

ПРОЯВ СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННИХ ОЗНАК У ЛІНІЙ АМАРАНТУ, ОТРИМАНИХ ІНДУКОВАНИМ МУТАГЕНЕЗОМ

О. В. Гудим

Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002, Україна

Актуальність роботи полягає в необхідності розширення генофонду ліній та сортів амаранту, які відповідають світовим стандартам – високоврожайних за насінням, поліпшених за якісними показниками зерна та насіння, скоростиглих. Для прискорення селекційного процесу в амаранту велике значення має використання експериментального мутагенезу, який є одним із сучасних методів селекції, що дає змогу збагачувати ресурси за генетичною мінливістю, даючи селекціонерам новий вихідний матеріал для проведення добору і в подальшому – для створення сортів, більшість яких одержані при застосуванні фізичних мутагенів (в основному гамма-променів). **Метою досліджень** було оцінити якісні показники насіння, нових мутантних ліній амаранту за вмістом білка, олії та жирнокислотного складу, порівняно з вихідними сортами. **Матеріали і методи.** Оцінку показників якості насіння визначали у трьох сортів амаранту білонасінного (виду *Amaranthus hypochondriacus* L.) Студентський, Харківський 1 і Сем селекції Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (зараз – Державний біотехнологічний університет) та семи мутантних ліній ЛМСТ15, ЛМСт150ЧР, ЛМСт150ЧН, ЛМХ150, ЛМХ150РВ, ЛМС150ЗВ, ЛМС150Ч, індукованих гамма-опроміненням. Аналіз насіння амаранту за вмістом олії, білка та жирнокислотного складу робили в лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Визначення достовірності результатів проводили статистичним методом. **Результати** досліджень показали, що гамма-опромінення відносяться до потужних чинників, здатних суттєво змінювати ознаки рослин амаранту. Отримані лінії зі зміненими ознаками якості становлять цінний вихідний матеріал для селекції: з підвищеним вмістом білка (на 1,56–3,35 %), олії в зерні (на 0,43–0,76 %), з підвищеним вмістом бегенової, лінолевої, олеїнової кислот (на 0,10 %, 1,2–2 та 6,3 % відповідно). **Висновки.** На основі проведених досліджень виділено мутантні селекційно-цінні лінії (ЛМХ150 (IU072495), ЛМСт150ЧР (IU072494), ЛМСт150ЧН (IU072492), ЛМСТ15 (IU072493)), які характеризуються підвищеним комплексом показників якості зерна. Це свідчить про доцільність використання радіаційного мутагенезу у амаранту з метою отримання мутантів зі зміненими параметрами корисних господарських ознак, необхідних для розширення спектра вихідного матеріалу в селекції цієї культури.

Ключові слова: амарант, гамма-опромінення, мутант, білок, олія, жирнокислотний склад

Вступ. Амарант є високобілковою стародавньою сільськогосподарською культурою Південної та південно-західної частини Північної Америки, де його культивували цивілізації майя, ацтеків та інків. Підвищений інтерес, до культури амаранту, почав проявлятися наприкінці ХХ століття після проведених перших детальних біохімічних досліджень зерна даної культури [1, 2]. Серед родини *Amaranthaceae* особливу увагу привертають зернові види амаранту, до яких відносяться і *Amaranthus hypochondriacus* L., продовольчий та ринковий потенціал якого, до цього часу не використаний [3, 4]. Згідно думок експертів ООН та інших науковців, амарант називають найперспективнішою зер-

ною культурою ХХІ століття [5]. Через свій особливий біохімічний склад насіння, зокрема, вміст білка в межах 16–18 %, амарант переважає такі сільськогосподарські культури, як пшениця (12–14 %), кукурудза (9–10 %), ячмінь (12–13 %), а також за вмістом лізину та трептофану [6, 7]. Оскільки середній вміст білків та амінокислот в зерні схожий з основними зерновими та бобовими культурами, з харчової точки зору амарант є природньою сумішшю рису та бобів [8]. Ліпідний склад зерна амаранту згідно з різними науковими дослідженнями доволі мінливий залежно від виду, генотипу та умов вирощування становить 1,9–9,7 %. Основну частину жирних кислот олії амаранту складають

