

**Т. І. Гопцій,**

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувачка кафедри генетики, селекції та насінництва  
Державний біотехнологічний університет  
(м. Харків, Україна)  
E-mail: tetiana.gopciy@gmail.com

**С. В. Лиманська,**

кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри генетики, селекції та насінництва  
Державний біотехнологічний університет  
(м. Харків, Україна)  
E-mail: svetlanalymanska@gmail.com

**О. В. Гудим,**

кандидат сільськогосподарських наук,  
старший викладач кафедри генетики, селекції та насінництва  
Державний біотехнологічний університет  
(м. Харків, Україна)  
E-mail: lenagudym1990@gmail.com

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ ЯК НІШЕВОЇ КУЛЬТУРИ У СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

У статті розглянуто перспективи вирощування амаранту як нішевої культури, яка має економічний потенціал, зумовлений високою ціною реалізації та значним, хоча й нестабільним, попитом на агропродовольчому ринку. Крім високого вмісту і збалансованості білка, високої врожайності, підвищеного вмісту вітамінів, мінеральних речовин, широкого спектра застосування продукції в медицині, амарант привертає увагу науковців здатністю стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому адекватно реагувати на зміну умов вирощування, що свідчить про підвищений адаптивний потенціал цієї культури. Метою досліджень, які проводили у 2019–2021 рр. на дослідному полі Державного біотехнологічного університету, було визначення практичної цінності 6 сортів амаранту селекції Харківського національного університету ім. В.В. Докучаєва, виду *Amaranthus hybridus* (Новий, Ультра) і виду *Amaranthus hypochondriacus* (Лера, Студентський, Сем, Харківський 1), перспективності його вирощування як нішевої культури в східній частині Лівобережного Лісостепу України.

Результати оцінки адаптивного потенціалу сортів амаранту за урожайністю насіння показали, що між сортами, які сьогодні вирощуються в Україні, існує відмінність як за генетичним потенціалом, так і його реалізацією. На основі аналізу гомеостатичності сортів (Нот), їх агрономічної стабільності (As), параметрів генетичного потенціалу (Ei) та параметрів стабільності його реалізації (Ri) проведена комплексна оцінка сортів за рівнем урожайності насіння.

Встановлено, що найбільшу практичну цінність при вирощуванні на насіння в східній частині Лівобережного Лісостепу України мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1 (сумарний ранг -4). Для сортів Лера і Сем характерний найвищий рівень гомеостатичності (11,90 і 11,80 відповідно) і агрономічної стабільності (As – 91,5 і 91,1).

**Ключові слова:** амарант, нішеві культури, адаптивність, гомеостатичність, генетичний потенціал.

**Т. І. Ноптсїї,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Head of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production  
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)  
E-mail: tetiana.gopciy@gmail.com

**С. В. Лыманська,**

PhD of Biological Sciences,  
Associate Professor at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production  
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)  
E-mail: svetlanalymanska@gmail.com

**О. В. Гудим,**

PhD of Agricultural Sciences,  
Senior Lecturer at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production  
State Biotechnological University (Kharkov, Ukraine)  
E-mail: lenagudym1990@gmail.com

## PROSPECTS FOR GROWING AMARANTH AS A NICHE CROP IN THE EASTERN PART OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The article discusses the prospects for growing amaranth as a niche crop with economic potential due to the high selling price and significant, albeit unstable, demand in the agro-food market. In addition to the high content and balance of protein, high yield, high content of vitamins and minerals, a wide range of applications in medicine, amaranth attracts scientists with the ability to realize its potential consistently and, at the same time, adequately respond to changing growing conditions, which indicates an increased adaptive potential. The purpose of the studies conducted in 2019–2021 on the experimental field of State Biotechnological University, determined the practical value of 6 varieties of amaranth breeding V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, the species *Amaranthus hybridus* (New, Ultra) and the species *Amaranthus hypochondriacus* (Lera, Student`s, Sam, Kharkiv-1), as well as the prospects for its cultivation as a niche crop in the eastern part of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine.

The results of assessing the adaptive potential of amaranth varieties in terms of seed yield showed that there is a difference between the varieties that are grown in Ukraine today both in terms of genetic potential and in its implementation. Based on the analysis of homeostatic varieties (Hom), their agronomic stability (As), genetic potential parameters ( $\epsilon_i$ ), and stability parameters of its implementation (Ri), a comprehensive assessment of varieties in terms of seed yield were carried out. It has been established that the species Lera, Sam, and Kharkiv-1 (total rank – 4) have the greatest practical value in growing seeds in the eastern part of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. The species Lera and Sam are characterized by the highest level of homeostasis (11,90 and 11,80, respectively) and agronomic stability (As – 91.5 and 91.1).

