

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ КІНОА

Троценко Надія Володимирівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-002-6671-2014

sblack1522@gmail.com

Жатова Галина Олексіївна

кандидат сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-8606-6750

gzhatova@ukr.net

*Насіння, як орган репродукції рослин, відіграє важливу роль у збереженні та відтворенні виду. В аграрному виробництві якість насіння має важливе значення для успіху майбутнього врожаю і залежить від його генетичних, фізіологічних та фізичних характеристик. Отримання якісного насіння є одним із найважливіших етапів у виробництві кіноа і пов'язано з багатьма факторами, серед яких провідні – генетичні аспекти та системи вирощування. Кіноа, через специфічний хімічний склад насіння та особливості будови екзокарпію, втрачає свій потенціал проростання за короткий проміжок часу при зберіганні в неконтрольованих умовах навколишнього середовища. Для підвищення якісних показників насіння, його здатності до проростання застосовують різноманітні прийоми: намочування, прогрівання, обробку бактеріальними препаратами, сполуками селену та цинку. Мета досліджень полягала у вивченні можливостей передпосівної обробки для підвищення посівних якостей насіння кіноа зі зниженою здатністю до проростання та дослідження особливостей проростання зразків насіння. Дослідження з культурою кіноа проводилися в 2022 році в рамках наукової тематики Сумського НАУ. Дослід включав три варіанти: контроль, Спорофіт, Біонорма Pseudomonas. Спорофіт (фітодоктор) – Сертифікований Органік Стандарт згідно Стандарту з виробництва допоміжних речовин, що можуть використовуватись в органічному сільському господарстві та переробці. Критерієм визначення процесу проростання була поява першого корінця. Кількість пророслого насіння реєстрували щоденно протягом 10 днів. Ідентифікацію проростання проводили візуально або за допомогою бінокулярної лупи для фіксації окремих деталей. Обробку насіння проводили препаратами на основі бактерій родів Bacillus (Спорофіт) та Pseudomonas (Біонорма), визначали не тільки загальний відсоток схожості насіння, але й такі показники як коефіцієнт швидкості проростання (CVG), індекс швидкості проростання (GRI), середній час проростання, (MGT), індекс схожості (GI), індекс сили росту (VI). Виявлено підвищення загальної схожості насіння кіноа на 20–22% та кращі значення всіх індексів при обробці препаратами. Зважаючи на екологічну безпечність компонентів препаратів Спорофіт та Біонорма доцільно їх використовувати не тільки для покращення схожості насіння кіноа, а й створення мікрогрін-продукції.*

**Ключові слова:** кіноа, насіння, схожість, індекси проростання, біопрепарати.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.8>

Важливою передумовою створення високопродуктивних ценозів сільськогосподарських культур є формування вирівняного посіву з показниками густоти стояння рослин близькими до розрахункових. Досягнути таких характеристик можливо лише за умови використання якісного посівного матеріалу, забезпечення високого рівня польової схожості та виживаності рослин у ювенільній фазі розвитку.

Для більшості сільськогосподарських культур процес проростання насіння та перехід проростків до автотрофного живлення розглядається як критичний період розвитку. Особливо гостро це питання стоїть для низки дрібно насінневих видів рослин, процеси доместикації яких сприяли виокремленню форм, здатних до формування максимальної кількості насіння. Одним із таких видів є кіноа. Плоди цього виду (як і його диких родичів) характеризуються різним рівнем ембріонального розвитку зародка та суттєво відрізняються за вмістом запасних поживних речовин.

Особливостями насіння кіноа є відсутність періоду спокою та висока гігроскопічність (Bhargava et al., 2007; Romero et al., 2018). Під впливом вологи насіння здатне проростати за короткий проміжок часу: від 6 до 10 годин (Souza et al., 2016; Trocenko, 2020).

Разом із тим насіння кіноа забезпечує більший потенціал зберігання, ніж у інших культур завдяки високій хімічній стабільності крохмалю та ліпідів (Marcos-Filho, 2015). Однак навіть за сприятливих умов зберігання насіння кіноа втрачає життєздатність швидше, ніж злаки через пористість оболонки, яка сприяє надходженню або втраті вологи та може ініціювати проростання навіть у волоті (Spehar, 2007). Такі особливості насіння кіноа вимагають належного зберігання насіння для уникнення можливого псування через неконтрольований рівень вологості й температури, пошкодження фітопатогенами (Seccato et al., 2011; Seccato et al., 2015).

