

## **УРОЖАЙНІСТЬ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ ТА НОРМИ ВИСІВУ В УМОВАХ ДОСТАТНЬОГО ЗВОЛОЖЕННЯ**

Для встановлення оптимальної норми висіву сортів амаранту в умовах достатнього зволоження було проведено польові дослідження на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Погодні умови в роки досліджень були досить контрастними і відрізнялися від середньобагаторічних даних як за сумою опадів, так і за рівнем температури. Було тепліше і випало більше опадів. У 2020 і 2022 рр. середня температура за вегетаційний період становила 15,3 °С, що на 0,5 °С вище від багаторічних даних. У 2021 р. вона (14,8 °С) відповідала середнім багаторічним даним. У 2020 р. за вегетаційний період опадів випало на 129 мм вище від норми, у 2021 р. – на 73 мм, у 2022 р. – на 28 мм. Досліджували шість норм висіву: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 млн схожих насінин на 1 га для шести сортів: Харківський 1, Ацтек, Лера, Сем, Студентський, Ультра.

Дослідженнями встановлено, що густина рослин мало залежала від сорту і перебувала в межах 25–28 рослин/м<sup>2</sup>. Норма висіву мала значно більший вплив на густоту рослин перед збиранням. За норми висіву 0,2 млн/га вона становила 14 рослин/м<sup>2</sup>, а за висіву 1,2 млн/га збільшилася лише до 32 рослин/м<sup>2</sup>, або на 18 рослин/м<sup>2</sup>. Найбільшою індивідуальною продуктивністю (12,5–34,0 г) за всіх норм висіву характеризувався сорт амаранту Харківський 1. Маса насіння з рослини була найвищою (17,6–34,0 г) у всіх сортів за норми висіву 0,2 млн/га. Оптимальним поєднанням елементів структури врожаю для формування найвищої продуктивності в сорту Харківський 1 було 20 рослин/м<sup>2</sup> і маса насіння з рослини 23,1 г. За такої ж густоти рослин і дещо меншої маси насіння з рослин (19,7 г) одержано найбільшу врожайність у сорту Лера. Найвищою маса 1000 насінин амаранту була в найурожайнішого сорту Харківський 1, де залежно від норми висіву коливалася в межах 0,86–0,92 г. Вона більше змінювалася під впливом сорту (0,14 г), ніж під впливом норми висіву (0,04 г). Збільшення норми висіву до 1,2 млн/га призводило до зменшення маси 1000 насінин до 0,79 г, тоді як за норми висіву 0,2 млн/га вона становила 0,83 г. Найвищу врожайність в середньому за три роки одержано в амаранту сорту Харківський 1 з нормою висіву 0,4 млн/га – 4,63 т/га. Найменша врожайність у середньому за три роки та за нормами висіву була в амаранту сорту Ультра. Сорти Ацтек та

Студентський забезпечили приріст урожайності порівняно з Ультра відповідно на 0,21 т/га (8,0 %) та 0,41 т/га (15,5 %). У сорту Сем приріст урожайності становив 0,82 т/га (31,1 %). Сорти Харківський 1 та Лера переважали сорт Ультра відповідно на 1,76 т/га (66,7 %) та 1,13 т/га (42,8 %).

Найменша врожайність у середньому за всіма досліджуваними сортами була за максимальної норми висіву. На варіанті з висівом 1,0 млн/га врожайність підвищилася до 3,35 т/га, що вище від норми висіву 1,2 млн/га на 0,11 т/га (3,4 %). За норми висіву 0,8 млн/га врожайність зросла на 0,19 т/га (5,7 %). Найбільший приріст одержано за норми висіву 0,6 млн/га – 0,22 т/га (6,8 %). Оптимальні норми висіву для сортів амаранту є такі: Харківський 1, Лера і Студентський – 0,4–0,6 млн/га, Сем – 0,6–0,8, Ацтек – 0,6–1,0, Ультра – 0,8–1,2 млн/га.

**Ключові слова:** амарант, сорт, норма висіву, структура врожаю, продуктивність.

**Mariia Tyrus, Volodymyr Lykhochvor**

Lviv National Environmental University

### **The yield of amaranth depending on the variety and sowing rate in conditions of sufficient moisture**

In order to establish the optimal sowing rate of amaranth varieties in conditions of sufficient moisture, field studies were conducted on dark-gray podzolized soil. The weather conditions during the research years were quite contrasting and differed from the average multi-year data both in the amount of precipitation and in terms of temperature. Hydrothermal conditions differed from the average long-term data. It was warmer and more rain fell. In 2020 and 2022, the average temperature during the growing season was 15.3 °C, which is 0.5 °C higher than the long-term data. In 2021, it (14.8 °C) corresponded to the average long-term data. In 2020, 129 mm more fell during the growing season, in 2021 – 73 mm more, in 2022 – 28 mm more than normal. Six sowing rates were studied: 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0; 1.2 million similar seeds per hectare for six varieties Kharkivskiyi 1, Aztec, Lera, Sem, Studentskiy, Ultra.

The research established that the density of plants depended little on the variety and was within 25–28 plants/m<sup>2</sup>. Seeding rate had a significantly greater effect on plant density before harvest. At the sowing rate of 0.2 million/ha, it was 14 plants/m<sup>2</sup>, and at the sowing rate of 1.2 million/ha, it increased only to 32 plants/m<sup>2</sup>, or by 18 plants/m<sup>2</sup>. Among the varieties of amaranth, the Kharkivskiyi 1 was characterized by the highest individual productivity (12.5–34.0 g) at all sowing rates. The mass of seeds per plant was the highest (17.6–34.0 g) in all varieties at the sowing rates of 0.2 million/ha. The optimal combination of elements of the crop structure for the formation of the highest productivity in the variety Kharkivskiyi 1 was 20 plants/m<sup>2</sup> and the weight of seeds per plant was 23.1 g. With the same density of plants and a slightly lower weight of seeds per plant (19.7 g), the highest yield was obtained in Lera variety. The highest weight of 1.000 amaranth seeds was in the most productive variety Kharkivskiyi 1, which, depending on the sowing rate, varied between 0.86 and 0.92 g. It changed more under the influence of the variety (0.14 g) than under the influence of the sowing rate (0.04 g). An increase

in the seeding rate to 1.2 million/ha led to a decrease in the weight of 1.000 seeds to 0.79 g, while at a seeding rate of 0.2 million/ha it was 0.83 g. The highest yield on average over three years was obtained in amaranth variety Kharkivskyi 1 with a sowing rate of 0.4 million/ha – 4.63 t/ha. the lowest yield on average over three years, according to sowing rates, was in amaranth of the Ultra variety. Aztec and Studentskyi varieties provided an increase in yield compared to Ultra, respectively by 0.21 t/ha (8.0 %) and 0.41 t/ha (15.5 %). In the Sem variety, the yield increase was 0.82 t/ha (31.1 %). Varieties Kharkivskyi 1 and Lera prevailed over the Ultra variety by 1.76 t/ha (66.7 %) and 1.13 t/ha (42.8 %), respectively.

