

ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСІННЯ КІНОА

Троценко Володимир Іванович

доктор сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-8101-0849
vtrotsenko@ukr.net

Мельник Андрій Васильович

доктор сільськогосподарських наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-7318-6262
melnyk_ua@yahoo.com

Троценко Надія Володимирівна

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-002-6671-2014
sblack1522@gmail.com

Кіноа вважається джерелом здорового харчування завдяки енергетичній та поживній цінності. Параметри харчової якості насіння кіноа перевершують характеристики традиційних злакових культур. Високий вміст білків вирізняє насіння кіноа поміж інших продуктів рослинного походження. Кіноа містить всі важливі амінокислоти, воно насичене мінералами та вітамінами. Особливий хімічний склад зерна може забезпечити виробництво безглютенової харчової продукції.

Кіноа завдяки унікальному хімічному складу і відсутності глютену, може використовуватися як цінна сировина для створення спеціалізованих (безглютенових) продуктів для людей, які страждають на целиацію і для продуктів підвищеної харчової цінності. Ця культура може бути альтернативною у районах із дефіцитом води, посухами та засоленням, де інші культури є нерентабельними. Проблемними аспектами культури залишаються схожість насіння у польових умовах, низька й нестабільна врожайність. Основною умовою поширення кіноа, як і інших видів рослин, є успішність проходження первинних фаз розвитку рослин. Здатність формувати у нових умовах вирівняний посів із заданими показниками густоти стояння, забезпечує можливість подальших кроків із селекційної та технологічної оптимізації показників культури.

Проаналізовано еволюційні шляхи формування ознаки відсутності періоду спокою насіння, виявлено механізми та динаміку зниження життєздатності насіння у сучасній культурі кіноа. Суттєві відмінності у характеристиках насіння 2019 та 2018 рр. врожаю (зберігання 14 та 28 місяців відповідно) вказують на складність підтримки його господарських показників на наступні періоди.

За результатами дослідів із визначення динаміки водопоглинання насіння, його реакції на намочування та прогрівання визначено базові характеристики перспективних до впровадження у зоні північно-східного Лісостепу України селекційних зразків кіноа. Встановлено, що рівень пасивного водопоглинання знаходиться у діапазоні 79,7–81,5 % від маси сухого насіння. Максимальна інтенсивність водопоглинання відбувається протягом першої години. Насіння з більшим терміном зберігання має вищу інтенсивність початкового водопоглинання. При температурі + 18 °C загальна тривалість періоду набубнявіння насіння складає 7–8 годин.

Найвища ефективність намочування насіння відмічена для зразків насіння 2019 року врожаю. Порівняно з контролем, зростання показників енергії проростання та лабораторної схожості становили + 9,5 та + 5,8 %. Цей же зразок насіння мав кращі параметри за результатами прогрівання + 6,9 та + 2,4 % відповідно.

Ключові слова: кіноа, інтродукція, врожайність, життєздатність насіння, передпосівна обробка насіння.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.1.9>

Вступ. Кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) – представник родини *Amaranthaceae*. Рід *Chenopodium* поширений в Америці, Азії та Європі (Bazile et al., 2016; Jellen, et al., 2014). Особливістю виду є висока мінливість та толерантність до стресових умов довкілля (засоленість, посуха, низький рівень зволоження тощо. (Jacobsen et al., 2003; Ruiz et al., 2014).

Із усіх культур, насіння яких використовується для харчових потреб, кіноа – єдиний вид із збалансованим вмістом амінокислот. Висока цінність білку обумовлена вмістом гістидину, ізолейцину, лейцину, фенілаланіну, треоніну, трипто-

фану, валіну та, головним чином, лізину та метіоніну, незамінних амінокислот (Filho et al., 2017; Nowak & Charrondière, 2016; Stikic et al., 2012). Насіння кіноа також багате на мікроелементи (K, Ca, P, Mn, Zn, Cu, Fe і Na) та вітаміни С та Е (Dini et al., 2001; Pereira et al., 2019). Ці властивості роблять кіноа своєрідним еталоном серед культурних рослин, до того ж із високою адаптацією до широкого спектру умов вирощування у різних регіонах світу. Кіноа навіть розглядають як культуру, що може бути варіантом (гарантом) підвищення продовольчої безпеки (FAO, 2012). Такі характеристики обумовлюють інтродукцію культури у регіони, що часто є відмінними

за ґрунтового-кліматичними умовами від зони традиційного вирощування.