**Key words:** amaranth, niche crops, adaptability, homeostasis, genetic potential.

**Постановка проблеми.** Нішевими вважають культури, на які є ситуативний або постійний підвищений комерційний чи соціальний попит [1]. До нішевих відносять овес, гречку, жито, льон, гірчицю, ріжій, горох, квасолю, сорго, амарант та ін. Ці культури не стають надто поширеними, мають обмежений попит і є високомаржинальними лише за умови збереження своєї нішевості. Перевага полягає в тому, що в цих нішах поки що відносно невелика конкуренція. Часто такі культури не вимагають значних інвестицій в організацію виробництва, але при цьому забезпечують високий рівень рентабельності [1, 2].

Водночас до числа чинників, що стримують поширення цих культур можна віднести відсутність достатньої інформації про їх значення, ефективні технології вирощування, невизначеність з ринками збуту врожаю [3]. Також більшість нішевих культур, до яких відноситься амарант, який сьогодні виходять на ринок, недостатньо вивчені в плані пристосованості до певних ґрунтово-кліматичних зон вирощування, його асортимент бажає бути кращим.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Амарант привертає до себе увагу дослідників і практиків сільського господарства високим вмістом і збалансованістю білка, високою врожайністю, підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин. У зв'язку з очікуваними змінами клімату на Землі використання амаранту стає ще актуальнішим завдяки його унікальній особливості пристосовуватись до різних умов навколишнього середовища [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Авторитетною американською маркетинговою компанією Markets and Markets світовий ринок амарантової олії в середньому за п'ять останніх років оцінюється у \$ 550 млн. л зі щорічними темпами зростання на 12 %. Частка України в світовому ринку амарантової олії – менше ніж 1% [12].

Собівартість амарантової олії в Україні не перевищує \$ 40 за літр. Для порівняння: середня оптова ціна на амарантову олію в Європі та Америці протягом останніх років коливалась в межах \$ 150–200 за літр, в Африці та Азії – до \$ 80–100 [13].

В Україні виробництвом амарантової олії та борошна займаються 15 підприємств, і ще два фермерських господарства виготовляють чай з амаранту. У Дніпрі працює Центр з очищення насіння цієї культури. Останнім часом на українському ринку з'явився такий продукт, як амарантова крупа, а в Миколаєві виробляють ще й пластівці з амаранту.

Амарант добре росте на всіх основних видах ґрунтів [8, 14]. Виробничий досвід агропідприємств з вирощування амаранту на зерно свідчить, що урожайність зерна в регіонах України з різними ґрунтово-кліматичними умовами становить від 10 до 53 центнерів з одного гектару [8].

Білок зерна амаранту має високу харчову цінність і оцінюється залежно від виду в 75–87 балів [7, 11]. Найбільш поширеним вуглеводом у зерні амаранту є крохмаль, його вміст у видів культури з білим зерном становить 69 % [12]. Амарантова олія містить велику кількість лінолевої, олеїнової та пальмітинової кислот і лише сліди ліноленової. Вона містить майже 76 % ненасичених жирних кислот та нагадує олію з насіння бавовнику або з рисових висівків [9]. Вітаміни в зерні амаранту містяться, в основному, в зародку [5]. У зерні, залежно від виду амаранту, є біологічно цінні токофероли (вітамін E), каротиноїди, вітаміни B1 (тіамін), вітамін PP (ніацин) [6]. Мінеральні речовини в зерні амаранту представлені макро – та мікроелементами [15, 16, 17]. Амарант можна використовувати і в харчуванні людини [7, 11, 15, 18, 19].

Використання продукції амаранту в медицині показує широкий спектр її можливостей [4, 5, 6].