Інформація про автора:

Гудим Олена Володимирівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедри генетики, селекції та насінництва, e-mail: lenagudym1990@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0733-3006>

лінолева (47 %), олеїнова (26 %), пальмітинова (19 %), а також ліноленова (1,4 %) від їх загального вмісту [9]. Амарантова олія також має високий вміст ненасиченого вуглеводню сквалену, який залежно від виду становить 2,4–8,0 % від ефірного екстракту [10, 11].

Європейський ринок амаранту, в тому числі України, суттєво збільшився за останні 30 років культивування культури. В першу чергу, це зумовлено з досить великим відсотком людей, які обирають органічний спосіб харчування або взагалі стають вегетаріанцями. Згідно прогнозів, європейський ринок амаранту до 2028 р. буде щорічно зростати, у середньому на 10,8 %. Втім, на сьогодні амарант залишається нішевою культурою у ЄС та Україні. Тому, виробництво амарантової продукції залежить від імпорту з американських та азіатських країн [12]. Зокрема, культивування амаранту розвивається активно у Великобританії, Франції, Італії, Німеччині, Литві, Україні та інших європейських країнах [7, 13, 14]. Внутрішні потреби України в забезпеченні населення амарантовою продукцією, покриваються власним виробництвом. Посівні площі зернових видів амаранту в Україні становлять близько 4 тис./га.

Серед селекційних методів, за допомогою яких можна покращити жирнокислотний склад, вміст білка та ліпідів є застосування різних методів індукованого мутагенезу, в тому числі, використання гамма-опромінення, що представлено у дослідженнях Кроссоне *et. al.* [15]. Згідно наукових публікацій застосування радіаційного мутагенезу є ефективним у покращенні біохімічного складу зерна амаранту [16, 17, 18].

На території України амарант є відносно новою культурою, з недостатньо вивченими показниками ліпідного та білкового складу, а отримані його нові селекційні форми в результаті індукованого мутагенезу, взагалі не вивчені, тому *метою досліджень* було визначити якісні показники насіння, нових мутантних ліній амаранту за вмістом білка, олії та жирно-кислотного складу, порівняно з вихідними сортами.

Матеріали та методи. У період 2022–2023 рр., у сел. Докучаєвське на дослідному полі кафедри генетики, селекції та насінництва, були проведені польові дослідження по створенню нового вихідного матеріалу ама-

ранту виду *A. hypochondriacus* L., з використанням індукованого мутагенезу (гамма-промені). Для експерименту використовували три сорти амаранту Харківський 1, Сем, та Студентський селекції Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (*зараз – Державний біотехнологічний університет*) та сім мутантних ліній ЛМСТ15, ЛМСт150ЧР, ЛМСт150ЧН, ЛМХ150, ЛМХ150РВ, ЛМС150ЗВ, ЛМС150Ч, індукованих гамма-опроміненням (джерело опромінення – ^{60}Co . Місце проведення обробки – ННЦ Інститут метрології (Україна, м. Харків). Установка – ДЕТУ 12-05-02).

Сівбу, догляд за посівами, фенологічні спостереження та обліки проводили за Методикою державного сортовипробування [19].

Дослідне поле знаходиться в східній частині лівобережного Лісостепу України. Погодні умови в роки досліджень були різноманітними, це дало можливість визначити реакцію сортів та мутантних ліній амаранту на їх мінливість.

У 2022 р. склалися сприятливі погодні умови весняного періоду, які характеризувалися достатньою кількістю опадів (43,4 мм), за середнього багаторічного показника – 43,7 мм. Середній показник температури повітря (18,4 °С) перевищував середню багаторічну температуру на 2,2 °С, що позитивно вплинуло на перші етапи розвитку зразків що досліджувалися. Умови весняного періоду у 2023 р. характеризувалися більш прохолодною погодою порівняно з середніми багаторічними даними, так, середня температура травня становила 13,5 °С, при багаторічній 15,1 °С. При цьому в травні випало більше опадів 108,3 мм порівняно з середньобагаторічними (48 мм). Літній період взагалі характеризувався вищими середньодобовими показниками температури.