The lowest yield on average for all studied varieties was at the maximum sowing rate. On the option with sowing 1.0 million/ha, the yield increased to 3.35 t/ha, which is higher than the norm of sowing 1.2 million/ha by 0.11 t/ha (3.4 %). At the sowing rate of 0.8 million/ha, the yield increased by 0.19 t/ha (5.7 %). The largest increase was obtained for sowing rates of 0.6 million/ha – 0.22 t/ha (6.8 %). The optimal sowing rates for amaranth varieties are as follows: Kharkivskyi 1, Lera and Studentskyi – 0.4–0.6 million/ha, Sem variety – 0.6–0.8, Aztec variety – 0.6–1.0, Ultra variety – 0.8–1.2 million/ha.

**Keywords:** amaranth, variety, sowing rate, crop structure, productivity.

**Вступ.** Амарант – псевдозлакова культура, яка належить до родини Амарантових. Має цінні поживні та лікувальні властивості. Ця рослина є джерелом ненасичених жирних кислот, білка, харчових волокон та мінералів [22]. Найважливішим компонентом амарантової олії є сквален [27].

Амарант широко використовують у сучасному оздоровчому харчуванні, косметичній та фармацевтичній промисловості, а також для профілактики та лікування деяких захворювань, таких як ішемічна хвороба серця, гіпертонія, цукровий діабет тощо [25].

Амарант був відомий ще в імперії інків, майя та ацтеків. На сьогодні амарант відкрито «заново». Культура мало культивована в часі і просторі. Тому потрібно вивчати більшість її елементів технології вирощування [3].

Амарант має значні перспективи для вирощування в Україні. В. В. Саратівський [14] відзначає, що для нього придатні навіть кліматичні умови Прикарпаття.

У сучасному аграрному виробництві з використанням вузького переліку вирощуваних культур важливим є залучення альтернативних видів [25, 36]. Амарант належить до культур, технології вирощування яких вивчено недостатньо. Але вони мають вищий вміст білка, не містять інгібіторів ферментів і алергенів, які присутні у злаках.

Є велике різноманіття культури амаранту, нараховують 60–70 їх видів [16]. Відзначено велику потребу в селекційних програмах для виведення нових сортів [11, 12, 30]. Багаті білком зерна кількох видів

(*A. Caudatus* L., *Amaranthus hypochondriacus* L. і *A. Cruentus* L.) споживають як псевдозлаки, їх називають зерновими амарантами [21, 18, 31].

*Amaranthus cruentus* (червоний амарант) можна вважати перспективною культурою завдяки його високій харчовій та функціональній цінності. Врожайність зерна восьми сортів *A. cruentus* незначно відрізняється від показників багатьох зернових культур, таких як ячмінь і овес, які традиційно використовують на корм тваринам. Він також добре пристосований до спекотного клімату, оскільки види амаранту, а також кукурудза та сорго належать до класу рослин із C4-фотосинтетичним шляхом зв'язування вуглецю, здатним максимізувати ефективність фотосинтезу в умовах високої інтенсивності світла та високих температур [22].

Зразки *Amaranthus cruentus* (Mexicanе та New Mexico) були стабільними та високопродуктивними ( $>2,7$  т насіння га<sup>-1</sup>), а *Amaranthus hypochondriacus* (помаранчевий гігант і бургундський) мав найвищий відсоток олії (завжди вище 5,7 %) [21].

Важливим видом є *A. Caudatus* L. Його культивують в Андах Перу, Болівії, Еквадору та Аргентини. *A. Caudatus* походить з того ж регіону на високогір'ї Анд, що й звичайна картопля. Досліджувані сорти мали відносно високий вміст білка: відповідно 14,6 і 14,7 % для Centenario і Oscar Blanco. Вміст жиру був дуже схожим для обох сортів – відповідно 10,1 і 10,2 % для Centenario і Oscar Blanco. Основним компонентом були вуглеводи: відповідно 82,8 і 82,0 % для Centenario і Oscar Blanco [20].

Важливим є вибір виду *A. hypochondriacus* як замітника традиційних зернових через наявність корисних для здоров'я біологічно активних сполук. Вміст протеїну і жиру був вищий, ніж у найважливіших зернових культур. Крім того, не лише кількість, але й ліпідний склад зерен *A. hypochondriacus* визначає його харчову цінність та корисні властивості для здоров'я [18].

Амарант належить до тих рослин, з якими селекційну роботу розпочато відносно недавно [13]. Важливим є виведення посухостійких сортів [26]. За допомогою селекції можна значно поліпшити якість зерна амаранту та підвищити його врожайність. Велику цінність мають нові сорти, які переважають за врожайністю вирощувані в певних ґрунтово-кліматичних умовах сорти, враховуючи, що витрати на виробництво насіння амаранту мінімальні.

Експерименти зі створення нових сортів тривають. Так, вказано, що результати досліджень з вивчення 10 сортів амаранту з

урожайністю 2,2–3,2 т/га можуть бути використані для селекційних програм [35].

Під час досліджень вивчали 32 колекційних зразки чотирьох видів амаранту, а саме: *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus hypochondriacus*. Виділені в результаті досліджень зразки амаранту можуть бути використані як цінний вихідний матеріал для ведення селекції амаранту на продуктивність і адаптивність [13].

У дослідженнях І. Т. Гопцій з співавт. [1] визначено конкретний морфотип рослин цієї культури, який відповідає певному напрямку використання. 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. Зернову групу амарантів характеризують також такі ознаки, як довжина волоті, продуктивність волоті, вологість насіння під час збирання та його поживні якості.

Розширенню посівних площ амаранту буде також сприяти створення високопродуктивних сортів для різних ґрунтово-кліматичних умов. Значний обсяг досліджень з цього напрямку в Україні виконано в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України (Стерх, Кремовий ранній, Кармін), Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН (Легінь, Ацтек, Орхідея, Котигорошок), Харківському НАУ імені В. В. Докучаєва (Ультра, Харківський 1, Надія, Студентський, Сем, Роганський) [5]. З-поміж сортів Ультра належить до ранньостиглих, Харківський 1 – до середньостиглих, Рушничок – до пізньостиглих.