Як зазначають Левчук зі співавторами [20]: «Одним із шляхів вирішення проблеми здоров'я та харчування населення є виробництво і широке використання якісних і безпечних рослинних олій з гарантованим вмістом поліненасичених жирних кислот, вітамінів, фітостеринів та інших життєво-необхідних для організму людини біологічноактивних сполук». Усім цим вимогам задовольняє амарантова олія, яка характеризується унікальним хімічним складом. Проте найбільш

активним і цінним компонентом амарантової олії є сквален (близько 8 %) [5, 16]. У наслідок дефіциту сквалену порушується постачання кисню до тканин, що викликає зниження місцевого імунітету носоглоткової порожнини, області статевих органів та загалом шкірного покриву, утворюється целюліт. Внутрішні органи швидше «зношуються», погіршується робота серцево-судинної системи, печінки, нирок [4, 15]. Отже, за умов дефіциту сквалену виникає необхідність пошуку його джерел у харчуванні. Тому, створення та впровадження у виробництво сортів амаранту з високим вмістом сквалену є важливою задачею сьогодення [7, 13].

Враховуючи постійні зміни клімату, одним із завдань сучасної селекції є підвищення адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур, отримання форм, що поєднують в собі високу продуктивність зі стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища. Визначення оптимального типу рослин, здатних стабільно реалізовувати свій потенціал і при цьому адекватно реагувати на зміну умов вирощування, постійно привертає увагу науковців [21].

Як вважають S. A. Eberhart і W. A. Russell, кращими є середньопластичні сорти з високим середнім значенням ознаки та високою стабільністю в різних умовах вирощування [22]. На думку G. Wricke найбільш адаптованими генотипами можна вважати такі генотипи, які мають мінімальну взаємодію з середовищем, або високу стабільну реалізацію властивої генотипу реакції ознаки (відносно стабільні) [23]. За визначенням K. W. Finley та J. N. Wilkinson оптимальним є сорт, що характеризується високою загальною адаптивною здатністю, дає найбільший врожай у сприятливих умовах середовища та забезпечує максимальну стабільність у несприятливих [24]. Найважливішими якостями нових сортів повинна бути висока гомеостатичність, основана на широкій нормі реакції та високому ступені їх пластичності, а також на значному рівні адаптивного потенціалу. У зв'язку з цим при створенні сортів, гібридів, адаптованих до різних екологічних умов, селекційний матеріал повинен оцінюватися не тільки за генетичним потенціалом, але й за параметрами стабільності [25].

**Мета дослідження** – визначення практичної цінності амаранту в східній частині Лівобережного Лісостепу України, адаптивного потенціалу існуючих сортів і можливостей його підвищення.

**Методика дослідження.** Дослідження проводили на дослідному полі Державного біотехнологічного університету у 2019–2021 рр. У досліді були використані 6 сортів селекції Харківського національного університету ім. Докучаєва В.В., з них 2 сорти виду *Amaranthus hybridus* (Новий, Ультра) і 4 сорти виду *Amaranthus hypochondriacus* (Лера, Студентський, Сем, Харківський 1).

Визначення гомеостатичності (Ном) та коефіцієнта агрономічної стабільності (As) здійснювали за методикою Хангильдіна В. В., Литвиценка Н. А. [26].

Практичну цінність сортів визначали за параметрами генетичного потенціалу і параметрами стабільності (за сумою рангів). Сорт або гібрид, який має найменший ранг, вважається найбільш пристосованим до тієї чи іншої зони [27].

Догляд за посівами, фенологічні спостереження та обліки проводили за Методикою державного сортовипробування [28]. Площа ділянки 10 м<sup>2</sup>, повторність чотирикратно. Розміщення варіантів у досліді рандомізоване.

Дослідне поле знаходиться в східній частині Лівобережного Лісостепу України. Клімат помірно-континентальний. Середні показники місячної температура січня знаходяться в межах від – 8°C до – 5,5°C. Середня місячна температура липня варіює від +18,5...+20,5°C у першій декаді та +19,5...+22,0°C у третій. Абсолютний максимум становить 33–39°C. Тривалість періоду активної вегетації (перехід температури через 10°C) у межах східної частини лівобережного Лісостепу 150–170 діб. Оподи випадають нерівномірно, а їх загальна кількість за календарний рік становить 450–550 мм. За вегетаційний період найменша кількість опадів згідно багаторічних досліджень випадає у квітні – 32–45 мм та вересні 30–51 мм, найбільша у червні – 55–81 мм та липні 59–77 мм. [29].

Погодні умови в роки досліджень були різноманітними, що дало можливість визначити реакцію амаранта на їх коливання. У 2019 р. склалися сприятливі погодні умови весняного періоду, які характеризувалися достатньою кількістю опадів (43,4 мм), при нормі середнього багаторічного показника 43,7 мм. Середній показник температури (18,4°C) повітря перевищував середню багаторічну температуру на 2,2 °C, що позитивно вплинуло на перші етапи розвитку досліджуваних культур. Влітку випало лише 23,1 % норми опадів, що на 50,5 мм менше середнього багаторічного показника.