Хімічний аналіз насіння амаранту за вмістом олії, білка та жирнокислотного складу проводили в лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Вміст білка визначали за методом К'ельдаля, згідно з ДСТУ ISO 5983-1 (2005), відбираючи середній зразок масою 5 г для аналізу.

Визначення вмісту олії проводили гравіметричним методом С. В. Рушковського із застосуванням апарату Сокслета. В основу

методу покладено принцип визначення вмісту жиру за знежиреним залишком. Наважки висушеного та розтертого до однорідної маси насіння кладуть у пакетики з фільтрувального паперу (розміром 50 × 70 мм і близько 250 мг вагою кожний) й екстрагують діетиловим ефіром в апараті Сокслета до повного знежирення. Середня проба насіння для аналізу становила 3 г. Кількість видобутого жиру розраховують за різницею між початковою наважкою та масою знежиреного залишку.

Вміст жиру (x) у взятій наважці обчислювали за формулою:

$$x = \frac{(a - b)(c - d)}{(a - b)} \times 100$$

де: a – маса повітряно-сухого пакетика з абсолютно сухою наважкою, мг; b – маса повітряно-сухого пакетика, мг; c – маса абсолютно сухого пакетика з абсолютно сухою знежиреною наважкою, мг; d – маса абсолютно сухого пакетика, мг.

Жирно-кислотний склад олії насіння

мутантів визначали на хроматографі «Селмі-хром» методом газорідної хроматографії.

Результати та їх обговорення. Проаналізувавши мінливість біохімічних ознак у насінні, виділених мутантних зразків із сортів амаранту, встановили, що гамма-опромінення зумовлює індукування ліній, які відрізняються від контролю за вмістом в насінні білка. Зокрема, з сорту Студентський виділено такі мутантні лінії, індуковані дозою 150 Гр: ЛМСт150ЧР – 18,0 %, ЛМСт150ЧН – 17,2 % (при 15,4 % – на контролі). Із сорту Харківський 1 виділено мутантну лінію ЛМХ150 (при дозі 150 Гр), яка характеризувалася вмістом білка в насінні – 19,9 %, що на 3,4 відсоткові пункти більше порівняно з контролем (16,6 %). На контрольному варіанті сорту Сем вміст білка в насінні становив 17,17 %, у мутантного зразка ЛМС150ЧН він дорівнював 18,68 %, тобто досліджуваний зразок перевищував контроль на 1,51 відсоткові пункти (табл. 1).

За вмістом олії в насінні майже всі му-

Таблиця 1. Вміст білка та олії в насінні сортів та мутантних ліній амаранту

Сорт, лінія	Вміст білка, %			Вміст олії, %		
	2022 р.	2023 р.	середнє	2022 р.	2023 р.	середнє
Студентський (контроль)	15,39	15,43	15,41	7,33	7,29	7,31
ЛМСТ15	16,30	16,34	16,32	7,75	7,81	7,78
ЛМСт150ЧР	18,00	18,10	18,05	7,13	7,05	7,09
ЛМСт150ЧН	17,14	17,20	17,17	6,00	5,94	5,97
НІР ₀₅	-	-	0,50	-	-	0,45
Харківський 1 (контроль)	16,55	16,63	16,59	7,44	7,50	7,47
ЛМХ150	19,90	19,98	19,94	5,40	5,30	5,35
ЛМХ150РВ	16,61	16,65	16,63	7,46	7,40	7,43
НІР ₀₅	-	-	0,43	-	-	0,50
Сем (контроль)	17,15	17,19	17,17	6,77	6,81	6,79
ЛМС150ЧН	18,65	18,71	18,68	6,22	6,28	6,25
ЛМС150ЗВ	16,70	16,66	16,68	7,60	7,54	7,57
НІР ₀₅	-	-	0,49	-	-	0,48

тантні лінії були на рівні з контрольними варіантами (табл. 1). Винятки становили лінії зі зниженою олійністю: ЛМСт150ЧН – 5,97 % (7,31 % – на контролі) та ЛМХ150 – 5,35 % (7,47 % – на контролі). Крім того, було виділено мутант ЛМС150ЗВ у сорту Сем, індукований дозою 150 Гр, який на 0,78 відсоткові пункти перевищував контроль (6,79 %) за досліджуваною ознакою.