У процесі зберігання насіння кіноа потребує низького рівня вологості і відзначається мінімальною фізіологіч-

ною активністю. Однак деякі неферментативні процеси відбуваються і за низького вмісту води. Це призводить до старіння насіння, викликаючи зміну функціональних білків, послаблює метаболічну систему та обмежує стійкість до ушкодження вільними радикалами та здатність відновлювати ушкодження протягом періоду проростання (Castellió et al., 2010). Кіноа втрачає здатність до проростання за короткий проміжок часу при зберіганні в неконтрольованих умовах навколишнього середовища, тому для забезпечення життєздатності та високих посівних якостей у післязбиральний період рекомендуються прохолодні умови при базовій вологості насіння біля 10% (Ayala et al., 2022; Romero et al., 2018; Souza et al., 2016).

Такі особливості плодів часто приводять до погіршення характеристик насінневого матеріалу кіноа, зниження його життєздатності та енергії проростання (Karpes et al., 2012). Низькі показники лабораторної, а особливо польової схожості (в умовах виробництва) можуть компенсуватися суттєвим збільшенням норми висіву, що в свою чергу знижує технологічні характеристики посівів (Belmonte et al., 2019).

Ефективним підходом у вирішенні зазначеної проблеми є використання прийомів, орієнтованих на підвищення якісних показників насіння кіноа, його здатності до проростання за рахунок таких заходів, як намочування, прогрівання, обробка бактеріальними препаратами, мелатоніном та мікрохвилями, сполуками селену та цинку (Bourhim et al., 2022; Gholami et al., 2022; Hajizadeh et al., 2022; Mamedí et al., 2017; Mahdi et al., 2022; Nadali et al., 2012; Sera et al., 2008; Zrig et al., 2022). У покращенні схожості та життєздатності насіння позитивний ефект забезпечують зокрема ризобактерії, що сприяють росту рослин (PGPR) (Prashanthisanderogu, 2021; Mahdi et al., 2022).

Мета статті. Успішна інтродукція культури кіноа в зоні північно-східного Лісостепу України наразі реалізується передусім за рахунок створення нових сортів, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов цього регіону. Невирішеними залишається низка технологічних питань, пов'язаних з низькою польовою схожістю насіння та високою загибеллю рослин на початкових стадіях розвитку. Розв'язання цього завдання за рахунок покращення якості посівного матеріалу має забезпечити збільшення ефективності вирощування цієї перспективної культури.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження з культурою кіноа проводилися в 2022 році в рамках наукової тематики Сумського НАУ. Лабораторні дослідження передбачали виконання досліду з оцінювання ефективності використання бактеріальних препаратів для покращення показників якості насіння.

Дослід включав три варіанти: контроль, Спорофіт, Біонорма *Pseudomonas*. Спорофіт (фітодоктор) – Сертифікований Органік Стандарт згідно Стандарту з виробництва допоміжних речовин, що можуть використовуватись в органічному сільському господарстві та переробці (з врахуванням вимог Стандарту, що еквівалентний Постановам ЄС 834/2007 та 889/2008, сертифікат № 21-0116-12-01; Біонорма *Pseudomonas* – сертифікат № 20-0982-03/01)

Для дослідження було використане насіння, що зберігалось в неконтрольованих умовах упродовж трьох років (урожай 2019 р.). Насіння контролю намочували у воді. Обробку насіння препаратами проводили відповідно до інструкцій.