Умови весняного періоду у 2020 році характеризувалися більш прохолодною погодою порівняно з середньо багаторічними даними, так середня температура травня становила 13,5°C, при нормі 15,1°C. При цьому в травні випало більше опадів в порівнянні з середньобагаторічними (108,3 мм при нормі 48 мм). Літній період в цілому характеризувався вищими середньодобовими показниками температури. Середньомісячна кількість опадів в червні та серпні була нижче норми, а в липні суттєво перевищувала середньобагаторічний показник.

У 2021 році вегетаційний період характеризувався більш високими середньодобовими температурами порівняно з кліматичною нормою. За кількістю опадів весняний період та початок літа мав близькі до норми значення, а кінець літа був посушливим.

**Основні результати дослідження.** Результати оцінки адаптивного потенціалу сортів амаранту за врожайністю насіння показали, що між сортами, які сьогодні вирощуються в Україні, існує відмінність як за гомеостатичністю, агрономічною стабільністю так і за генетичним потенціалом та рівнем його реалізації (табл. 1, 2, 3).

Найнижчий рівень врожайності за роки досліджень був у сорту Сем і становив 1,38 т/га, а найвищий у сорту Харківський 1 – 3,44 т/га. Розмах варіювання за врожайністю насіння найбільшим був у сорту Ультра – 1,10 т/га, а найменшим – у сортів Сем і Лера – 0,24 і 0,28 т/га відповідно (табл. 1).

Важливим показником, що характеризує стійкість рослин до несприятливих умов середовища, є гомеостатичність – здатність генотипу зводити до мінімуму наслідки впливу несприятливих умов середовища.

Відомо, що чим менша варіабельність врожайності в мінливих умовах середовища, тим вища його гомеостатичності (Ном). Серед сортів, що вивчали в досліді, найвищий рівень гомеостатичності був у сортів Лера і Сем (11,90 і 11,80 відповідно), а найнижчий – у сорту Ультра – 3,24.

Коефіцієнт стабільності (As) характеризує господарську цінність сорту. Кращими для виробництва вважають сорти, у яких коефіцієнт стабільності перевищує 70 %. Вся сукупність сортів амаранту, представлених в досліді, за цим критерієм належить до стабільних, їх коефіцієнт був понад 70 %. Однак, серед них найвищий коефіцієнт мали сорти Лера і Сем, які виділилися і за

гомеостатичністю, що може свідчити про високий адаптивний потенціал цих сортів.

Оцінка специфічної значущості сортів амаранту, яку зумовлюють як  $\epsilon_i$  – генетичний потенціал та  $R_i$  – стабільність його реалізації, дозволяють дати комплексну їм оцінку за рівнем урожайності насіння. На основі аналізу рангів практичної цінності як рангів для  $\epsilon_i$  та  $R_i$  були виділені сорти амаранту з високим і низьким адаптивним потенціалом (табл. 2).

Як відомо, сорт, який має найменшу суму рангів, буде мати найбільшу практичну цінність порівняно з іншим. У наших дослідженнях за три роки найбільшу практичну цінність мали сорти з найменшою сумою рангів, яка дорівнювала чотирьом: Лера, Сем і Харківський 1 (табл. 3).

Інші сорти з більшою сумою рангів є менш ефективними в плані практичної цінності і вимагають поліпшення.

**Висновок.** Проведений аналіз господарської цінності сортів амаранту, найбільш поширених в східній частині Лівобережного Лісостепу України, свідчить про цінність цієї культури і перспективність її вирощування. Водночас сорти, використані в досліді, відрізнялись як за гомеостатичністю, агрономічною стабільністю, так і генетичним потенціалом і рівнем його реаліза-

Таблиця 1

**Параметри адаптивного потенціалу сортів амаранту за врожайністю насіння (2019–2021 рр.)**

Сорт	Xmin	Xopt	Xсер.	R(розмах)	Ном	As
Новий	1,98	2,98	2,36	1,00	4,37	77,2
Ультра	1,38	2,48	2,03	1,10	3,24	71,7
Лера	1,53	1,81	1,66	0,28	11,90	91,5
Сем	1,31	1,55	1,41	0,24	11,80	91,1
Студентський	1,73	2,70	2,36	0,97	4,51	77,0
Харківський	2,42	3,44	2,77	1,02	4,76	79,1