Базовою умовою поширення кіноа, як і інших видів рослин, є успішність проходження первинних фаз розвитку рослин. Здатність формувати у нових умовах вирівняний посів із заданими показниками густоти стояння, забезпечує можливість подальших кроків із селекційної та технологічної оптимізації показників культури (Bhargava et al., 2009; Spehar et al. 2015). Визначальною характеристикою цього процесу є вивчення особливостей зберігання насіння, його проростання та реакції на фактори середовища (Souza et al., 2016).

Основною відмінністю насіння кіноа від інших поширених культур є особлива структура плоду, що має унікальний пористий перикарп (Burrieza et al., 2014). Дрібнонасіннєвість і висока гігроскопічність перикарпу кіноа поєднуються з відсутністю періоду післязбиального достигання. Як результат насіння кіноа швидко втрачає життєздатність, а збирання насіннєвих посівів, доробка насіння та його зберігання потребують чіткого дотримання технологічних параметрів (Strenske et al., 2017).

Комплекс біологічних особливостей насіння кіноа, та наявність чітких національних і міжнародних вимог щодо якості посівного матеріалу, зумовлюють значну активність саме у цьому сегменті наукових досліджень. У значній кількості випадків таким дослідженням передували проблеми з якістю насіння, відсутністю стандартних тестів оцінювання його характеристик при інтродукції культури (Filho, 2015; Flivia, et al., 2017).

Досить різноманітний спектр ґрунтових та кліматичних умов, де розповсюджена культура кіноа, зумовили широку представленість у дослідженнях саме особливостей латентної фази розвитку рослин. Насамперед, це дослідження пов'язані з параметрами ґрунту: температурою, вологістю, доступністю кисню та складом мікрофлори (Filho et al., 2017; Souza & Cardoso, 2000.). У цьому аспекті, як правило, окремо розглядаються питання, що стосуються нормативних показників насіння – енергії проростання та схожості (Souza et al., 2016; Strenske et al., 2017).

Достатньо представленими є дослідження стосовно реакції культури або окремих її сортів на специфічні особливості регіонів, насамперед, присутність у ґрунтовому розчині, таких сполук, як хлориди натрію (NaCl), кальцію (CaCl₂) і калію (KCl) (Barbieri et al., 2019; Peyghan et al., 2020) та оцінка процесів проростання й розвитку сходів в умовах засолення та дефіциту води (Adolf et al., 2012; Coccozza et al., 2013; Eisa et al., 2017; Qureshi & Daba, 2020).

Мета. Враховуючи тенденцію до розширення ареалу розповсюдження та збільшення площ під культурою кіноа, формування внутрішнього ринку споживання та дефіцит наукової інформації про фізіологічні характеристики насіння, наше дослідження мало на меті оцінити особливості водопоглинання насіння та його реакцію на заходи з передпосівної підготовки залежно від тривалості зберігання.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження були

проведені в 2020 році у межах наукової тематики кафедри рослинництва Сумського національного аграрного університету «Створення вихідного матеріалу сортів кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.), адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся України». Згідно з планом щодо вивчення базових характеристик насіння перспективного селекційного номера K4.

Дослід 1. Визначення динаміки водопоглинання насіння залежно від тривалості зберігання.

У досліді використано насіння врожаю 2020 року, насіння врожаїв 2019 та 2018 рр. із масою 1000 штук – 2,96 г. Насіння засипали у сітчасті пластикові контейнери об'ємом 7,3 см³. Контейнери занурювали у воду (температура +18 °C). Насіння зважували з інтервалом в 1 годину. Перед кожним зважуванням для видалення залишків води, контейнери поміщали у центрифугу з параметрами: 1 хв., 500 об/хв. Кожний варіант дослідів мав 3 повторності.

Дослід 2. Визначення впливу передпосівної обробки на показники якості насіння.