Насіння пророщували в ростильнях на фільтрувальному папері в 4-х повтореннях. Ростильні поміщали в термостат при 20°C. Критерієм визначення процесу проростання була поява першого корінця. Кількість пророслого насіння реєстрували щоденно протягом 10 днів. Ідентифікацію проростання проводили візуально або за допомогою бінокулярної лупи для фіксації окремих деталей. Для порівняння процесу проростання насіння різних варіантів досліду на основі обліків було розраховано показники проростання та використано такі формули:

**загальний відсоток схожості (%)** – на 10-й день:

$$N_{ge}/N_t \times 100 \quad (1)$$

$N_{ge}$  – кількість пророслого насіння,

$N_t$  – загальна кількість насіння;

**коефіцієнт швидкості проростання, % (CVG):**

$$CVG = N_i / (N_i \times T_i) \times 100 \quad (2)$$

де  $N_i$  – кількість насіння, пророслого на день  $i$ , та  $T_i$  – кількість днів від початку посіву (Kader, 2005; Khan et al., 2022);

**індекс швидкості проростання (GRI) (% / день):**

$$GRI = G_1/1 + G_2/2 + \dots + G_x/x \quad (3)$$

де  $G_1$  – відсоток проростання  $\times 100$  на перший день після посіву,

$G_2$  – відсоток проростання  $\times 100$  на другий день після посіву тощо (Kader, 2005);

**середній час проростання, дні (MGT):**

$$MGT = \sum(N_i \times D_i) / N \quad (4)$$

$N_i$  – кількість насіння, що проросло за  $i$ -й інтервал часу,  $D_i$  – кількість днів від початку тесту,  $N$  – загальна кількість насіння, що проросло наприкінці експерименту (Kader, 2005; Ranal & Denise Garcia de Santana, 2006);

**індекс проростання (схожості) (GI):**

$$GI = (10 \times n_1) + (9 \times n_2) + \dots + (1 \times n_{10}) \quad (5)$$

$n_1, n_2 \dots n_{10}$  = кількість пророслого насіння першого, другого і в наступні дні – до 10-го (Kader 2005);

**потенційна схожість, % (GP):**

$GP = \text{Загальна кількість пророслого насіння 4-й день} / \text{Загальна кількість насіння} \times 100\% \quad (6).$

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою пакету Statistica (версія 6.0).

**Результати.** Основними показниками якості насіння, що визначають рівень його життєздатності та забезпечують можливість порівняння різних способів обробки насіння є лабораторна схожість та енергія проростання. Разом із тим у окремих випадках насінневі лабораторії можуть проводити додаткові аналізи, які забезпечують вищий рівень інформативності щодо диференціації партій насіння. У нашому випадку це використання додаткових показників та індексів, розповсюджених у світовій практиці.

Для оцінювання ефективності використання біопрепаратів для покращення показників життєздатності насіння були використані коефіцієнт енергії проростання (CVG), індекс швидкості проростання (GRI) та середній час проростання насіння (MGT) (табл. 1).

Показники швидкості проростання насіння кіноа

Варіанти	CVG, %	GRI, (% / день), %	MGT, дні
контроль	36,4	22,0	6,9
Спорофіт	49,3	55,0	4,7
Біонорма <i>Pseudomonas</i>	41,5	58,6	4,3
HIP <sub>0,05</sub>	3,27	6,59	1,73

Інформативним показником швидкості проростання є CVG, оскільки ілюструє не лише кількість пророслого насіння, але і час необхідний для її досягнення. Цей показник буде вищим при збільшенні кількості пророслого насіння та зменшенні часу, необхідного для проростання. За результатами експерименту найкращий результат, а саме 49,3%, було відмічено на варіанті з обробкою насіння препаратом Спорофіт. Дещо менший (однак статистично суттєвий) ефект від обробки забезпечував препарат Біонорма.

На противагу попередньому показнику індекс GRI відображає динаміку процесу схожості – відсоток проростання насіння кожного дня впродовж всього періоду спостережень. Більш високі значення GRI вказують на вищу та швидшу схожість. Цей параметр не має будь-якої кореляції з днями «високої» та «низької» схожості, оскільки він рівномірно розподіляє відсоток у часі. Індекс GRI на варіантах з обробкою насіння препаратами значно перевищував контроль. У варіанті з обробкою Спорофітом цей показник складав 55, а з обробкою Біонорма – 59.

Точним показником часу, необхідного для проростання насіння, є середній час цього процесу (MGT). Чим нижчий MGT, тим швидше проростає зразок насіння.