$NIP_{05} 0,49$   $F_{факт.} 15,72$ ;  $F_{05} 2,23$

Таблиця 2

**Адаптивний потенціал сортів амаранту за врожайністю насіння, (2019–2021 рр.)**

Сорт	2019	2020	2021	$X_i$	$X_i$ сер.	$\epsilon_i$	$R_i$	$\beta_i 2$
Новий	1,98	2,98	2,13	7,09	2,36	0,26	1,37	0,16
Ультра	1,38	2,22	2,48	6,08	2,03	-0,07	1,54	0,13
Лера	1,53	1,64	1,81	4,98	1,66	-0,44	0,29	0,02
Сем	1,31	1,37	1,55	4,23	1,41	-0,69	0,20	0,02
Студентський	1,73	2,64	2,7	7,07	2,36	0,26	1,58	0,03
Харківський	2,42	3,44	2,46	8,32	2,77	0,67	1,36	0,25
$X_j$	10,35	14,29	13,13					
$X_j$ сер	1,73	2,38	2,19					
$\epsilon_j$	-0,37	0,28	0,09					

Таблиця 3

**Практична цінність зразків амаранту**

Сорт	$\epsilon_i$	Ранг	$R_i$	Ранг	Сума рангів
Новий	0,26	2	1,37	3	5
Ультра	-0,07	2	1,54	3	5
Лера	-0,44	3	0,29	1	4
Сем	-0,69	3	0,20	1	4
Студентський	0,26	2	1,58	3	5
Харківський1	0,67	1	1,36	3	4



ції. Найбільшу практичну цінність мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1, для яких характерний як високий рівень генетичного потенціалу, так і ступінь його реалізації в східній частині Лівобережного Лісостепу України.

### Література

1. Володін С. А. Стимулювання виробництва нішевих культур в Україні на основі фастплант-технологій. *Економіка АПК*. 2021. № 2. С. 82–91.
2. Карасьова Н. А. Експортна перспектива нішевої продукції для малих та середніх підприємств аграрного сектора. *Агросвіт*. 2017. № 1(2). С. 14–18.
3. Кучер Л. Ю., Кучер А. В., Пащенко Ю. В. Економіка виробництва й експорту нішевих культур: сталість і конкурентоспроможність. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва*. № 2, Т. 1. 2021 С. 76–95.
4. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія / Т. І. Гопцій, М. Ф. Воронков, М. А. Бобро та ін. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с.
5. Гопцій Т. І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція: монографія. Харків : ХДАУ, 1999. 273 с.
6. Mekonnen G., Woldesenbet M., Teshale T. et. al. Amaranthus caudatus Production and Nutrition Contents for Food Security and Healthy Living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutrition & Food Science International Journal*. 2018. Vol. 7, No 3. P. 23–30.
7. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2017. Vol. 61. No 7. P. 1–16.
8. Topwal M. Review on Amaranth: Nutraceutical and Virtual Plant for Providing Food Security and Nutrients. *Acta scientific agriculture*. 2019. Vol. 3, No. 1. P. 9–15.
9. Миколенко С. Ю., Царук Л. Ю., Чурсінов Ю. О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Сер.: *Нові рішення у сучасних технологіях*. 2019. № 5 (1330). С. 145–151.
10. Karamać M., Gai F., Longato E. et. al. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during. *Plant Growth. Antioxidants*. 2019. Vol. 8, No. 6. P. 45–55.
11. Фурманова Ю. П., Матіяшук О. В., П'яних С. К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. Т 2, № 5, С 52–56.
12. Stankevich G., Valentiuk N., Ovsianynkova L., Zhygunov D. Changes in quality of amaranth grain in the process of post-harvesting processing and storage. *Food Science and Technology*. 2021. 15 (1). С. 80–90.
13. Янюк Т. І., Грюнвальд Н. В. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, No 18. С. 179–192.
14. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 97. P. 119–215.
15. Iftikhar M., Khan M. Amaranth. *Bioactive Factors and Processing. Technology for Cereal Foods*. 2019. P. 217–232.
16. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Chemical and thermal properties of flours from germinated amaranth seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13. P. 1078–1088.
17. Sindhu R., Khatkar B. S. Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of food science and technology*. 2018. Vol. 55, No. 12. P. 5153–5160.
18. Guardianelli L. M., Salinas M. V., Puppo M. C. Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds. *Food science and technology international*. 2021. Vol. 28, No. 5. P. 388–396.
19. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини: монографія. Львів: Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. 328 с.
20. Левчук І. В., Кіщенко В. А., Тимченко В. К., Куниця К. В. Амарантова олія – якість та безпечність щодо використання як біологічно активної добавки. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. № 2. С. 74–80.
21. Федько М. М. Адаптивний потенціал та екологічна стабільність простих гібридів кукурудзи (*Zea mays L.*). *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 2010. № 1. С. 161–166.
22. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. V. 6, No 1. P. 36–40.
23. Wricke G. Über eine Methode zur Erfassung der Ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. Pflanzenzuchtung*. 1962. V. 47, No 1. P. 92
24. Finley K. W., Wilkinson G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Austr. J. Agric.* 1963. V. 6. P. 742–754.
25. Гудзь Ю. В., Ю. А. Лавриненко. Теорія і практика адаптивної селекції кукурудзи. Херсон: БОРИСФЕН-поліграфсервіс, 1997. 168 с.
26. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність і адаптивність сортів озимої пшениці. *Научн.-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. Вып. 39. С. 8–14.
27. Гурьев Б. П., Литун П. П. и др. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурудзы. Х. : Укр НИИРСИГ, 1981. 27 с.
28. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. 2000. Т 1. 100 с.
29. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналіт. Доповідь. / ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