Станом на 2021 р. в Україні зареєстровано 19 сортів амаранту [5], який має різнобічне призначення, найбільше його використовують як зернову культуру (7 сортів), але є сорти для озеленення, силосування, а також лікувального призначення [10].

В Україні найпоширеніші сорти амаранту Харківський-1, Лікувальний, Ультра, Студентський, Геліос, Сем та ін. [9].

Сорт значною мірою впливає також на якість зерна. У результаті досліджень рекомендують сорти Plenitude і Норі Red Dye як цінний вибір за вмістом у зерні амаранту поліфенолів, протеїну та властивостями антиоксидантної активності. Вміст білка коливався в широкому діапазоні (12,34–37,25 %), найвищим він був у сорту Норі Red Dye [28].

Маса 1000 насінин має прямі кореляційні зв'язки з якістю зерна, а саме з вмістом білка [23]. Урожайність листя негативно корелює з урожайністю насіння [24].

Дослідження, проведені в умовах Польщі, показали, що вміст жиру і токоферолів був вищим у сорту Ацтек [32] і його кількість зростала з підвищенням норми добрив до  $N_{130}P_{70}K_{70}$  [33].

Досліджувані зразки амаранту мали дуже різні показники якості. Загальний вміст олії коливався в межах 6,42–12,53 %, лінолевої кислоти – 25,68–54,34 %, олеїнової – 21,97–42,01 % від загальної кількості жирних кислот, загальний вміст білка становив 7,84–18,01 %, серед важливих незамінних амінокислот відзначено вміст лізину (0,66–11,12 г/16 г N), метіоніну (0,35–4,80 г/16 г N). Як видно, виявлено перспективні зразки з високою якістю: вміст білка >16 %, олії >11 %, лізину >7,5 г/16 г азоту, що вище ніж значення, повідомлені FAO. Вони можуть бути використані як потенційний селекційний матеріал для підвищення поживності шляхом генетичного вдосконалення [34]. Отримані результати свідчать про те, що насіння сортів амаранту, отриманих опроміненням, має високий поживний потенціал і може використовуватися як додаткова культура в раціоні людини [23].

Для цієї відносно нової культури потрібно вивчати й уточнювати більшість елементів технології [17]. Особливо це стосується пошуку оптимальних норм висіву для нових сортів в умовах певної ґрунтово-кліматичної зони.

Відзначено, що немає даних про оптимальну щільність рослин амаранту, внаслідок багатьох експериментів отримано різні, часом суперечливі результати. Для оптимізації норми висіву два генотипи *Amaranthus cruentus* (сорт Амар) та *Amaranthus hypochondriacus* (сорт Анна) було висіяно в кількості 17; 35; 70 та 140 рослин/м<sup>2</sup> з міжряддям 30 см. Результати показують вплив сорту на масу 1000 насінин, середня маса 1000 насінин для Амара становила 0,61 г і для Анни – 0,65 г, але сорт істотно не впливає на врожайність насіння. Збільшення популяції рослин зменшило масу 1000 насінин, і в обох сортів маса 1000 насінин була більша за 17 рослин на м<sup>2</sup>. Найвищу врожайність насіння отримано на варіанті із 140 рослин на м<sup>2</sup>. Збільшення густоти рослин від 17 до 140 шт./м<sup>2</sup> приводить до зростання врожайності зерна для сорту Анна від 1197 до 8447 кг/га, а для сорту Амар – від 982 до 6685 кг/га [18].

Дослідження в Східній Австрії були спрямовані на встановлення оптимальної густоти посівів адаптованих зернових генотипів амаранту. Сорти Neuer Typ, Mittlerer Typ (*A. hypochondriacus*) і Amar (*A. cruentus*) вивчали при густоті 8; 17 і

35 рослин/м<sup>2</sup>. Урожайність за ручного збирання становила від 2200 до 3000 кг/га без істотних генотипових відмінностей. Генотипи відрізнялися масою 1000 насінин (0,55–1,04 г), періодом від сівби до збирання (97–130 діб). Якість зерна була в таких діапазонах: вміст сирого протеїну 15,2–18,6 %, сирого жиру – 5,4–8,6 %, сирогої клітковини – 3,5–4,2 %, золи – 2,7–3,2 %, вуглеводів – 66,7–72,7 %. Зроблено висновок, що густина посіву не впливала ні на врожайність, ні на якість зерна [20].

Оптимальною нормою висіву при використанні на зерно для всіх сортів є 0,9 кг/га. У середньому за три роки врожай за такої норми висіву перевищував більш зріджені посіви на 9,6–31,6 %, а більш загушені – на 21,2–38,8 %. Дослідженнями сортового складу амаранту визначено напрями вирощування: на корм більш перспективним є сорт Ацтек, а на зерно – Ультра. У першому випадку Ацтек перевищує Ультра на 2,1, а в другому Ультра переважає Ацтек на 51,6 %. Встановлені математичні моделі дозволяють зробити висновок, що оптимальною є густина стояння 54,8 рослини амаранту на 1 м<sup>2</sup> (сорт Ультра) та 44,7 рослин/м<sup>2</sup> (сорт Орхідея) [8].

Насіннева продуктивність усіх трьох видів амаранту була найвищою в рослин, розміщених за схемою 45x10 см. З урахуванням варіабельності густоти стояння рослин амаранту залежно від умов року (коефіцієнт варіації 29 %) для забезпечення оптимальної густоти рослин при рядковому способі сівби за схемою 15x10 см оптимальною нормою висіву є 0,8 кг/га (1,16 млн), широкорядному (45x10 см) – 0,55 кг (0,80 млн схожих насінин на 1 га) [2]. У результаті проведення досліджень вказано точну норму висіву (1,0 млн/га) [6], 0,65 млн/га [7] або широкий діапазон норм висіву: від 0,5 до 5,0 кг/га [15].

**Матеріали і методи.** Для встановлення оптимальних норм висіву сортів амаранту у зоні достатнього зволоження Західного Лісостепу України у 2020–2022 рр. на експериментальній базі Львівського національного університету природокористування проводили польові дослідження. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий з умістом гумусу 2,3 %, легкогідролізного азоту – 80–84 мг, рухомих форм фосфору і калію (за методикою Чирикова) – відповідно 108–114 мг і 98–108 мг на 1 кг Ґрунту. Реакція Ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки – 6,0.