У наших досліджах мінімальне значення показника було відмічено на варіанті з обробкою препаратом Біонорма *Pseudomonas* – 4,3 дні. Близький (та статистично суттєвий порівняно до контролю) результат, а саме 4,7 дні, мав зразок оброблений препаратом Біонорма *Pseudomonas*.

Дещо інший аспект життєздатності насіння кіноа, а саме його схожість при обробці біопрепаратами (табл. 2). Зразки оцінювалися за показниками потенційної схожості (GP), індексу схожості (GI) та загальної схожості.

Загалом, зразки насіння, оброблені препаратами Спорофіт та Біонорма *Pseudomonas* мали суттєво вищі показники схожості порівняно до варіанту контролю. Найбільш чітко це проявлялося у випадках аналізу показників GP та GI. Різниця між значеннями контролю та досліду у варіанті з обробкою препаратом Спорофіт за цими показниками складала 1,8 та 1,4, а для варіанту з обробкою препаратом Біонорма *Pseudomonas* – 2,3 та 1,8 відповідно.

Повним інформативним показником, що поєднує як відсоток схожості насіння, так і швидкість його проростання (розбіжність подій проростання, тривалість та «високі/низькі» події) є індекс схожості – GI. (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2

Індекси схожості насіння кіноа

Варіанти	Потенційна схожість (GP), %	Індекс схожості (GI)	Загальна схожість, %
контроль	24,6	291,0	77,6
Спорофіт	42,4	413,0	88,2
Біонорма <i>Pseudomonas</i>	56,2	526,5	85,1
HIP <sub>0,05</sub>	9,21	56,32	3,12

Рис. 1. Проростки насіння кіноа на варіантах досліду: а) Контроль, б) Спорофіт, в) Біонорма *Pseudomonas*

Високі значення цього показника – 526,5 та 413,0 відмічено у варіанті з обробкою препаратом Біонорма *Pseudomonas* та Спорофіт відповідно, перевищення контролю складало 122-235.

Результати досліджень (табл. 3, рис. 1) вказують, що в основі позитивної дії препаратів було підвищення рівня життєздатності саме ослабленого насіння, оскільки частка мертвого насіння складала біля 13% незалежно від варіантів обробки.

Статистичний ефект дії препаратів проявлявся насамперед у показниках кількості аномальних сходів. Як ілюструє рисунок 2, основними типами відхилень під час проростання насіння були патології первинної структури проростка, а саме: недорозвинений корінець, гнилий корінець, відсутність корінця, аномальні сім'ядольні листки.

**Обговорення.** Проростання насіння є вирішальним етапом у житті виду. Мікробні інокулянти, що входять до складу бактеріальних препаратів, сприяють росту рослин та забезпечують стабільний ефект від їх використання у широкому спектрі екологічних умов (Qiu et al., 2019; Santos et al., 2019; Ilchenko et al., 2019). Наразі, у зв'язку з тяжінням сучасної культури кіноа до органічного землеробства, у світі спостерігається активізація саме цього напрямку досліджень (Prashanthisanderogu, 2021).

У практичному аспекті найбільш реалізованими є шляхи використання PGPR-бактерій. Ці бактерії мають великий біотехнологічний та агропромисловий потенціал для органічного та сталого виробництва кіноа (Ortuño et al., 2014). Так, результати досліджень Adesemoye et al. (2009) та Singh et al. (2011) вказують на те, що позитивний ефект від використання штамів представників роду *Pseudomonas* (які входять до складу препарату Біонорма) відбувається передусім за рахунок збільшення концентрації сидерофорних сполук, вітамінів та гормонів росту в процесі утворення мікоризи.