За результатами аналізу насіння мутантів амаранту за жирнокислотним складом

було виділено лінії з підвищеним вмістом окремих кислот. У сорту Студентський мутантний зразок ЛМСТ15, індукований дозою опромінення 15 Гр, у насінні містив 35,88 % лінолевої кислоти, водночас на контролі – 33,70 %. Мутант ЛМСт150ЧН мав підвищений вміст стеаринової (4,45 %), лінолевої (35,45 %), ліноленої (1,12 %) та бегенової (0,46 %) кислот порівняно з контролем (3,67, 33,70, 0,90 та 0,28 %, відповідно). Мутантна лінія ЛМСт150ЧР характеризувалася вміс-

том лінолевої (38,20 %), ліноленової (1,13 %) та бегенової (0,43 %) кислот (при вмісті у насінні на контролі відповідно 33,70, 0,90 та 0,28 %). Мутант ЛМХ150 (у сорту Харківський 1 – 150 Гр) був з підвищеним вмістом

олеїнової (42,15 %), ліноленової (1,22 %), бегенової (0,40 %) кислот порівняно з контролем (35,87, 0,93, 0,30 %, відповідно) (табл. 2).

У результаті дослідження. Було виділено мутанти зі зміненими якісними ознака-

Таблиця 2. Жирнокислотний склад олії в мутантних рослин амаранту

Сорт, мутантна лінія	Миристинова	Пальмитинова	Пальмітолінова	5*	Стеаринова	Олеїнова	Лінолева	Ліноленова	Ейкозанова (Арахінова)	Ейкозенова	Бегенова
Студентський (контроль)	0,14	19,93	0,50	0,38	3,67	39,40	33,70	0,90	0,90	0,20	0,28
	0,15	20,04	0,55	0,36	3,61	39,23	33,77	0,90	0,87	0,25	0,27
ЛМСТ15	0,15	20,48	0,55	0,33	3,53	36,98	35,88	0,86	0,78	0,24	0,22
	0,15	20,60	0,50	0,34	3,56	37,05	35,80	0,90	0,72	0,18	0,20
ЛМСт150ЧР	0,13	19,93	0,44	0,55	3,64	34,80	38,20	1,00	0,85	0,12	0,34
	0,15	20,21	0,40	0,54	3,57	34,67	38,07	1,13	0,85	0,18	0,23
ЛМСт150ЧН	0,20	18,89	0,40	0,67	4,38	37,37	35,38	1,07	1,02	0,16	0,46
	0,23	18,80	0,47	0,70	4,45	37,25	35,45	1,12	1,04	0,20	0,29
Харківський1 (контроль)	0,18	21,50	0,51	0,51	3,48	35,87	35,64	0,93	0,94	0,14	0,30
	0,19	21,55	0,50	0,45	3,42	35,70	35,80	1,04	0,87	0,20	0,28
ЛМХ150	0,18	20,20	0,44	0,63	3,80	42,15	29,76	1,22	1,00	0,22	0,40
	0,17	20,40	0,48	0,65	3,70	42,23	29,92	1,08	0,94	0,16	0,27
ЛМХ150РВ	0,16	21,34	0,45	0,37	3,45	36,10	35,86	0,92	0,87	0,16	0,32
	0,17	21,30	0,54	0,30	3,53	36,24	35,72	0,98	0,83	0,18	0,21
Сем (контроль)	0,21	22,20	0,52	0,53	2,90	33,63	37,60	1,20	0,77	0,19	0,25
	0,19	22,34	0,46	0,55	2,95	33,70	37,40	1,15	0,78	0,18	0,30
ЛМС150ЧН	0,23	21,07	0,55	0,57	3,77	25,75	45,62	1,05	0,98	0,11	0,30
	0,20	21,30	0,55	0,58	3,82	25,70	45,39	1,00	0,92	0,12	0,42
ЛМС150ЗВ	0,17	21,15	0,48	0,37	3,30	37,83	34,41	0,95	0,76	0,22	0,36
	0,18	21,10	0,46	0,49	3,50	37,92	34,00	0,94	0,91	0,23	0,27