## References

1. Volodin, S. A. (2021). Stymuliuвання виробництва нішевих культур в Україні на основі fastplant-технологій [Stimulating the production of niche crops in Ukraine based on fastplant technologies]. *Ekonomika APK*, no. 2, pp. 82–91. [in Ukrainian].
2. Karasova, N. (2017). Eksportna perspektyva nishevoi produktsii dlia malykh ta serednikh pidpriemstv ahrarynoho sektora [Export prospects of niche products for small and medium agricultural enterprises]. *Agrosvit*, no. 1-2, pp. 14–18. [in Ukrainian].
3. Kucher, L. Yu., Kucher, A. V., Pashchenko, Yu. V. 2021. Ekonomika vyrobnytstva y eksportu nishevykh kultur: stalist i konkurentospromozhnist [Economics of production and export of niche crops: sustainability and competitiveness]. *Bulletin of the KHNAU named after V.V. Dokuchaeva. Ser. "Economic sciences"*, vol. 2, no. 1, pp. 76–95. [in Ukrainian].
4. Hoptsi, T. I., Voronkov, M. F., Bobro, M. A., Myroshnychenko, L. O., Lymanska, S. V., Hudym, O. V., Hudkovska N. B., Duda, Yu. V. (2018). Amaran: selektsiia, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannya: monohrafiia [Amarant: breeding, genetics and cultivation prospects: Monograph]. Kharkiv: KhNAU, 362 p. [in Ukrainian].
5. Hoptsi, T.I. (1999). Amaran: biolohiia, vyroshchuvannya, perspektyvy vykorystannia, selektsiia: monohrafiia [Amaranth: biology, cultivation, prospects of use, selection: Monograph]. Kharkiv: KhNAU, 273 p. [in Ukrainian].
6. Mekonnen, G., Woldesenbet, M., Teshale, T., Biru, T. (2018). Amaranthus caudatus production and nutrition contents for food security and healthy living in Menit Shasha, Menit Goldya and Maji Districts of Bench Maji Zone, South Western Ethiopia. *Nutr. Food Sci. Int. J*, vol. 7, no. 3. pp. 23–30.
7. Tang, Y., Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (7), pp. 1–16.
8. Topwal, M. (2019). A review on amaranth: nutraceutical and virtual plant for providing food security and nutrients. *Acta scientific agriculture*, vol. 3, no. 1, pp. 9–15.
9. Mykolenko, S., Tsaruk, L., Chursinov, Yu. (2019). Vplyv produktiv pererobky amarantu i chia na yakist khliba [Effect of amaranth products and chia on bread quality]. *Bulletin of NTU "KPI", Series: New solutions in modern technologies*, vol. 5, no.1330, pp. 145–151. [in Ukrainian].
10. Karamać, M., Gai, F., Longato, E., Meineri, G., Janiak, M.A., Amarowicz, R., Peiretti, P.G. (2019). Antioxidant activity and phenolic composition of amaranth (*Amaranthus caudatus*) during plant growth. *Antioxidants*, 8(6), 173 p.
11. Matiyaschuk, E.V., Furmanova, J.P., P'ynih, S.K. (2017). Vykorystannia amarantovoho boroshna v tekhnologii vyrobnytstva biskvitnykh napivfabrykativ [Amaranth flour in the sponge semi-finished production technologies]. *Scientific look into the Future*, no. 6, pp. 52–58. [in Ukrainian].
12. Stankevich, G., Valentiuk, N., Ovsiannykova, L., Zhygunov, D. (2021). Changes in quality of amaranth grain in the process of post-harvesting processing and storage. *Food Science and Technology*, 15(1). pp. 80–90.
13. Yaniuk, T., Hriunvald, N. (2022). Vyrobnytstvo amarantu v Ukraini: stan i perspektyvy [Amaranth production in Ukraine: state and prospects]. *Food resources*, vol. 10, no. 18, pp. 179–192. [in Ukrainian].
14. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2019). Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*, vol. 97, pp. 105–242.