Як і у попередньому випадку у досліді було використано насіння сортономеру K4 з масою 1000 штук 3,11–3,20 г.

Дослід двофакторний.

- Фактор А – спосіб передпосівної обробки насіння. Варіанти: намочування насіння; прогрівання насіння.

- Фактор Б – тривалість зберігання насіння. Варіанти: свіжезібране насіння врожаю 2020 р.; насіння врожаю 2019 р.; насіння врожаю 2018 р.

- Контроль – насіння без обробки.

У варіантах із намочуванням насіння занурювали у воду з температурою +18 °C на 1 годину. Потім насіння підсушували до сипучого стану при температурі +22 °C протягом 12 годин. У варіантах із прогріванням, насіння поміщали в термостат із температурою +55 °C на 2 години.

Для оцінки якісних показників насіння щодо проростання, було використано стандартний тест на схожість. Насіння (100 штук у пробі) розподіляли на вологому фільтрувальному папері в пластикових ростильнях у 4-разовому повторенні. Пророщування проводили при температурі 20 °C. Енергію проростання визначали на 3-й день, лабораторну схожість – на 6-й день.

Результати. Результати дослідів з оцінювання динаміки водопоглинання насіння кіноа різних термінів зберігання показали, що суттєве зростання показника маси поглинутої води спостерігалось протягом перших 7 годин. У деяких повторностях зростання кількості поглинутої вологи відмічали протягом 8–9 годин. Максимальна кількість води: 55,1; 57,1 та 61,3 % у зразків урожаю 2020, 2019 та 2018 рр. відповідно потрапляла у насіння протягом першої години намочування. Перехід через позначку 70 % від маси насіння відбувся через 5 годин у зразків 2020 р., через 4 та 3 години у зразків 2019 та 2018 рр. Загальна кількість поглинутої насінням вологи через 7 годин у зразків відповідних років урожаю склала 79,68; 81,50 та 80,43 %. (рис.1).