Примітка: 5* – не ідентифікований компонент.

ми як цінний вихідний матеріал для селекції, зокрема, з підвищеним вмістом олії в насінні, з підвищеним вмістом бегенової, лінолевої та пальміт-олеїнової кислот, а також сформовано колекцію морфологічних мутантів зі зміненими кількісними і якісними ознаками.

На основі проведених досліджень виділено мутантні селекційно-цінні лінії амаранту: у сорту Студентський – ЛМСТ15, індукована дозою опромінення 15 Гр, яка перевищувала контроль за вмістом білка – на 0,9 %, пальміт-олеїнової – на 0,11 %, стеаринової – на 0,32 %, арахінової – на 0,15 % та бегенової кислоти – на 0,20 %; мутант ЛМСт150ЧН, одержаний під дією дози 150 Гр, перевищував контрольний варіант за вмістом білка –

на 1,76 %, стеаринової кислоти – на 0,78 %, лінолевої – на 1,75 %, ліноленової – на 0,22 % та бегенової кислоти – на 0,18 %; мутантний зразок ЛМСт150ЧР, індукований дозою гамма-опромінення 150 Гр, перевищував контроль за вмістом білка – на 2,64 %, лінолевої кислоти – на 4,5 %, ліноленової – на 0,23 % та бегенової – на 0,15 %. У сорту Харківський 1 виділено мутантну лінію ЛМХ150, індуковану дозою опромінення 150 Гр, яка перевищувала контроль за вмістом білка у насінні (на 3,35 %) і кислот: олеїнової (на 6,28 %), ліноленової (на 0,29%), бегенової (на 0,10 %); мутант з рожевими кінчиками у волоті (доза 150 Гр) характеризувався підвищеним вмістом олії (на 0,79 %), лінолевої кислоти (на 2,62 %) та ейкозенової кислоти

(на 0,13 %). У сорту Сем виділено зразок з рожевою волоттю і чорним насінням, який індуковано дозою опромінення 150 Гр. Він перевищував контроль за вмістом білка (на 1,93 %), стеаринової кислоти (на 0,92 %), лінолевої (на 8,02 %) та арахінової кислоти (на 0,20 %).

Виділено мутантні лінії ЛМХ150 (IU072495), ЛМСт150ЧР (IU072494), ЛМСт150ЧН (IU072492), ЛМСТ15 (IU072493), які передано для застосування в селекційному процесі до Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Отримані нами дані підтверджуються і результатами дослідів інших авторів. Так, про підвищення вмісту білка у насінні амаранту внаслідок гамма-опромінення свідчать дослідження, які проводили у 2008 р. в Словацькій республіці, місті Нітра, Словацькому університеті сільського господарства на кафедрі біохімії та біотехнології науковцями І. Гайдосова і Є. Паленчарова [7, 17]. Вони встановили, що гамма-опромінення дозою 175 Гр на *A. cruentus* і гібрид К-33 (*A. hybridus* x *A. hypochondriacus*) сприяє отриман-

ню мутантів з підвищеним вмістом білка в порівнянні з вихідними формами (на 1,1–1,5 %).

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено що:

- лінії зі зміненими ознаками якості насіння становлять цінний вихідний матеріал для селекції: з підвищеним вмістом білка (на 1,56 %–3,35 %), олії в зерні (на 0,43–0,76 %), з підвищеним вмістом бегенової, лінолевої, олеїнової кислот (на 0,10 %, 1,2–2 та 6,3 %, відповідно).