15. Iftikhar, M., Khan, M. (2019). Amaranth. *Bioactive factors and processing technology for cereal foods*, pp. 217–232.
16. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2019). Chemical and thermal properties of flours from germinated amaranth seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, pp. 1078–1088.
17. Sindhu, R., Khatkar, B. S. (2018). Thermal, structural and textural properties of amaranth and buckwheat starches. *Journal of food science and technology*, vol. 55, pp. 5153–5160.
18. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Puppo, M. C. (2022). Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds. *Food Science and Technology International*, vol. 28, no. 5, pp. 388–396.
19. Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2017). Naukove obgruntuvannya polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam pryrodnoi netradytsiinoi syrovyny: monohrafiia [Scientific substantiation of improving the consumption properties of flour confectionery products using natural non-traditional raw materials: monograph]. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu. [in Ukrainian].
20. Levchuk, I. V., Kishchenko, V. A., Tymchenko, V. K., Kuniytsia, K. V. (2015). Amaranтова oliia – yakist ta bezpechnist shchodo vykorystannia yak biolohichno aktyvnoi dobavky [Amaranth oil – the quality and safety of the use in a dietary supplement]. *Intehrovani tekhnologii ta enerhoberezhennia*, no. 2, pp. 74–80. [in Ukrainian].
21. Fedko, M. M. (2010). Adaptivnyi potentsial ta ekolohichna stabilnist prostykh hibrydiv kukurudzy (*Zea mays* L.) [Adaptive potential and ecological stability of simple hybrids of maize (*Zea mays* L.)]. *Bulletin of the institute of grain farming*, vol. 39, pp. 161–166. [in Ukrainian].
22. Eberhart, S. T., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties 1. *Crop science*, vol. 6, no. 1, pp. 36–40. (in English).
23. Wricke, G. (1962). Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z. pflanzenzüchtg*, vol. 47, pp. 92–96.

24. Finlay, K. W., Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian journal of agricultural research*, vol. 14, no. 6, pp. 742–754.

25. Hudz, Yu. V., Lavrynenko, Yu. A. (1997). *Teoriya i praktika adaptivnoy selektsii kukuruzy* [Theory and practice of adaptive breeding in corn]. *Kherson: BORYSFEN-polyhrafservys*. [in Russian].

26. Khangildin, V. V., Litvinenko, N. A. (1981). Gomeostatichnost i adaptivnost sortov ozimoy pshenitsy [Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties]. *Nauchn.-tekhn. byul. VSGI*, vol. 39, pp. 8–14. [in Russian].

27. Hurev, B. P., Lytun, P. P., Hureva, Y. A. (1981). *Metodicheskie rekomendatsii po ekologicheskomu*

*sortoispytaniyu kukuruzy* [Guidelines for ecological variety testing of corn]. *Kharkov: Ukr NYRSyH*. [in Russian].

28. Volkodav, V. V. (2000). *Metodykaderzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. *Kyiv: State Commission of Ukraine for Testing and Protection of Plant Varieties*, 100 p. [in Ukrainian].

29. Ivaniuta, S. P., Kolomiiets, O. O., Malynovska, O. A., Yakushenko, L. M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii : analit. Dopovid.* [Climate change: consequences and adaptation measures: analyst. report]. / ed. S. P. Ivanyuty. *Kyiv: NISD*, 110 p. [in Ukrainian].