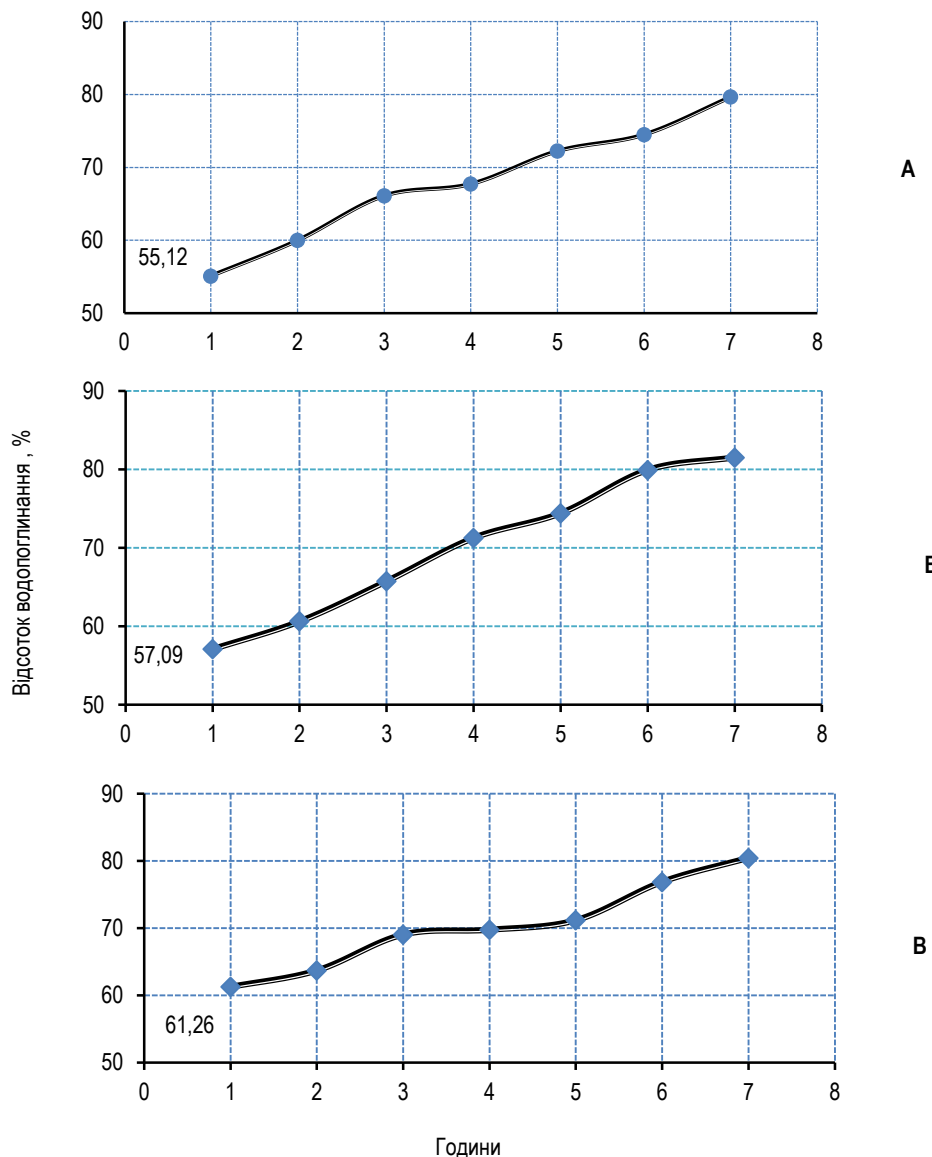


Рис.1 Динаміка водопоглинання насіння кіноа.
А – насіння врожаю 2020 р.; Б – 2019 р.; В – 2018 р.

Пристосувальний механізм формування цієї ознаки підтверджується відмінностями у регресійних моделях дина-

міки водопоглинання залежно від тривалості зберігання насіння (табл.1).

Таблиця 1

Регресійні моделі динаміки водопоглинання насіння кіноа різних років урожаю

Рік урожаю	Модель регресії	R ²	p-рівень
2020	$Y = 52,37 + 4,23 \cdot X$	0,98	0,0001
2019	$Y = 52,87 + 3,88 \cdot X$	0,98	0,0001
2018	$Y = 58,03 + 3,07 \cdot X$	0,98	0,0004

Регресійні моделі вказують на першочерговість проростання у ґрунтовому банку саме насіння попередніх років урожаю. Так, максимальне серед варіантів значення вільного члена регресійної моделі зразків урожаю 2018 року – 58,03 вказує на мінімальну (серед варіантів) залежність процесу набубнявіння насіння від тривалості контакту насіння з водою.

У зразка поточного (2020 р.) урожаю ми спостерігаємо зворотну залежність. Низьке значення вільного члена та максимальне у досліді значення коефіцієнта регресії $r = 4,23$ характеризує цю модель, як більш залежну від тривалості кон-

такту насіння з водою. В природних умовах це має забезпечити блокування проростання насіння у волоті, та зворотність процесів ферментативної активації запасних поживних речовин при низькій вологості середовища.

Подібність моделей набубнявіння насіння 2020 та 2019 рр. урожаю опосередковано вказує на можливість підтримки показників господарчої придатності насіння кіноа протягом 2-х річного терміну зберігання. Аналогічну динаміку зниження життєздатності насіння протягом його зберігання було отримано і у досліді із намочуванням та прогріванням насіння (табл. 2).

Вплив передпосівної обробки насіння на параметри проростання

Фактор А Передпосівна обробка насіння	Фактор В (роки урожаю)					
	2020		2019		2018	
	енергія проростання	лабораторна схожість	енергія проростання	лабораторна схожість	енергія проростання	лабораторна схожість
Контроль (необроблене насіння)	74,6 ± 2,1	86,5 ± 0,3	68,6 ± 1,8	83,6 ± 0,6	54,4 ± 3,4	66,4 ± 3,1
Намочування насіння	79,3 ± 1,3	88,4 ± 0,3	78,1 ± 1,6	89,4 ± 0,5	64,2 ± 3,6	67,1 ± 3,1
± до контролю, %	4,7	1,9	9,5	5,8	9,8	0,7
Прогрівання насіння	78,4 ± 2,3	84,2 ± 0,4	75,5 ± 1,9	86,0 ± 0,6	56,4 ± 3,2	68,3 ± 2,5
± до контролю, %	3,8	2,3	6,9	2,4	2,0	1,9