- доцільно використовувати радіаційний мутагенез у амаранту з метою отримання мутантів зі зміненими параметрами корисних господарських ознак, необхідних для розширення спектра вихідного матеріалу в селекції цієї культури.

- чотири мутантних лінії (ЛМХ150 (IU072495), ЛМСт150ЧР (IU072494), ЛМСт150ЧН (IU072492), ЛМСТ15 (IU072493)), які було створено, передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України для використання в селекційному процесі.

Список використаних джерел

1. Monteros C. J., Nieto C. C., Caicedo C. V., Rivera M. M., Vimos C. N. Iniap alegria primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana In: Producción y procesamiento de quinua en Ecuador. 1998. Available from: <http://www.idrc.ca>. Accessed May 12.
2. Ulbricht C., Abrams T., Conquer J., Costa D., Grims-Serrano J. M., Taylor S., Varguese M. An evidence-based systematic review of amaranth (*Amaranthus* spp.) by the natural standard research collaboration. *J Diet Suppl.* 2009. Vol. 6. P. 390–417.
3. Akin-Idowu P. E., Odunola O. A., Gbadegesin M. A., Ademoyegun O. T., Aduloju A. O., Olagunju Y. O. Nutritional evaluation of five species of grain amaranth – An underutilized crop. *International Journal of Sciences.* 2017. Vol. 3, No. 01. P. 18–27. <http://dx.doi.org/10.18483/ijSci.1131>.
4. Aderibigbe O. R., Ezekiel O. O., Owolade S. O., Korse J. K., Sturm B., Hensel O. Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2022. Vol. 62, No. 3. P. 656–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>.
5. Caselato-Sousa V. M., Amaya-Farfán J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science.* 2012. Vol. 77, No. 4. P. R93–R104. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
6. Abalone R., Cassinera A., Gaston A., Lara M. A. Some physical properties of amaranth seeds. *Biosystems Engineering.* 2004. Vol. 89, No. 1. P. 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.06.012>.
7. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Бобро М. А. та ін. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування: монографія. Харків: ХНАУ, 2018. 362 с.
8. Amaya-Farfán J., Marcilio R., Spehar R. C. Should Brazil invest in new crop grains. *Seg Alim Nutr.* 2005. No. 12. 47–56.
9. Berger A., Gremaud R., Baumgartner M., Rein D., Monnard I., Kratky E., Geiger W., Burri J., Dionisi F., Allan M., Lambelet P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. *Intl J Vitam Nutr Res.* 2003. No. 73. 39–47. <https://doi.org/10.1024/0300-9831.73.1.39>.
10. Bruni R., Medici A., Guerrini A., Scalia S., Poli F., Muzzoli M., Sacchetti G. Wild *Amaranthus caudatus* seed oil, a nutraceutical resource from Ecuadorian flora. *J Agric Food Chem.* 2001. No. 49 (11). 5455–5460. <https://doi.org/10.1021/jf010385k>.
11. Rodas B., Bressani R. The oil, fatty acid and squalene content of varieties of raw and processed grain amaranth. *Arch Latinoam Nutr.* 2009. No. 59 (1). 82–87. ISSN 0004-0622.
12. Europe Amaranth Market Size | Industry Report, 2021-2028. (n.d.). Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/europe-amaranth-market>. Accessed [23.03.2025].

13. Svirskis, A. Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy research*. 2003. No. 1 (2). 253–264.
14. Bürki, H. M., Lawrie, J., Greaves, M. P., Down, V. M., Jüttersonke, B., Cagán, L., & Schroeder, D. Biocontrol of *Amaranthus* spp. in Europe: state of the art. *BioControl*. 2001. No. 46 (2). 197–210. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011461523079>
15. Kpocheme, A. O. E. K., Hotegni, N. F., Missihoun, A. A., Gnanvi, B. N., Atou, R., Wouyou, A., & Ahoton, L. Morphological characterization of *Amaranthus cruentus* L. mutant lines derived from local and preferred *Amaranthus* cultivar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2022. No. 16 (4). 1554–1569. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.16>
16. Kečkešová, M., Gálová, Z., & Hricová, A. Changes of protein profiles in amaranth mutant lines. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*,

2021. 1129–1135.

