілі*. Вінниця, 1995. С. 40–41.

22. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та інші. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

23. Юркевич Є. О., Бойко П. І., Коваленко Н. П., Валентюк Н. О. Науково-технологічні та агробіологічні основи високопродуктивних агроєкосистем України: монографія. Одеса: Видавництво

ТОВ «Іздателський центр», 2021. 654 с. ISBN 978-966-2681-12-3.

24. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин. 2016. 158 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41997447d.pdf> (дата звернення 20.01.2022).

25. Хохлачов В. В. Хліб на день прийдешній: секрет амаранта. *Вісник АН України*. 1992. №2. С. 16–22.

26. Бойко П. І. Кукурудза в інтенсивних сівозмінках. Київ: Урожай, 1990. 142 с.

27. Wagoner P. Amaranth density report. Emmaus: Rodale Press, 1983. 3 p.

28. Карасьова Н. В. Перспективи використання амаранту. *Хранение и переработка зерна*. 2009. №1. С. 31–33.

29. Webb D. M., Smith C. W., Schutz-Schaeffer J. Amaranth seedling emergence as affected by seeding date and temperature on a thermogradient plate. *Agronomy*. 1987. Vol. 79(1). P. 23–26.

30. Коваленко Н. П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI ст.): монографія. Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 490 с.

References

1. Belinska, A. P., Krychkovska, L. V. & Zekunova, T. I. (2008). *Vykorystannia boroshna amarantu v khlibopekarskii promyslovosti* [The use of amaranth flour in the baking industry]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*. 2(8). 164–168.

2. Kauffman, C. S. & Weber, L. E. (1990). Grain amaranth. *Advances in new crops*. Portland: Timber Press, 127–139.

3. Teutonics, R. A. & Knorr, D. (1985). Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*. 39(4). 49–61.

4. Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, K., Stafford, A. E., Grosjean, O. K., Betschart, A. A. & Saunders, R. M. (1981). A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science*. 46. 1175–1180.

5. Bressani, R., Gonzales, J. M., Zuniga, J., Brauner, M. & Elias L.G. (1987). Yield, selected chemical composition and nutritive value of 14 selections of amaranth grain representing four species. *Food and Agricultural*. 38. 347–356.
6. Morales, E., Lembcke, J. & Graham, G. G. (1988). Nutritional value for young children of grain amaranth and maize-amaranth mixtures: Effect of processing. *Journal of Nutrition*. 118. 75–78.
7. Stone, L. A., Lorenz, K. & Collins, F. (1984). The starch of *Amaranthus* – Physics-chemical properties and functional characteristics. *Starch*. 36(7). 232–237.
8. Yanez, G. A., Messinger, J. K., Walker, C. E. & Rupnow, J. H. (1986). *Amaranthus hypochondriacus*: Starch isolation and partial characterization. *Cereal Chemistry*. 63(3). 273–276.
9. Betschart, A. A., Irving, D. W., Shepherd, A. D. & Saunders, R. M. (1981). *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Journal of Food Science*. 46. 1181–1187.
10. Lyon, C. K. & Becker, R. (1987). Extraction and refining of oil from amaranth seed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 64. 233–236.
11. Martirosyan, D. M., Miroshnichenko, L. A., Kulakova, S. N., Pogojeva, A. V. & Zoloedov, V. I. (2007). Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids in Health and Disease*. 6. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-1>.
12. Mishyn, S. M., Shcherbakov, V. Ya., Hobelyak, Yu. M. ta inshi. (2011). *Lon oliynyi, amarant i kunzhut v Stepu Ukrainy* [Oil flax, amaranth and sesame in the Steppe of Ukraine]. Odesa: «VMV», 216.
13. Manikandan, S. & Srimathi, P. (2014). Studies on post-harvest seed handling techniques on grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Current Biotica*. 8(2). 132–141.
14. Grundy, M. L., Momanyi, D. K. & Holland, C. (2020). Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods*. 72. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104065>.
15. Saunders, R. M. & Becker, R. (1984). Amaranthus: a potential food and feed resource. *Advances in cereal science and technology*. 6. 357–396.
16. Ghelle, F. O., Njiru, E. N. & Mutisya D. L. (2012). *Grain amaranth production technologies for enhanced food and nutritional security*. Kenya. 28. URL: <https://www.kalro.org/csapp/images/Gra-in-amaranth-training-manual.pdf> (date of application 20.01.2022).
17. Demydas, H. I. & Sliusar, I. T. (2019). *Netradytsiini kormovi kultury: navchalnyi posibnyk* [Unconventional forage crops: manual]. Kyiv. 190.
18. Hoptsiy, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A. ta inshi. (2018). *Amarant: selektsiya, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannya: monohrafiya* [Amaranth: selection, genetics and cultivation prospects: monograph], Kharkiv: KHNAU. 362.
19. Valentyuk, N. O. & Stankevych, H. M. (2020), *Osoblyvosti pislyazbyrальноi obrobky zerna amarantu* [Features of post-harvest processing of amaranth grain]. *Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti Yevrointehratsii: Materialy IKh-yi Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii*. Kyiv: NUKhT, 57–58.
20. Stankevych, G., Valentiuk, N., Ovsianynkova, L. & Zhygunov, D. (2021). Changes in quality of amaranth grain in the course of postharvest handling and storage. *Food science and technology*. 15(1). 80–90. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.1959>.
21. Shelest, V. K., Pidpalyi, I. F. & Bernadskyi, I. V. (1995). *Norma vysivu nasinnia, shyryna mizhriad ta chutlyvist do zroshennia amaranta volotystoho v Tsentralnomu Lisostepu* [Seed sowing rate, row spacing and sensitivity to amaranth watering in the Central Forest-Steppe]. *Materialy pershoi vseukrainskoi konferentsii z problemy vyroshchuvannya, pererobky i vykorystannia amaranta na kormovi, kharchovi i inshi tsili*. Vinnytsia, 40–41.

22. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M. ta inshi. (2016). *Doslidna sprava v ahronomiyi: navchalnyi posibnyk* [Research in agronomy: a textbook]: u 2 kn. Kn. 1. *Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Theoretical aspects of research]. Kharkiv: Maidan, 316.
23. Yurkevych, Ye. O., Boiko, P. I., Kovalenko, N. P. & Valentiuk, N. O. (2021). *Naukovo-tehnologichni ta ahrobiologichni osnovy vysokoproduktyvnykh ahroekosystem Ukrainy: monohrafiia* [Scientific-technological and agrobiological bases of highly productive agroecosystems of Ukraine: monograph]. Odessa: Publishing House LLC «Publishing Center». 654. ISBN 978-966-2681-12-3.
24. *Metodyka provedennya kvalifikatsiynoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennya v Ukraini.* (2016). [Methods of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine], URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41997447d.pdf> (date of application 20.01.2022).
25. Khokhlachov, V. V. (1992). *Khlib na den prydesnyi: sekret amaranta* [Bread for the day to come: the secret of amaranth]. *Visnyk AN Ukrainy.* 2. 16–22.
26. Boiko P. I. (1990). *Kukurudza v intensyvnykh sivozminakh* [Corn in intensive crop rotations]. Kyiv: Urozhai, 142.
27. Wagoner, P. (1983). *Amaranth density report*. Emmaus: Rodale Press, 3.
28. Karasova, N. V. (2009). *Perspektyvy vykorystannia amarantu* [Prospects for the use of amaranth]. *Khranenie i pererabotka zerna.* 1. 31–33.
29. Webb, D. M., Smith, C. W. & Schutz-Schaeffer, J. (1987). *Amaranth seedling emergence as affected by seeding date and temperature on a thermogradient plate.* *Agronomy.* 79(1). 23–26.
30. Kovalenko, N. P. (2014). *Stanovlennia ta rozvytok naukovo-orhanizatsiinykh osnov zastosuvannia vitchyznianykh sivozmin u systemakh zemlerobstva (druha polovyna XIX – pochatok XXI st.): monohrafiia.* [Becoming and development of scientifically and organizational bases of application of home crop rotations in the systems of agriculture (the second half of XIX is beginning of XXI of century): monograph]. Kyiv: TOV «Nilan-LTD»: 490. ISBN 978-966-924-032-3.

INFLUENCE OF SEED DENSITY OF UNIVERSAL AND GRAIN AMARANT VARIETIES ON YIELD AND PHYSICAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GRAIN

Ye. O. Yurkevych, N. O. Valentiuk, I. M. Kohut, P. I. Boiko, N. P. Kovalenko

Abstract. *In the conditions of global warming, in particular the growing aridity of the steppe zone of Ukraine, as well as the deficit of organic matter and declining nitrogen reserves in the soil, agricultural producers are faced with the task of finding effective cultivation of drought-resistant crops that are competitive in the market, have economic feasibility and unpretentiousness in cultivation. Producers of agricultural products have paid attention to the cultivation of non-traditional culture – amaranth, which is distinguished by its biological characteristics and agrotechnics action to increase soil fertility in climate change.*

It was found that the optimal sowing density for growing amaranth in arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine is 150 thousand pieces/ha. Under such conditions, the highest yield of amaranth grain is formed: for the universal variety Kharkiv-1 – 3,06 t/ha, for the grain variety Lera – 3,34 t/ha. At a sowing density of 150 thousand pieces/ha, the highest values of 1000 grains were obtained: for the universal variety Kharkiv-1 – 0,665 g, for the grain variety Lera – 0,678 g. These options provided the highest mass fractions of moisture, which were 8,6 and 9,1%,

Юркевич Є. О., Валентюк Н. О., Когут І. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П.

respectively. It was found that in order to obtain quality products from harvesting to processing of amaranth grain, it is necessary to use a set of technological operations aimed at preventing crop losses and preserving its useful properties.

Keywords: *amaranth, cultivation technology, varieties, sowing density, yield, physical-technological properties*