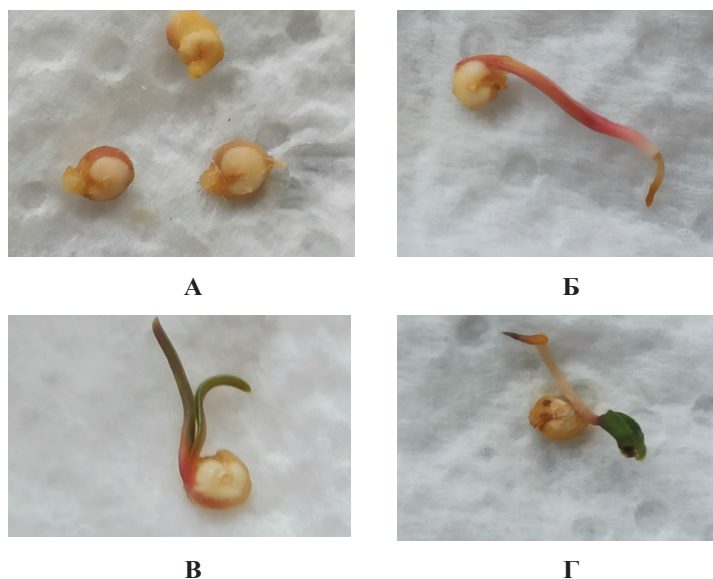
Види *Bacillus* (складова препарату Спорофіт) стимулюють ріст рослин, завдяки виробленню рослинних гормонів, таких як ауксини, цитокініни і гіберелова кислота, а також шляхом впливу на рівень гормонів (Gutierrez-Manero et al. 2001; Salamone et al. 2001).

Отримані нами експериментальні дані стосовно покращення схожості насіння кіноа в результаті дії препаратів на основі бактерій родів *Bacillus* та *Pseudomonas* загалом відповідають теоретичним напрацюванням зазначених вище авторів. Комплексний аналіз показників швидкості проростання та загальної схожості насіння кіноа вказує, що збільшення (покращення) таких показників як у варіантах із використанням препаратів, передусім відбувалося за рахунок нормалізації (підсилення) процесів проростання насіння зі зниженим рівнем життєздатності і лише частково

Таблиця 3

**Особливості проростання насіння кіноа після передпосівної обробки**

Варіанти	Нормальне насіння (%)	Аномальні проростки (%)	Мертве насіння (%)
контроль	71,5	6,1	22,4
Спорофіт	86,2	2,0	11,8
Біонорма <i>Pseudomonas</i>	85,0	3,0	12,0
HIP <sub>0,05</sub>	5,41		



**Рис. 2. Аномальне проростання насіння кіноа: А – мертве насіння; Б – насіння з гнилим корінцем; В – насіння з нерозвиненим корінцем; Г – насіння з недорозвиненим корінцем та аномальними сім'ядольними листками (фото автора)**



за рахунок покращення швидкості та енергії проростання здорового насіння. Таким чином, потенційна ефективність таких способів обробки буде зростати зі збільшенням тривалості зберігання, високому рівні травмованості та при несприятливих умовах зберігання і навпаки.

У практичному аспекті ці характеристики мають забезпечити покращення показників польової схожості у випадках погіршення умов проростання, що буде супроводжуватися збільшенням частки ослаблених та аномальних проростків.

Обробка насіння препаратом Спорофіт може бути рекомендована як базовий елемент для отримання ювенильних рослин кіноа у технологіях мікрогрін. Підставою для цього є рішення Управління з харчових продуктів і медикаментів (FDA, США) щодо надання статусу GRAS (Generally Regarded as Safe) препаратам з використання штамів *Vacillus* як таких, що є безпечними для використання як біотехнологічних інокулянтів, у тому числі при отриманні кіноа-мікрогрін (Mahdi et al., 2022) (рис. 3).

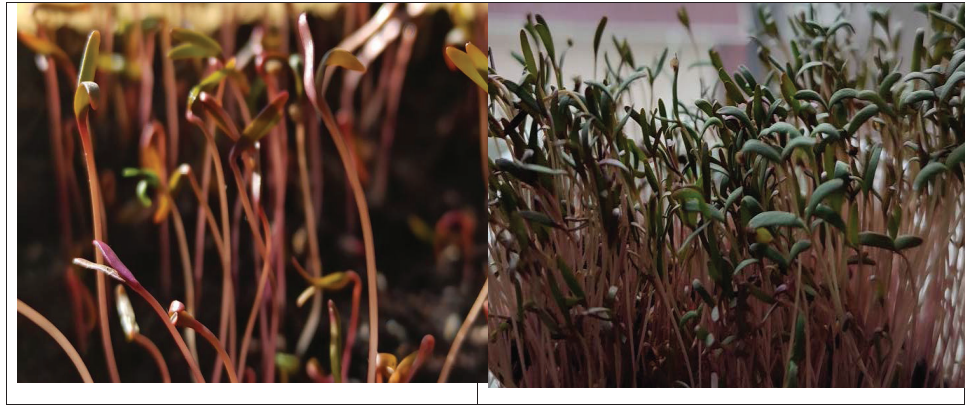


Рис. 3. Мікрогрін кіноа (сорт Квартет, фото автора)