17. Gajdosova, A., Libiaková, G., & Fejér, J. (2007). Improvement of selected *Amaranthus* cultivars by means of mutation induction and biotechnological approaches. In *Breeding of Neglected and Under-Utilized Crops, Spices, and Herbs*. 2007. 169–188. <https://doi.org/10.1201/9781482280548-16>
18. Hricova, A., Fejer, J., Libiakova, G., Szabova, M., Gazo, J., & Gajdosova, A. Characterization of phenotypic and nutritional properties of valuable *Amaranthus cruentus* L. mutants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016. No. 40 (5). 761–771. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-31>
19. Волкодав В. В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. 2000. Т 1. 100 с.

References

1. Monteros, C. J., Nieto, C. C., Caicedo, C. V., Rivera, M. M., & Vimos, C. N. (1998). *Iniap alegría primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana*. In: *Producción y procesamiento de quinua en Ecuador*. Available from: <http://www.idrc.ca>. Accessed May 12.
2. Ulbricht, C., Abrams, T., Conquer, J., Costa, D., Grims-Serrano, J. M., Taylor, S., & Varguese, M. (2009). An evidence-based systematic review of amaranth (*Amaranthus* spp.) by the Natural Standard Research Collaboration. *Journal of Diet Supplement*, 6, 390–417.
3. Akin-Idowu, P. E., Odunola, O. A., Gbadegehin, M. A., Ademoyegun, O. T., Aduloju, A. O., & Olagunju, Y. O. (2017). Nutritional evaluation of five species of grain amaranth – An underutilized crop. *International Journal of Sciences*, 3 (01), 18–27. <http://dx.doi.org/10.18483/ijSci.1131>.
4. Aderibigbe, O. R., Ezekiel, O. O., Owolade, S. O., Korese, J. K., Sturm, B., & Hensel, O. (2022). Exploring the potentials of underutilized grain amaranth (*Amaranthus* spp.) along the value chain for food and nutrition security: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62 (3), 656–669. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1825323>.
5. Caselato-Sousa, V. M., & Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77 (4), R93–R104. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
6. Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., & Lara, M. A. (2004). Some physical properties of amaranth seeds. *Biosystems Engineering*, 89 (1), 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.06.012>.
7. 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). Amaranth: selektsiia, henetyka ta perspektyvy vyroshchuvannia: monohrafiia [Amarant: breeding, genetics and cultivation prospects: Monograph]. Kharkiv: KhNAU, 362 p. [in Ukrainian].
8. Amaya-Farfán, J., Marcílio, R., & Spehar, R. C. (2005). Should Brazil invest in new crop grains. *Seguridad Alimentaria y Nutrición*, 12, 47–56.
9. Berger, A., Gremaud, R., Baumgartner, M., Rein, D., Monnard, I., Kratky, E., Geiger, W., Burri, J., Dionisi, F., Allan, M., & Lambelet, P. (2003). Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, 73, 39–47. <https://doi.org/10.1024/0300-9831.73.1.39>.
10. Bruni, R., Medici, A., Guerrini, A., Scalia, S., Poli, F., Muzzoli, M., & Sacchetti, G. (2001). Wild *Amaranthus caudatus* seed oil, a nutraceutical resource from Ecuadorian flora. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (11), 5455–5460. <https://doi.org/10.1021/jf010385k>.
11. Rodas, B., & Bressani, R. (2009). The oil, fatty acid and squalene content of varieties of raw and processed grain amaranth. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59 (1), 82–87.
12. *Europe Amaranth Market Size | Industry Report, 2021-2028*. (n.d.). Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/europe-amaranth-market>. Accessed [23.03.2025].
13. Svirskis, A. (2003). Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy Research*, 1 (2), 253–264.
14. Bürki, H. M., Lawrie, J., Greaves, M. P., Down, V. M., Jüttersonke, B., Cagán, L., & Schroeder, D. (2001). Biocontrol of *Amaranthus* spp. in Europe: State of the art. *BioControl*, 46 (2), 197–210. <https://doi.org/10.1023/A:1011461523079>.
15. Kpocheme, A. O. E. K., Hotegni, N. F., Missihoun, A. A., Gnanvi, B. N., Atou, R., Wouyou, A., & Ahoton, L. (2022). Morphological characterization of *Amaranthus cruentus* L. mutant lines derived from local and preferred *Amaranthus* cultivar. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16 (4), 1554–1569. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.16>.
16. Kečkešová, M., Gálová, Z., & Hricová, A. (2021). Changes of protein profiles in amaranth mutant lines. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1129–1135.
17. Gajdosova, A., Libiaková, G., & Fejér, J. (2007). Im-