В умовах досліджу найвищий ефект від замочування насіння, а саме — + 9,5 % та + 5,8 % за показниками енергії проростання та лабораторної схожості було отримано у зразка з річним терміном зберігання. Суттєве покращення енергії проростання (+ 9,8 %) не супроводжувалося зростанням показника лабораторної схожості. Це вказує на збільшення у цьому зразку частки ослабленого та нежиттєздатного насіння. Зразок урожаю поточного року (2020 р.) характеризувався сповільненою реакцією, що проявлялась у деякому покращенні (+ 4,7 %) показника енергії проростання та несуттєвому (+ 1,9 %) зростанні лабораторної схожості.

Обговорення. Важливою характеристикою процесу водопоглинання є інтенсивність початкових фаз, яка, зазвичай, характеризує здатність насіння до швидкого проростання за рахунок ефективного використання ґрунтової вологи. Факторами, що впливають на інтенсивність цього процесу, є тип запасних поживних речовин у насінні, а також наявність спеціалізованих пристосувань, зокрема, пористість перикарпу. В еволюційному аспекті здатність до швидкого й інтенсивного водопоглинання формувалася як пристосувальна ознака дрібнонасінневих видів рослин, у яких проростання насіння відбувається з верхнього шару ґрунту, що характеризується швидкими темпами прогрівання та великою ймовірністю пересихання.

Отримані результати щодо водопоглинання насіння погоджуються з даними досліджу L. M. Melgarejo (2010), який визначив три основні фази проростання насіння кіноа. Перша відповідає фенологічній фазі 03 (BBCN), яка починається з поглинання, коли вода адсорбується через різницю у гідрологічному потенціалі між насінням та зовнішнім розчином. Згодом відбувається ферментативна активація, початкова реакція якої виявляється у значному зменшенні поглинання води. Далі ініціюються метаболічні перетворення, головним чином, за рахунок збільшення реакційної здатності форм кисню (АФК), молекулярної рухливості та в'язкості цитоплазми, що діє на клітину сигнальним шляхом, перериваючи стан спокою (Melgarejo, 2010; Sosa-Zuniga, 2017).

Подібні дані щодо інтенсивності водопоглинання та ініціації початкових механізмів проростання насіння було отримано у дослідженнях A. Bhargava (Bhargava et al., 2007). Автори зазначають високий ступінь гігроскопічності та відсутність періоду спокою у більшості сортів кіноа. Також повідомляється, що, за наявності достатньої кількості вологи та сприятливої температури, проростання насіння може відбуватися за 6–10 годин (Souza et al., 2016). В окремих сортів описуються випадки проростання насіння у волоті, що додатково вказує на низьку ефективність регуляторних механізмів надходження вологи та блокування процесів проростання.

Як повідомляють F. F. J. Souza (Souza et al., 2016) та C. R. Spehar (Spehar, 2015), саме відсутність періоду спокою

у насіння кіноа є причиною швидких (порівняно до інших видів, що накопичують поживні речовини у формі білків та вуглеводів) темпів зниження життєздатності насіння при його зберіганні. Попереднє намочування насіння перед сівбою може скоротити період затримки процесу проростання та прискорити на початковій стадії ріст проростків. Це нівелює можливі ризики на ранніх етапах вегетативного розвитку рослин, оскільки серед етапів життєвого циклу проростання насіння і поява сходів є найбільш уразливими (Sabongari & Aliero, 2004).

У біологічному сенсі реакція насіння на попереднє замочування з підсушуванням характеризує здатність культури, окремого її сорту або зразка до проростання у більш широкому екологічному діапазоні. Оскільки пересихання верхнього шару ґрунту відбувається швидше, ніж пересихання розміщеного у ньому насіння, то процес проростання при повторному зволоженні може проходити більш інтенсивно.