Гідротермічні умови відрізнялися від середніх багаторічних даних. Було тепліше і випало більше опадів. У 2020 і 2022 рр. середня температура за вегетаційний період становила 15,3 °С, що на 0,5 °С вище від багаторічних даних. У 2021 р. вона (14,8 °С) відповідала

середнім багаторічним даним. У 2020 р. за вегетаційний період випало на 129 мм вище від норми, у 2021 р. – на 73 мм, у 2022 р. – на 28 мм.

Облікова площа – 30 м<sup>2</sup>, повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – систематичне. Досліджували шість норм висіву: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 млн схожих насінин на 1 га для шести сортів амаранту: Харківський 1, Ацтек, Лера, Сем, Студентський, Ультра.

Попередником амаранту була пшениця озима, після збирання якої проводили дискування стерні та в жовтні зяблеву оранку. Восени під оранку внесли фосфорні й калійні добрива – Р<sub>60</sub>К<sub>120</sub>. Навесні закривали вологу важкими боронами. Під передпосівну культивуацію вносили N<sub>160</sub>. Пів норми азоту N<sub>80</sub> застосовували у вигляді аміачної селітри, другу половину N<sub>80</sub> – у вигляді карбаміду. Сіяли рядковим способом з міжряддями 45 см на глибину 1 см у третій декаді квітня в усі три роки досліджень. Використовували сівалку Хорш Пронто 4 ДС. Для боротьби з бур'янами використовували міжрядні обробітки та гербицид фюзилад Форте (1,0 л/га). Обприскування проводили ранцевим оприскувачем з розрахунку витрати 200 л/га робочого розчину. Скошували амарант у фазі повної стиглості насіння в нижній і середній частинах волоті, після підсихання обмолочували.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакетів «Microsoft Excel» і «Statistica 6».

**Результати та обговорення.** Для реалізації потенціалу врожайності агроценозу важливе значення має встановлення оптимальної густоти рослин на одиниці площі, яка б відповідала біологічним особливостям культури, кліматичним умовам зони, елементам технології вирощування тощо. Густота рослин перед збиранням є одним із найважливіших показників структури врожаю. Результати наших досліджень показують, що густота рослин була майже однаковою в усіх сортів і змінювалася в діапазоні 25–28 рослин/м<sup>2</sup> (табл. 1).

Цілком закономірно на щільність рослин значно більше впливав інший досліджуваний чинник – норма висіву. Адже варіанти відрізнялися на 0,2 млн/га, або на 20 рослин/м<sup>2</sup>. Очікувано менша густота рослин була за нижчих норм висіву. З урахуванням зменшення густоти рослин внаслідок втрат під час польової схожості та особливо виживання за вегетаційний період одержано такі результати. За норми висіву 0,2 млн/га густота рослин перед збиранням становила 14 рослин/м<sup>2</sup>. На варіанті з нормою висіву 0,4 млн/га вона збільшилася до 21 рослин/м<sup>2</sup>, або на 7 рослин/м<sup>2</sup>. Збільшення норми висіву до 0,6 та 0,8 млн/га привело до зростання щільності відповідно до 26 та 31 рослин/м<sup>2</sup>, що більше на 5 рослин/м<sup>2</sup> до попереднього варіанта. За



найвищих норм висіву (1,0 та 1,2 млн/га) густина майже не зростала (32 рослин/м<sup>2</sup>) внаслідок погіршення умов росту, збільшення внутрішньовидової конкуренції та зниження виживання рослин.

### 1. Густина рослин перед збиранням (2020–2022 рр.), шт./м<sup>2</sup>

Сорт	Норма висіву, млн/га схожих насінин						Середнє за сортами
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 (конт-роль)	
Харківський 1	13	20	25	29	31	33	25
Ацтек	14	21	26	29	30	31	25
Лера	14	20	25	30	31	31	25
Сем	14	21	26	31	32	32	26
Студентський	14	22	27	32	33	33	27
Ультра (стандарт)	14	23	28	32	34	35	28
Середнє за нормами висіву	14	21	26	31	32	32	

Вирівнювання густоти стояння рослин стало наслідком різного рівня виживання рослин. За висіву 20 насінин на м<sup>2</sup> до збирання залишалось 14 рослин/м<sup>2</sup>, або виживало 70 %, а за максимальної норми висіву 120 насінин/м<sup>2</sup> перед збиранням одержали 32 рослин/м<sup>2</sup>, або вижило лише 27 %.

Іншим важливим показником структури врожаю є маса насіння з однієї рослини. Вона змінювалася у значному діапазоні як під впливом норми висіву, так і сорту. Найвищою маса зерна була в сорту Харківський 1, залежно від норми висіву вона змінювалася від 34,0 до 12,5 г (табл. 2). Високою продуктивність суцвіття залишалася також у сорту Лера – від 26,6 до 11,5 г. У сорту Сем маса зерна з рослини в середньому за нормами висіву була на рівні 14,4 г. У сортів Студентський та Ацтек вона була нижчою відповідно 12,5 та 12,1 г. Найнижчим цей показник був у сорту Ультра – 10,4 г.

Ще більше на індивідуальну продуктивність рослини амаранту впливала норма висіву. Очікувано вона була найвища за меншої щільності рослин на одиниці площі, де залежно від сорту становила 17,6–34,0 г (табл. 2). Маса насіння з рослини має прямий кореляційний зв'язок з урожайністю,  $r = 0,99$ . Високим цей показник залишався також за норми висіву 0,4 млн/га – 11,0–23,1 г. За збільшення норми висіву маса насіння з рослини закономірно зменшувалася і найнижчою була на варіанті з висівом 1,2 млн/га – 7,7–12,5 г.

**2. Маса насіння з рослини (2020–2022 рр.), г**

Сорт	Норма висіву, млн/га схожих насінин						Середнє за сортами
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 (конт-роль)	
Харківський 1	34,0	23,1	18,2	15,2	13,7	12,5	19,4
Ацтек	19,0	13,2	11,2	10,3	9,7	9,1	12,1
Лера	26,6	19,7	15,6	12,6	11,9	11,5	16,3
Сем	23,6	16,6	13,9	11,6	10,8	10,2	14,4
Студентський	21,6	14,2	11,8	9,6	9,1	8,8	12,5
Ультра (стандарт)	17,6	11,0	9,4	8,5	8,2	7,7	10,4
Середнє за нормами висіву	23,7	16,3	13,3	11,3	10,6	10,0	

Найвищий рівень урожайності зерна сортів амаранту формувався за різних показників структури врожаю. У сорту Харківський 1 оптимальним їх поєднанням було 20 рослин/м<sup>2</sup> та маса насіння з рослини 23,1 г (табл. 3). За такої ж густоти рослин і дещо меншої маси насіння з рослин (19,7 г) одержано найбільшу врожайність у сорту Лера. Інші сорти найвищу врожайність формували за вищої густоти рослин і меншої їх індивідуальної продуктивності. Так, у сортів Ацтек та Ультра оптимальне поєднання густоти рослин і маси зерна з рослини було на рівні відповідно 29 рослин/м<sup>2</sup> та 10,3 г і 34 рослин/м<sup>2</sup> та 8,2 г. Слід відзначити, що за такої структури врожаю, з більшою густиною рослин, формувалася нижча врожайність зерна.