**Висновки.** За результатами використання комплексу прямих показників та індексів інтенсивності проростання насіння кіноа встановлено, що використання біопрепарату Біонорма *Pseudomonas* в 2,6 рази покращує показники життєздатності насіння кіноа за показником індексу швидкості проростання та скорочення середньої тривалості проростання з 6,7 до 4,3 днів. Загальна лабораторна схожість насіння зростає із 77 до 86%.

Доведено, що покращення показників відбувається за рахунок оптимізації умов проростання насіння зі знизеним рівнем життєздатності. Близькі та статистично суттєві показники покращення швидкості та загальної частки пророслого насіння також забезпечує препарат Спорофіт. Останній може бути рекомендований як базовий елемент передпосівної підготовки насіння в технологіях мікрогрін.

#### Бібліографічні посилання:

1. Adesemoye, A. O. & Kloepper, J. W. (2009). Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer use efficiency. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 1–12. doi: 10.1007/s00253-009-2196-0
2. Arash, M., Reza, T.A. & Mostafa, O. (2017). Cardinal temperatures for seed germination of three Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science, Special Issue*, 89–100. doi: 10.22059/ijfcs.2017.206204.654106
3. Ayala, C., Fuentes, F. & Contreras, S. (2020). Dormancy and cardinal temperatures for germination in seed from nine quinoa genotypes cultivated in Chile. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 18(3), 143–148. doi:10.1017/S1479262120000209
4. Belmonte, C., Soares de Vasconcelos, E., Lorenzetti, E., Alexandra da Silva Martinez, Pan, R., & Tauane Santos Brito (2019). Germination of quinoa seeds prevented from agroecological and conventional crop systems *Communications in Plant Sciences*, 9, 6–12. doi: 10.26814/cps2019002
5. Bhargava, A., Shukla, S. & Deepak, Ohri (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Field Crops Research*, 101(1), 104–116. doi: 10.1016/j.fcr.2006.10.001
6. Bhuker, A., Mor, V.S., Jakhar, S. S. & Puneeth Raj M. S. (2020). Seed quality testing study in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, 35, 87–90. doi: 10.18805/BKAP224
7. Bourhim, M. R., Cheto, S., Qaddoury, A., Hirich, A. & Ghoulam, C. (2022). Chemical seed priming with zinc sulfate improves quinoa tolerance to salinity at germination stage. *Environ. Sci. Proc.*, 16, 23. doi: 10.3390/environsciproc2022016023
8. Castellión, M., Matiacevich, S., Buera, M. P. & Maldonado, S. (2010). Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. *Food Chemistry*, 121, 952–958.
9. Ceccato, D., Bertero, D. & Batlla, D. (2011). Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. *Seed Science Research*, 21, 133–141. doi:10.1017/S096025851100002X