Наразі така методика передпосівної підготовки насіння є одним із ефективних заходів для гарантованого отримання сходів деяких дрібнонасінневих кормових культур та лікарських видів рослин. Використання такого заходу у *Nicotiana rustica* L. дає можливість отримання кількох «вікових хвиль» сходів, що робить можливим зміщення строків сівби на більш ранні, без загрози втрати посіву через ранньовесняні заморозки. Перспективність намочування насіння для інших культур (наприклад, кукурудзи) визначається різницею у темпах надходження води в ендосперм та зародок. (Bewley et al., 2013; Shin et al., 2005).

Щодо передпосівної теплової обробки насіння, отримані нами результати співпадають із даними експериментів, де прогрівання насіння та його намочування забезпечило суттєве підвищення енергії проростання (Macdonald & Asotie, 1999; Noorhosseini et al., 2018). Вважають, що при намочуванні насіння з наступним підсушуванням до вихідної вологості відбувається активація ферментів та можливі морфологічні зміни в структурі насіннєвих покривів, що покращує схожість насіння (Esmailpour & Van Damme, 2014; Lin & Sung, 2001).

Перикарп є своєрідним бар'єром, що втримує інгібітор проростання — ендогенну абсцизову кислоту. При порушенні покривів або їх перфорації фіксують збільшення кількості абсцизової кислоти, яка вивільнюється назовні й насіння починає активно проростати (Beatriz, 2015). Відмінності у товщині перикарпа, залежно від умов конкретного року, також обумовлюють різну кількість вивільненої абсцизової кислоти, що може бути однією з причин відмінностей у їхньому проростанні.

Висновки. Проаналізовано еволюційні шляхи формування ознаки відсутності періоду спокою насіння, виявлені

механізми та динаміка зниження життєздатності насіння у сучасній культурі кіноа. Суттєві відмінності у характеристиках насіння 2019 та 2018 рр. урожаю (зберігання 14 та 28 місяців відповідно) вказують на складність збереження його господарських показників на 2 та наступні роки зберігання.

За результатами дослідів із визначення динаміки водопоглинання насіння, його реакції на намоочування та прогрівання визначені базові характеристики перспективних до впровадження у зоні північно-східного Лісостепу України селекційних зразків кіноа. Встановлено, що рівень пасивного водопоглинання знаходиться у діапазоні 79,7–81,5 % від

маси сухого насіння. Максимальна інтенсивність водопоглинання відбувається протягом першої години. Насіння з більшим терміном зберігання має вищу інтенсивність початкового водопоглинання. При температурі + 18 °C загальна тривалість періоду набубнявіння насіння складає 7–8 годин.

Найвища ефективність намоочування насіння відмічена для зразків насіння 2019 р. урожаю. Порівняно до контролю зростання показників енергії проростання та лабораторної схожості склали + 9,50 та + 5,80 %. Цей же зразок насіння мав кращі показники за результатами прогрівання + 6,90 та + 2,45 % відповідно.