**3. Оптимальні елементи структури для формування найвищої врожайності сортів амаранту (2020–2022 рр.)**

Сорт	Найвища врожайність, т/га	Норма висіву, насінин/м <sup>2</sup>	Кількість рослин на м <sup>2</sup> перед збиранням, шт.	Маса насіння з рослини, г
Харківський 1	4,63	40	20	23,1
Ацтек	3,00	80	29	10,3
Лера	3,95	40	20	19,7
Сем	3,61	60	26	13,9
Студентський	3,18	60	27	11,8
Ультра (стандарт)	2,78	100	34	8,2

Показник маси 1000 насінин був стабільнішим і мало змінювався під впливом досліджуваних чинників. Під впливом сорту зміни були вагоміші (0,14 г), ніж під впливом норми висіву (0,04 г). Найвищою вона була в найурожайнішого сорту Харківський 1, де залежно від норми висіву коливалася в межах 0,86–0,92 г (табл. 4); високою залишалася також у сортів Лера та Сем, в середньому за нормами висіву – відповідно 0,82 та 0,81 г. У сортів Ацтек, Студентський та Ультра маса 1000 насінин була нижчою і становила 0,79; 0,78; 0,75 г.

#### 4. Маса 1000 насінин (2020–2022 рр.), г

Сорт	Норма висіву, млн/га схожих насінин						Середнє за сортами
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 (конт-роль)	
Харківський 1	0,92	0,91	0,89	0,89	0,88	0,86	0,89
Ацтек	0,80	0,80	0,79	0,78	0,78	0,78	0,79
Лера	0,84	0,84	0,82	0,82	0,81	0,80	0,82
Сем	0,84	0,83	0,81	0,81	0,80	0,79	0,81
Студентський	0,80	0,80	0,79	0,78	0,76	0,76	0,78
Ультра (стандарт)	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,73	0,75
Середнє за нормами висіву	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	

Маса 1000 насінин закономірно знижувалася в усіх сортів амаранту за збільшення норми висіву. Якщо на варіанті з висівом 0,2 млн/га в сорту Харківський 1 вона була найвищою у досліді і становила 0,92 г, то за висіву 1,2 млн/га знизилася до 0,86 г, або на 0,06 г. Найменше змінювалася маса 1000 насінин під впливом норми висіву у сорту Ацтек – з 0,80 до 0,78 г, або лише на 0,02 г. У загальному за нормами висіву сортів варіанти відрізнялися на 0,01 г.

Подібні дані одержали М. Г. Гусев і Д. П. Войташенко [4]. За результатами досліджень в умовах Лівобережного Лісостепу України маса 1000 насінин коливалася залежно від умов року та становила в сорту Ультра 0,51–0,68 г та в сорту Студентський – 0,57–0,71 г.

У наших дослідженнях сорт амаранту мав значний вплив на врожайність. Так, найвищу врожайність забезпечував сорт Харківський 1, і залежно від норми висіву вона становила 4,63–4,14 т/га (табл. 5). Високою залишалася врожайність зерна також у сорту Лера, в середньому за нормами висіву вона становила 3,77 т/га. У сорту Сем урожайність досягала 3,46 т/га, а в сорту Студентський –

3,05 т/га. Урожайність у сортів Ацтек і Ультра була менше 3 т/га і становила відповідно 2,85 і 2,64 т/га. Така закономірність формування врожаю в сортів була за всіх досліджуваних норм висіву.

### 5. Урожайність амаранту залежно від сорту і норми висіву (2020–2022 рр.), т/га

Сорт	Норма висіву, млн/га схожих насінин						Середнє за сортами
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 (конт-роль)	
Харківський 1	4,42	<b>4,63</b>	<b>4,55</b>	4,42	4,26	4,14	<b>4,40</b>
Ацтек	2,66	2,78	<b>2,92</b>	<b>3,00</b>	<b>2,91</b>	2,83	<b>2,85</b>
Лера	3,72	<b>3,95</b>	<b>3,90</b>	3,78	3,70	3,58	<b>3,77</b>
Сем	3,31	3,48	<b>3,61</b>	<b>3,60</b>	3,47	3,28	<b>3,46</b>
Студентський	3,03	<b>3,12</b>	<b>3,18</b>	3,08	3,01	2,90	<b>3,05</b>
Ультра (стандарт)	2,46	2,54	2,63	<b>2,73</b>	<b>2,78</b>	<b>2,70</b>	<b>2,64</b>
Середнє за нормами висіву	<b>3,27</b>	<b>3,42</b>	<b>3,46</b>	<b>3,43</b>	<b>3,35</b>	<b>3,24</b>	

HP<sub>05</sub> 2020 р. А – 0,07

В – 0,07

AB – 0,18

2021 р.

А – 0,05

В – 0,05

AB – 0,13

2022 р. А – 0,05

В – 0,05

AB – 0,12

Рівень впливу норми висіву на врожайність амаранту був значно нижчим (0,22 т/га) порівняно з впливом сорту (1,76 т/га). Також сорти по-різному реагували на досліджувані норми висіву. Високорослі сорти Харківський 1 та Лера найвищий рівень урожайності формували за норми висіву 0,4 млн/га – відповідно 4,63 та 3,95 т/га (табл. 5). Високою вона залишалася також за висіву 0,6 млн/га – 4,55 та 3,90 т/га. Збільшення чи зменшення норми висіву призводило в цих двох сортів до зниження врожайності посівів. У сорту Студентський спостерігали подібну закономірність, лише норма висіву 0,6 млн/га забезпечувала дещо вищу продуктивність (3,18 т/га) порівняно з нормою 0,4 млн/га (3,12 т/га). Сорт Сем найвищу врожайність формував за більших норм висіву; за висіву 0,6 млн/га врожайність становила 3,61 т/га, а за норми висіву 0,8 млн/га – 3,60 т/га.