- provement of selected *Amaranthus* cultivars by means of mutation induction and biotechnological approaches. In *Breeding of Neglected and Under-Utilized Crops, Spices, and Herbs* (pp. 169–188). <https://doi.org/10.1201/9781482280548-16>.
18. Hricova, A., Fejer, J., Libiakova, G., Szabova, M., Gazo, J., & Gajdosova, A. (2016). Characterization of phenotypic and nutritional properties of valuable *Amaranthus cruentus* L. mutants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40 (5), 761–771. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-31>
19. Volkodav, V. V. (2000). Metodyka derzhavnoho sortovyprovuvannya 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].

UDC 633.88:575.22:631.52

Hudym, O. V. *Expression of breeding-valuable traits in amaranth lines obtained by induced mutagenesis. Grain Crops. 2025. 9 (1). 49–55.*

State Biotechnology University, 44 Alchevskykh St. Kharkiv, 61002, Ukraine

Topicality. In order to meet international standards, the gene pool of amaranth lines and varieties with high seed yields, improved grain and seed quality characteristics, and an early maturity should be expanded. To accelerate the breeding process in amaranth, experimental mutagenesis plays a crucial role as a modern breeding method that enhances genetic variability, providing breeders with new initial material for selection and further variety development. Most of these varieties have been obtained using physical mutagens, primarily gamma radiation. **Purpose.** To assess the seed quality characteristics of new mutant amaranth lines in terms of protein, oil content, and fatty acid composition compared to the original varieties. **Materials and Methods.** Three varieties of white-seeded amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Studentskyi, Kharkivskyi 1, and Sem developed by the V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University (now – the State Biotechnology University) were evaluated for seed quality characteristics. Additionally, seven mutant lines LMST15, LMSt150ChR, LMSt150ChN, LMH150, LMH150RV, LMS150ZV, and LMS150Ch induced by gamma irradiation were evaluated. The analysis of oil content, protein content, and fatty acid composition of amaranth seeds was performed at the Laboratory of Genetics, Biotechnology, and Quality of the Yuriev Plant Production Institute of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Statistical methods were used to determine the reliability of the results. **Results.** The conducted research demonstrated that gamma irradiation is a powerful factor capable of significantly altering the characteristics of amaranth plants. The obtained amaranth lines with modified qualitative traits represent valuable initial material for breeding. These lines exhibited increased protein content (by 1.56–3.35 %), enhanced oil content in seeds (by 0.43–0.76 %), and increased behenic, linoleic, and oleic acid content (by 0.10 %, 1.2–2.0 %, and 6.3 %, respectively). **Conclusions.** Based on the study, mutant breeding-valuable lines LMH150 (IU072495), LMSt150ChR (IU072494), LMSt150ChN (IU072492), and LMST15 (IU072493) characterised by a set of improved grain quality traits were identified. This confirms the feasibility of using radiation mutagenesis in amaranth breeding to obtain mutants with modified valuable economic traits, thereby expanding the range of initial breeding material for this crop.

Key words: *amaranth, gamma irradiation, mutant, protein, oil, fatty acid composition*