10. Ceccato, D., Bertero, D., Batlla, D., & Galati, B. (2015). Structural aspects of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*): importance and possible action mechanisms of the seed coat. *Seed Science Research*, 239(1), 1–9. doi: doi:10.1017/S096025851500015X
11. Gholami, S., Dehaghi, M. A., Rezazadeh, A. & Naji, A. M. (2022). Seed germination and physiological responses of quinoa to selenium priming under drought stress. *Bragantia*, 81, e0722. doi: 10.1590/1678-4499.20210183
12. Gómez-Ramírez, A., López-Santos, C., & Cantos, M (2017). Surface chemistry and germination improvement of Quinoa seeds subjected to plasma activation. *Sci Rep.*, 7, 5924. doi: 10.1038/s41598-017-06164-5
13. Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., Brites, C., & Puppo, M. C. (2022). Germination of white and red quinoa seeds: improvement of nutritional and functional quality of flours. *Foods*, 11, 3272. doi: 10.3390/foods11203272
14. Gutiérrez-Mañero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J. R. Tadeo, F. & Talon, M. (2001). The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111, 206–211. doi: 10.1034/j.1399-3054.2001.1110211.x
15. Hajzadeh, Z., Balouchi, H., Salehi, A., Moradi, A. & Rezaei, R. (2022). Evaluation of the effect of bio-priming and seed coating on seed germination and seedling growth indices of *Chenopodium Quinoa* in cadmium stress. *Plant Productions*, 45(2), 215–228. doi: 10.22055/ppd.2022.38615.1994
16. Ilchenko, V., Trotsenko, V., Zhatova, H. & Kovalenko, I. (2019). Pre-sowing bacterial treatment and chemical fertilizer application impact on yield capacity and grain quality of hulless (*Avena nuda* L.) and hulled oats (*Avena sativa* L.) *Journal of Central European Agriculture*, 20 (3), 866–875. Access mode: [https://jcea.agr.hr/en/issues/article/2\\_296](https://jcea.agr.hr/en/issues/article/2_296)
17. Kader, M. A. (2005). Comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 138, 65–75.
18. Kappes, C., Arf, O., Ferreira, J. P., Portugal, J. R., Alcalde, M., Arf, M. V., & Vilela, R. G. (2012). Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro, em função de aplicações de paraquat em précolheita. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(1), 9–18. doi: 10.1590/S1983-40632012000100002
19. Khan, S., Ullah, A., Ullah, S., Saleem, M. H., Okla, M. K., Al-Hashimi, A., Chen, Y. & Ali, S. (2022). Quantifying temperature and osmotic stress impact on seed germination rate and seedling growth of *eruca sativa* mill. via hydrothermal time model. *Life*, 12, 400. doi: 10.3390/life12030400
20. Mahdi, I., Allaoui, A., Fahsi, N. & Biskri, L. (2022). *Bacillus velezensis* QA2 potentially induced salt stress tolerance and enhanced phosphate uptake in quinoa plants. *Microorganisms*, 10, 1836. doi: 10.3390/microorganisms-10091836
21. Marcos-Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas* (2ed.). Abrates: Londrina, PR: Abrates, 659.
22. Nadali, F., Asghari, H. R., & Abbasdokht, H. (2021). Improved quinoa growth, physiological response, and yield by hydropriming under drought stress conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73, 53–66. doi: 10.1007/s10343-020-00527-1
23. Ortuño N., Claros M., Gutiérrez C., Angulo M. & Castillo J. A. (2014). Bacteria associated with the cultivation of quinoa in the Bolivian Altiplano and their biotechnological potential. *J. Revista de Agricultura*, 53.
24. Panuccio, M. R., Jacobsen, S. E., Akhtar, S. S. & Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB PLANTS*, 6, plu047. doi: 10.1093/aobpla/plu047
25. Pitzschke, A. (2016). Developmental peculiarities and seed-borne endophytes in quinoa: omnipresent, robust bacilli contribute to plant fitness. *Front. Microbiol.* 7,2. doi: 10.3389/fmicb.2016.00002
26. Prashanthisandepogu (2021). Quinoa seed germination and vigor index with bacterization of *Pseudomonas aeruginosa* Migula. (PGPR). *Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci.*, 10 (10), 439–443. doi: 10.20546/ijcmas.2021.1010.052
27. Ranal, M. A. & Denise Garcia de Santana (2006). How and why to measure the germination process? *Braz J Bot [Internet].*, Braz. J. Bot., 29(1). Available from: doi: 10.1590/S0100-84042006000100002
28. Rodrigues, D. B., Cavalcante, J. A., Almeida, A. S., Nunes, C. A., Serrão, A. F. A., Konzen, L. H., Suñé, A. S., & Tunes, L. V. M. D. (2020). Seed morphobiometry, morphology of germination and emergence of quinoa seeds 'BRS Piabiru'. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 92 (An. Acad. Bras. Ciênc., 92(1). doi: 10.1590/0001-3765202020181313
29. Romero, G., Heredia, A. & Chaparro-Zambrano, H. N. (2018). Germinative potential in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under cool conditions. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 341–350. doi: 10.31910/rudca.v21.n2.2018.1076
30. Santos, E. L., Póla, J. N., Barros, A. S. R., & Prete, C. E. C. (2007). Qualidade fisiológica e composição química das sementes de soja com variação na cor do tegumento. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(1), 20–26.
31. Sera, B., Stranak, V., Sery, M., Tichy, M. & Spatenka, P. (2008). Germination of *Chenopodium album* in response to microwave plasma treatment. *Plasma Sci. Technol.* 10, 506–511. doi: 10.1088/1009-0630/10/4/22
32. Singh, J. S., Pandey, V. C. & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agri. Eco. Environ.*, 140, 339–353. doi: 10.1016/j.agee.2011.01.017
33. 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
34. Spehar, C. R. (2007). Quinoa: alternativa para diversificação agrícola e alimentar. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados., 103. Access mode: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/570429>
35. Sturz, A., Christie, B. & Nowak, J. (2000). Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. *Critical Reviews in Plant Sciences* Prince Edward Island. Canada, 19 (1), 1–30. doi: 10.1080/07352680091139169
36. Salamone, G. I. E., Hynes, R. K. & Nelson, L. M. (2001). Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Canad. J. Microbiol.*, 47, 404–411. doi: 10.1139/w01-029. PMID: 11400730.