Сорти з найменшою врожайністю вищу продуктивність забезпечували за ще більших норм висіву і в ширшому їх діапазоні. Так, у сорту Ацтек урожайність була вищою за норм висіву 0,6; 0,8; 1,0 млн/га, а в сорту Ультра – за норм висіву 0,8; 1,0; 1,2 млн/га.

Отже, найменша врожайність у середньому за три роки та за нормами висіву була в амаранту сорту Ультра. Сорти Ацтек та Студентський забезпечили приріст урожайності порівняно з Ультра відповідно на 0,21 т/га (8,0 %) та 0,41 т/га (15,5 %) (табл. 6). У сорту Сем приріст урожайності становив 0,82 т/га (31,1 %). Сорти Харківський 1 та Лера переважали сорт Ультра відповідно на 1,76 т/га (66,7 %) та 1,13 т/га (42,8 %).

## 6. Приріст урожайності залежно від сорту

Сорт	Урожайність, т/га	Приріст урожаю	
		т/га	%
Харківський 1	4,40	1,76	66,7
Ацтек	2,85	0,21	8,0
Лера	3,77	1,13	42,8
Сем	3,46	0,82	31,1
Студентський	3,05	0,41	15,5
Ультра (стандарт)	2,64	-	-

Найменшою врожайність у середньому за всіма досліджуваними сортами була за максимальної норми висіву (табл. 7). На варіанті з висівом 1,0 млн/га врожайність підвищилася до 3,35 т/га, що вище від норми висіву 1,2 млн/га на 0,11 т/га (3,4 %). За норми висіву 0,8 млн/га врожайність зросла на 0,19 т/га (5,7 %). Найбільший приріст одержано за норми висіву 0,6 млн/га – 0,22 т/га (6,8 %). Подальше зменшення норми висіву призводило до зниження приросту врожайності.

## 7. Приріст урожайності залежно від норми висіву

Норма висіву, млн/га	Урожайність, т/га	Приріст урожаю	
		т/га	%
0,2	3,27	0,03	0,9
0,4	3,42	0,18	5,6
0,6	3,46	0,22	6,8
0,8	3,43	0,19	5,7
1,0	3,35	0,11	3,4
1,2 (контроль)	3,24	-	-

## Висновки

1. Густина рослин перед збиранням за норми висіву 0,2 млн/га становила 14 рослин/м<sup>2</sup>, а за висіву 1,2 млн/га збільшилася лише до 32 рослин/м<sup>2</sup>, або на 18 рослин/м<sup>2</sup>. Густина рослин мало залежала від сорту і перебувала в межах 25–28 рослин/м<sup>2</sup>.

2. Маса насіння з рослини була найвищою (17,6–34,0 г) у всіх сортів за норми висіву 0,2 млн/га. Серед сортів амаранту найбільшою індивідуальною продуктивністю (12,5–34,0 г) за всіх норм висіву характеризувався сорт Харківський 1.

3. Оптимальним поєднанням елементів структури врожаю для формування найвищої продуктивності в сорту Харківський 1 було 20 рослин/м<sup>2</sup> і маса насіння з рослини 23,1 г. За такої ж густоти рослин і дещо меншої маси насіння з рослин (19,7 г) одержано найбільшу врожайність у сорту Лера. Інші сорти вищу врожайність формували за меншої маси зерна з рослини і більшої кількості рослин на м<sup>2</sup>.

4. Маса 1000 насінин амаранту більше змінювалася під впливом сорту (0,14 г), ніж під впливом норми висіву (0,04 г). Найвищою вона була в найурожайнішого сорту Харківський 1, де залежно від норми висіву коливалася в межах 0,86–0,92 г. Збільшення норми висіву до 1,2 млн/га призводило до зменшення маси 1000 насінин до 0,79 г, тоді як за норми висіву 0,2 млн/га вона становила 0,83 г.

5. Найвищу врожайність одержано в амаранту сорту Харківський 1 з нормою висіву 0,4 млн/га – 4,63 т/га. Оптимальні норми висіву для сортів амаранту є такі: Харківський 1, Лера і Студентський – 0,4–0,6 млн/га, Сем – 0,6–0,8 млн/га, Ацтек – 0,6–1,0 млн/га, Ультра – 0,8–1,2 млн/га.

#### Список використаної літератури

1. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування / Гопцій Т. І. та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
2. Гопцій Т. І. Агроекологічні й агротехнічні основи введення амаранту в культуру в Лівобережному Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Ін-т цукр. буряків УААН. Київ, 2004. 38 с.
3. Гудковська Н. Б., Гопцій Т. І. Урожайність зерна амаранту залежно від строків та способів сівби в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія "Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання"*. 2018. Вип. 2. С. 112–124.
4. Гусев М. Г., Войташенко Д. П. Продуктивність амаранту зернового напрямку залежно від способу сівби та норми висіву. *Зрошуване землеробство*. 2006. Вип. 46. С. 109–112.

#### References

1. Amaranth: breeding, genetics and growing prospects / Hoptsiy T. I. et al. Kharkiv : KhNAU, 2018. 362 p.
2. Hoptsiy T. I. Agroecological and agro-technical bases of the introduction of amaranth into culture in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine : autoref. of thesis for obtaining sciences degree of dr. agric. sciences : spec. 06.01.09 «Plant growing» / In-t tsukr. buriakiv UAAN. Kyiv, 2004. 38 p.
3. Hudkovska N. B., Hoptsiy T. I. The yield of amaranth grain depending on the terms and methods of sowing in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya "Roslynnystvo, selektsiia i nasinnystvo, plodoovochivnystvo i zberihannia"*. 2018. Issue 2. P. 112–124.
4. Husiev M. H., Voitashenko D. P. Productivity of grain amaranth depending on the method of sowing and the rate of

5. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. С. 339. URL: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/619/f7c/16b/619f7c16b87c8524959909.pdf> (дата звернення: 06.12.2021).
6. Дудка М. І. Вплив способу сівби, норми висіву і рівня мінерального живлення на продуктивність амаранту волотистого. *Рослинництво і ґрунтознавство*. 2020. Т. 11, № 1. С. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.023>.
7. Дудка М. І. Перспективи використання амаранту в кормовиробництві Північного Степу України. *Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи* : зб. наук. пр. II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кам'янець-Подільський, 25–26 квіт. 2016 р.). Тернопіль : Крок, 2016. С. 233–236.
8. Когут С. Г. Оптимізація заходів посівного комплексу амаранту в умовах Південного Степу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / Херсон. держ. аграр. ун-т. Херсон, 2006. 16 с.
9. Ланиця І. Ф. Дослідження високобілкової рослини сировини – амаранту в контексті товарознавчих властивостей посічених напівфабрикатів. *Вісник Львівського торгівельно-економічного університету. Серія Технічні науки*. 2020. № 24. С. 75–79. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-30>.
10. Ланиця І. Ф. Удосконалення товарознавчих властивостей посічених м'ясних напівфабрикатів з використанням продуктів переробки зерна амаранту : дис... канд. техн. наук : 05.18.15 / Львів. торговельно-екон. ун-т. Львів, 2021. 225 с.
11. Лиманська С. В. Мілливисть та зв'язки деяких морфологічних ознак амаранту (*AMARANTHUS L.*). С. 165–174. URL: <http://genres.com.ua/assets/files/9/165.pdf> (дата звернення: 28.05.2021).
12. Лиманська С. В. Поліморфізм морфологічних ознак, ізoferментних і молекулярно-генетичних маркерів у зернових видів амаранта (*Amaranthus L.*) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня sowing. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2006. Issue 46. P. 109–112.
5. State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2021. P. 339. URL: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/619/f7c/16b/619f7c16b87c8524959909.pdf> (last accessed: 06.12.2021).
6. Dudka M. I. Influence of sowing method, sowing rate and mineral level feeding on the productivity of panicle amaranth *Roslynnystvo i ґruntoznnavstvo*. 2020. Vol. 11, No 1. P. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.023>.
7. Dudka M. I. Prospects for the use of amaranth in fodder production in the Northern Steppe of Ukraine. *Selektsiia, nasimytstvo, tekhnologii vyroshchuvannia krupianykh ta inshykh silskohospodarskykh kultur: dosiahnennia i perspektvy* : zb. nauk. pr. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (m. Kamianets-Podilskyyi, 25–26 kvit. 2016 r.). Ternopil : Krok, 2016. P. 233–236.
8. Kohut S. H. Optimization of amaranth sowing complex measures in the conditions of the Southern Steppe : autoref. of thesis for obtaining sciences degree of dr. agric. sciences : spec. 06.01.09 «Plant growing» / Kherson. derzh. ahrar. un-t. Kherson, 2006. 16 p.
9. Lanytsia I. F. Research of high-protein vegetable raw material – amaranth in the context of merchandising properties of chopped semi-finished products. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. Serii Tekhnichni nauky*. 2020. No 24. P. 75–79. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-30>.
10. Lanytsia I. F. Improving the marketing properties of chopped meat semi-finished products using amaranth grain processing products : dys. ... cand. tekhn. nauk : 05.18.15 / Lviv. torhovelno-ekon. un-t. Lviv, 2021. 225 p.
11. Lymanska S. V. Variability and relationships of some morphological characters of amaranth (*AMARANTHUS L.*). P. 165–174. URL: <http://genres.com.ua/assets/files/9/165.pdf> (last accessed: 28.05.2021).

канд. біол. наук : спец. 03.00.15 «Генетика» / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики. Київ, 2014. 20 с.

13. Несміян О. В., Гопцій Т. І. Адаптивний потенціал зернового амаранту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного університету. Серія Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовівництво і зберігання*. 2015. № 1. С. 98–106.

14. Саратівський В. В. Вирощування і застосування амаранту на Прикарпатті. *Науковий вісник / Український державний лісотехнічний університет*. 2004. Вип. 14.8. С. 307–312.

15. Хазем Калаи Х., Боса К., Гроховска А. Щирица (амарант) – одна из первых сельскохозяйственных культур, выращиваемая человеком. *Зерно*. 2010. № 7. URL: <https://www.zernoua.com/journals/2010/iyun-2010-god/shchirica-amarant-odna-iz-pervyh-selskohozyaystvennyh-kultur-vyrashchivayemaya-chelovekom/> (дата обращения: 07.02.2023).

16. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop Sci*. 2017. Vol. 57. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

17. Alegbejo J. O. Nutritional value and utilization of amaranthus (*Amaranthus spp.*) – A review. *Bayero. Journal of Pure and Applied Science*. 2015. Vol. 6, No 1. P. 136–143.

18. *Amaranthus hypochondriacus* L. as a sustainable source of nutrients and bioactive compounds for animal feeding / M. Oteri et al. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, Issue 6. P. 876–890. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10060876>.

19. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries, Amaranth. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2013. P. 439–473. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857098924.439>.

20. Arezoo Pourfarid, Behnam Kamkar and Gholam Abbas Akbari. The effect of density on yield and some agronomical and physiological traits of Amaranth (*Amaranthus*

12. Lymanska S. V. Polymorphism of morphological features, isoenzyme and molecular genetic markers in amaranth grain species (*Amaranthus* L.): autoref. of thesis for obtaining sciences degree of dr. agric. sciences : spec. 03.00.15 «Genetics» / NAN Ukrainy, In-t fiziologii roslyn i henytyky. Kyiv, 2014. 20 p.

13. Nesmiiian O. V., Hoptsii T. I. Adaptive potential of grain amaranth in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoho nationalnoho universytetu. Seriiia Roslynnystvo, selektsiia i nasinnystvo, plodoovochivnystvo i zberihannia*. 2015. No 1. P. 98–106.

14. Sarativskiyi V. V. Cultivation and use of amaranth in the Carpathians. *Naukovyi visnyk / Ukrainyskiy derzhavnyi lisotekhnichnyi universytet*. 2004. Issue 14.8. P. 307–312.

15. Khazem Kalai Kh., Bosa K., Grokhovska A. Amaranth is one of the first agricultural crops grown by humans. *Zerno*. 2010. No 7. URL: <https://www.zernoua.com/journals/2010/iyun-2010-god/shchirica-amarant-odna-iz-pervyh-selskohozyaystvennyh-kultur-vyrashchivayemaya-chelovekom/> (last accessed: 07.02.2023).

16. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths grown in a Mediterranean environment / F. Gresta et al. *Crop Sci*. 2017. Vol. 57. P. 2688–2698. DOI: 10.2135/cropsci2016.06.0531.

17. Alegbejo J. O. Nutritional value and utilization of amaranthus (*Amaranthus spp.*) – A review. *Bayero. Journal of Pure and Applied Science*. 2015. Vol. 6, No 1. P. 136–143.

18. *Amaranthus hypochondriacus* L. as a sustainable source of nutrients and bioactive compounds for animal feeding / M. Oteri et al. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, Issue 6. P. 876–890. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10060876>.

19. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries, Amaranth. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2013. P. 439–473. DOI:



- spp.) *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2014. 3 (12). P. 1256–1259.
21. Das S. Amaranthus: A Promising Crop of Future. Springer Science+Business Media Singapore, 2016. P. 173. DOI: 10.1007/978-981-10-1469-7.
22. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*) / R. Repo-Carrasco-Valencia et al. *J. Cereal Sci.* 2009. Vol. 49, Issue 2. P. 219–224.
23. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in  $\gamma$ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants*. 2020. 9. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.
24. Genetic interrelationship among nutritional and quantitative traits in the vegetable amaranth / S. Shukla et al. *Crop. Breed. Appl. Biotechnol.* 2010. 10. P. 16–22.
25. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate / S. Grobelnik Mlakar et al. *J. for Geography*. 2010. 5 (1). P. 135–145.
26. Jamalluddin N., Massawe F. J., Symonds R. C. Transpiration efficiency of Amaranth (*Amaranthus sp.*) in response to drought stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2018. 1–12. P. 448–459. DOI: 10.1080/14620316.2018.1537725.
27. Kaźmierczak A., Bolesławska I., Przysławski J. Szarłat – jego wykorzystanie w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób cywilizacyjnych. *Nowiny Lekarskie*. 2011. 80 (3). P. 192–198.
28. Phytochemical composition and antioxidant activity of various grain *Amaranth* cultivars / A. Stănilă et al. *Not. Bot. Horti Agrobot.* 2019. Vol. 47, No 4. P. 1153–1160. DOI: 10.15835/nbha47411714.
29. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, Issue 8. P. 1428–1444. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10081428>.
30. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Rev. Food Sci. Nutr.* 2013. 53. P. 109–125. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857098924.439>.
20. Arezoo Pourfarid, Behnam Kamkar and Gholam Abbas Akbari. The effect of density on yield and some agronomical and physiological traits of Amaranth (*Amaranthus* spp.) *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2014. 3 (12). P. 1256–1259.
21. Das S. Amaranthus: A Promising Crop of Future. Springer Science+Business Media Singapore, 2016. P. 173. DOI: 10.1007/978-981-10-1469-7.
22. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*) / R. Repo-Carrasco-Valencia et al. *J. Cereal Sci.* 2009. Vol. 49, Issue 2. P. 219–224.
23. Differences in Seed Weight, Amino Acid, Fatty Acid, Oil, and Squalene Content in  $\gamma$ -Irradiation-Developed and Commercial Amaranth Varieties (*Amaranthus* spp.) / M. Szabóová et al. *Plants*. 2020. 9. 1412. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111412>.
24. Genetic interrelationship among nutritional and quantitative traits in the vegetable amaranth / S. Shukla et al. *Crop. Breed. Appl. Biotechnol.* 2010. 10. P. 16–22.
25. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate / S. Grobelnik Mlakar et al. *J. for Geography*. 2010. 5 (1). P. 135–145.
26. Jamalluddin N., Massawe F. J., Symonds R. C. Transpiration efficiency of Amaranth (*Amaranthus sp.*) in response to drought stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2018. 1–12. P. 448–459. DOI: 10.1080/14620316.2018.1537725.
27. Kaźmierczak A., Bolesławska I., Przysławski J. Szarłat – jego wykorzystanie w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób cywilizacyjnych. *Nowiny Lekarskie*. 2011. 80 (3). P. 192–198.
28. Phytochemical composition and antioxidant activity of various grain *Amaranth* cultivars / A. Stănilă et al. *Not. Bot. Horti Agrobot.* 2019. Vol. 47, No 4. P. 1153–1160. DOI: 10.15835/nbha47411714.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>.

31. Sarker U., Oba S. Nutritional and bioactive constituents and scavenging capacity of radicals in *Amaranthus hypochondriacus*. *Scientific Reports*. 2020. 10. 19962. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71714-3>.

32. Skwaryło-Bednarz B. Assessment of content of fat and tocopherols in seeds of amaranthus in relation to diversified fertilization with macroelements. *Ecol. Chem. Eng.* 2012. 19 (2). P. 273–279.

33. Skwaryło-Bednarz B. Zawartość tłuszczu oraz tokoferoli w nasionach krajowych odmian szarlatu (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami. *Acta Agrophysica*. 2010. Vol. 15, No 2. P. 409–415.

34. Untapped amaranth (*Amaranthus* spp.) genetic diversity with potential for nutritional enhancement / A. Shukla et al. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 2018. 65. P. 243–253. DOI: 10.1007/s10722-017-0526-0.

35. Variability, heritability and classification of *Amaranthus*, L. genotypes by chierarchical analysis / V. Vujacic et al. *Rom. Agric. Res.* 2014. No 31. P. 59–67.

36. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Institute of Food Science Technologist*. 2013. Vol. 12, Issue 4. P. 381–408. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.

37. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria / D. M. Gimplinger et al. *Plant Soil Environ.* 2007. 53 (3). P. 105–112.

29. Productive and qualitative traits of *Amaranthus Cruentus* L.: an unconventional healthy ingredient in animal feed / F. Gresta et al. *Animals*. 2020. Vol. 10, Issue 8. P. 1428–1444. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10081428>.

30. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Rev. Food Sci. Nutr.* 2013. 53. P. 109–125. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>.

31. Sarker U., Oba S. Nutritional and bioactive constituents and scavenging capacity of radicals in *Amaranthus hypochondriacus*. *Scientific Reports*. 2020. 10. 19962. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71714-3>.

32. Skwaryło-Bednarz B. Assessment of content of fat and tocopherols in seeds of amaranthus in relation to diversified fertilization with macroelements. *Ecol. Chem. Eng.* 2012. 19 (2). P. 273–279.

33. Skwaryło-Bednarz B. Zawartość tłuszczu oraz tokoferoli w nasionach krajowych odmian szarlatu (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach różnicowanego nawożenia makroelementami. *Acta Agrophysica*. 2010. Vol. 15, No 2. P. 409–415.

34. Untapped amaranth (*Amaranthus* spp.) genetic diversity with potential for nutritional enhancement / A. Shukla et al. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 2018. 65. P. 243–253. DOI: 10.1007/s10722-017-0526-0.

35. Variability, heritability and classification of *Amaranthus*, L. genotypes by chierarchical analysis / V. Vujacic et al. *Rom. Agric. Res.* 2014. No 31. P. 59–67.

36. Venskutonis P. R., Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Institute of Food Science Technologist*. 2013. Vol. 12, Issue 4. P. 381–408. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.

37. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria / D. M. Gimplinger et al. *Plant Soil Environ.* 2007. 53 (3). P. 105–112.

Отримано 3 січня 2023 р.  
Погоджено до друку 11 січня 2023 р.