Бібліографічні посилання

1. Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*, 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00622
2. Jellen, E.N., Maughan, P.J., Fuentes, F. & Kolano, B. A. (2014). Botánica Domesticación y Circulación de Recursos Genéticos. In: Bazile D., Bertero D., Nieto C. (Eds). State of the art report on quinoa around the World in 2013. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chile, 11–35.
3. Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19(1-2), 99–109. doi: 10.1081/FRI-120018872
4. Ruiz, K., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E., Molina-Montenegro, M. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change: A review. *Agron Sustain Dev.*, 34, 349–359. doi: 10.1007/s13593-013-0195-0
5. Filho, A. M., Pirozi, M.R., Borges, J.T., Pinheiro, Sant'Ana H. M., Chaves, J. B. & Coimbra J. S. (2017). Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57(8), 1618–1630. doi: 10.1080/10408398.2014.1001811.
6. Nowak, V., Du, J. & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.111
7. Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, D. M. O., Jacobsen, S.E. & Milavonic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J. Cereal Sci.*, 55(2), 132–138. doi: 10.1016/j.jcs.2011.10.010
8. Dini, I., Schettino, O., Simioli, T. & Dini, A. (2001). Studies on the constituents of *Chenopodium quinoa* seeds: isolation and characterization of new triterpene saponins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49, 741–746. doi: 10.1021/jf000971y
9. Dini, I., Tenore, G. C. & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Lwt – Food Science and Technology*. 43. 447–451. doi: 10.1016/j.lwt.2009.09.010
10. Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V. C. F. R., & Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chem.*, 15, 280, 110–114. doi: 10.1016/j
11. FAO (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics. Retrieved 2019 September 2 from [Electronic resource]. Access mode: <http://faostat.fao.org>
12. Bhargava, A., Shukla, S., Rajan, S., & Ohri, D. (2007). Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 167–173. doi: 10.1007/s10722-005-3011-0
13. Souza, F. F. J., Devilla, I. A., de Souza, R. T. G., Teixeira, I. R., & Spehar, C. R. (2016). Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 11(15), 1299–1308. doi: 10.5897/AJAR2016-10870
14. Spehar, C. R. (2015). Advances and challenges for quinoa production and utilization in Brazil. Chapter XX., 562–583. FAO & CIRAD State of the art report on quinoa around the world in 2013. (D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto). Rome, 605.
15. Burrieza, H. P., López-Fernández, M. P. & Maldonado, S. (2014). Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. *Frontiers in plant science*, 5, 546. doi: 10.3389/fpls.2014.00546
16. Strenske, A., Vasconcelos, E. S., Egewarth, V. A., Herzog, N. F. M., & Malavasi, M. M. (2017). Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(1), 83–88. doi: 10.4025/actasciagron.v39i1.30989
17. Filho, M. J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*, 72(4), 363–374. doi: 10.1590/0103-9016-2015-0007
18. Flivia, F., Julia, E., Nara, O., Spehar, C. & Thais, F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 12. 155–160. doi: 10.5897/AJAR2016.11820.
19. Souza, G. M. & Cardoso, V. J. M. (2000). Effects of different environmental stress on seed germination. *Seed Science and Technology*. Zurich: Ista, 28(3), 621–630. [Electronic resource]. Access mode: <http://hdl.handle.net/11449/20224>
20. Barbieri, G., Stefanello, R., Menegaes, J., Munareto, J. & Nunes, U. (2019). Seed Germination and Initial Growth of Quinoa Seedlings Under Water and Salt Stress. *Journal of Agricultural Science*, 11(15), 153. doi: 10.5539/jas.v11n15p153
21. Peyghan, K., Golabi, M. & Albaji, M. (2020) Simulation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) yield and soil salinity under salinity