37. Testen, A. L., Magnus, M. C. & Backman Paul A. (2022). Plant-growth-promoting traits of bacillus species associated with quinoa (*Chenopodium quinoa*) and lambsquarters (*Chenopodium album*). *Plant Health Progress*, 23(3), 292–299. doi: 10.1094/PHP-09-21-0121-RS
38. Trotsenko, V. I., Melnyk, A. V. & Trotsenko N. V. (2020). Doslidzhennia bazovykh kharakterystyk nasinnia kinoa. [Studies of the basic characteristics of quinoa seeds.] *Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and biology"*, 1 (39), 71–77. (in Ukrainian). doi: 10.32845/agrobio.2020.1.9
39. Zrig, A., Saleh, A. M., Sheteiwy, M. S., Hamouda, F., Selim, S., Abdel-Mawgoud, M., Almuhayawi, M. S., Okla, M.K., Abbas, Z. K., Wahidah, H., Al-Qahtani, Yehia R. S. & Abd, E. H. (2022). Melatonin priming as a promising approach to improve biomass accumulation and the nutritional values of *Chenopodium quinoa* sprouts: A genotype-based study. *Scientia Horticulturae*, 301, 111088. doi: 10.1016/j.scienta.2022.111088

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

**Zhatova H. O.**, PhD (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

#### **Germination characteristics of quinoa seeds**

*Seeds, as the organ of plant reproduction, play an important role in the preservation and reproduction of species. Seed quality is important for crop use in agricultural production and it depends on genetic, physiological and physical characteristics. Obtaining quality seed is one of the most important stages, and it is associated with many factors. Genetic aspects and cultivation systems are the leading ones. Because of the specific chemical composition of quinoa seeds and peculiarities of exocarp structure, loses its germination potential in a short period of time when stored in uncontrolled environmental conditions. Various techniques are used to improve the seed quality and their ability to germinate: soaking, heating, treatment with bacterial preparations, selenium and zinc compounds. The purpose of the research was to study the possibilities of pre-sowing treatment for improving the sowing qualities of quinoa seeds with reduced germination ability and to research the germination characteristics of seed samples. Seed treatment was carried out with preparations based on bacteria of the genera *Bacillus* (Sporofit) and *Pseudomonas* (Bionorma). The total percentage of seed germination was determined as well as such indicators as the germination rate coefficient (CVG), the germination rate index (GRI), the average germination time (MGT), germination index (GI), growth index (VI). An increase in the general germination of quinoa seeds by 20–22% and better values of all indices after treatment with biological preparations were revealed. Taking into account the environmental safety of the components of the Sporofit and Bionorma preparations, it is advisable to use them not only to improve the germination of quinoa seeds, but also to create microgreen products.*

**Key words:** quinoa, seeds, germination, germination indices, biological preparations.