- and water stress using the SALTMED model. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(18), 2361–2376.
22. Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F. & Jacobsen, S. E. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil*, 357, 117–129. doi: 10.1007/s11104-012-1133-7
 23. Coccozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., d'Andria, R., & Tognetti, R. (2013). Effects of increasing salinity stress and decreasing water availability on ecophysiological traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) grown in a mediterranean-type agroecosystem. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199, 229–240. doi: 10.1111/jac.12012
 24. Eisa, S., Eid, M.A., El-Samad, S.A., Hussin, S., Abdel-Ati, A.A., El-Bordeny, N., Ali, S.H., Al-Sayed, H.M.A, Lotfy, M.E., Masoud, A., El-Naggar, A.M., & Ebrahim, M. (2017). *Chenopodium quinoa* Willd. A new cash crop halophyte for saline regions of Egypt. *Australian Journal of Crop Science*, 11(03), 343–351. doi: 10.21475/ajcs.17.11.03.pne316
 25. Qureshi, A. & Daba, A. (2020). Evaluating Growth and Yield Parameters of Five Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) Genotypes Under Different Salt Stress Conditions. *Journal of Agricultural Science*, 12(3), 128. doi: 10.5539/jas.v12n3p128
 26. Melgarejo, L. M. (2010). Experimentos en fisiología vegetal (U. N. de Colombia, Ed.). Bogotá.
 27. Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., & Steinfert, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117–124. doi: 10.1111/aab.12358
 28. Sabongari, S. & Aliero, B. L. (2004). Effects of soaking duration on germination and seedling growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *African Journal of Biotechnology*, 3(1), 47–51. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN
 29. Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*(3ed.). New York: Springer. Germination. 133–181.
 30. Shin, Seung-Ku; Ryu, Myung-Hyun & Lee, Chul-Hwan (2005). Effect of soaking duration and incubation temperature in drum priming on germination of tobacco seed CORESTA Meeting, Agronomy/Phytopathology, Santa Cruz do Sul, APOST 30.
 31. Macdonald, Idu & Asotie, Conrad Omonhinmin (1999). Effect of oven – heat and boiling on the germination and seedling development of *Dichrostachys cinerea* (L) Wight and Arn (*Fabaceae*). *Agronomie, EDP Sciences*, 19(8), 671–676.
 32. Noorhosseini, S. A., Jokar, N. K. & Damalas, C. A. (2018). improving seed germination and early growth of garden cress (*Lepidium sativum*) and basil (*Ocimum basilicum*) with hydro-priming. *J Plant Growth Regul*, 37, 323–334. doi: 10.1007/s00344-017-9728-0
 33. Esmailpour, A. & Van Damme, P. (2014). Evaluation of Seed Soaking Times on Germination Percentage, Germination Rate and Growth Characteristics of Pistachio Seedlings. *Acta Horticulturae*. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1109.17.
 34. Lin, J.M. & Sung, Jih. (2001). Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter melon seedlings under optimal and sub-optimal temperatures. *Seed Science and Technology*, 29, 39–50.
 35. Beatriz, G. (2015). Structural aspects of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*): Importance and possible action mechanisms of the seed coats; Cambridge University Press; *Seed Science Research*, 25(3), 267–275. [Electronic resource]. Access mode: <http://hdl.handle.net/11336/44200>

Trotsenko V. I., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Melnyk A. V., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Trotsenko N. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

STUDY OF BASIC CHARACTERISTICS OF QUINOA SEEDS

Quinoa crop is considered as a source of healthy nutrition due to its energy and nutritional value. The nutritional parameters of quinoa seeds exceed the characteristics of traditional cereals. The high protein content distinguishes quinoa seeds from other plant food. Quinoa contains all the important amino acids, it is rich in minerals and vitamins. The special chemical composition of grain can ensure the production of gluten-free food products. Quinoa due to its unique chemical composition and lack of gluten, can be used as a valuable raw material for the creation of specialized (gluten-free) products for people suffering from celiac disease and for products of high nutritional value. This crop may be an alternative one in areas with water deficiency, droughts and salinization, where other crops are unprofitable. Problematic aspects of the crop production are level of seed germination in the field condition, low and unstable yields.

The main condition for the quinoa spread, like other plant species, is the success of the initial phases of plant development. The ability to form in new growing conditions a crop with certain parameters of standing density provides the possibility of further steps in the breeding process and technological optimization of crop indicators.

The evolutionary way of the trait formation such as the absence of the seed dormancy period are analyzed, the mechanisms and dynamics of the decrease in the viability of seeds in the modern crop of quinoa are revealed. Significant differences in the seed characteristics of 2019 and 2018 harvest years (storage period of 14 and 28 months, respectively) indicate the difficulty of maintaining the economic indicators of seeds for the 2-nd and subsequent storage years.

Based on the experiment result to determine the dynamics of water absorption of seeds, their reactions to soaking and heating, the basic characteristics of quinoa breeding samples (perspective for introduction in the zone of the north-eastern forest-steppe of Ukraine) were determined.

It was found that the level of passive water absorption was in the range of 79.7–81.5 % of the mass of dry seeds. The maximum intensity of water absorption was fixed within 1-st hour. Seeds with a longer storage period are characterized by more intense initial water absorption. At temperature of 18 °C, the total duration of the seed swelling period is 7–8 hours.

The highest efficiency of seed soaking was noted for seed samples of the 2019 harvest year, compared with which the growth

of indicators of germination energy and laboratory germination was + 9.5 and + 5.8 %. The same seed sample had the best parameters according to the results of heating: + 6.9 and + 2.4 % respectively.

Key words: *quinoa, introduction, yield, seed viability, pre-sowing seed treatment.*

Дата надходження до редакції: 05.02.2020 р.