

Міністерство освіти і науки України
Сумський національний аграрний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах
рукопису

ТРОЦЕНКО НАДІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК: 631.527

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТОВАРНИХ ТА
НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ КІНОА В УМОВАХ ПІВНІЧНО-
СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальність 201 «Агрономія»

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Н. В. Троценко

Науковий керівник: Андрій Васильович Мельник
доктор с.-г. наук, професор

Суми – 2024

АНОТАЦІЯ

ТРОЦЕНКО Надія Володимирівна. Розробка технології вирощування товарних та насінневих посівів кіноа в умовах північно-східного Лісостепу України.

Рукопис дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD): спеціальність 201 «Агрономія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

Стійкою тенденцією останніх десятиліть є диференціація продовольчого ринку за рахунок формування специфічних груп товарів. В сучасних умовах «відбір» на здатність до заповнення новостворених ніш проходять як традиційні культури (за рахунок їх сортової диференціації), так і група малопоширених та маргінальних культур, цінні властивості яких не було використано раніше. Необхідними характеристиками для відбору є наявність історичного етапу доместикації, достатній генетичний потенціал та базові основи механізованої технології вирощування.

Однією з перспективних для включення до системи світового виробництва продуктів специфічних напрямів харчування є лобода кіноа *Chenopodium Quinoa Willd.* Кіноа - культура археофіт, що сформувалася на Американському континенті, однак наразі активно поширюється в країнах зі сформованим ринком органічного сільськогосподарського виробництва, насамперед у країнах ЄС та Китаї. В Україні процес поширення кіноа стримується відсутністю адаптованих сортів, ефективних технологій вирощування їх товарних та насінневих посівів.

Метою досліджень було підвищення ефективності рослинницької галузі України за рахунок інтродукції культури кіноа в зоні північно-східного Лісостепу України.

Дослідження проводили у 2021-2023 роках у рамках державних наукових тем Сумського НАУ:

- Створення вихідного матеріалу сортів кіноа (*Chenopodium quinoa Will.*), адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся України (0118U004748, 2018–2022 рр.);
- Оптимізація технології вирощування кіноа (*Chenopodium quinoa Will.*) в умовах північно-східного Лісостепу та Полісся України (0116U004747, 2016–2020 рр.).

Протягом періоду досліджень було виконано два польових досліди. Двофакторний – з оцінювання параметрів вегетативного та генеративного розвитку рослин кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння. Однофакторний – з оцінювання ефективності передзбиральної обробки насіннєвих посівів кіноа. Дослідження проводили для сорту Квартет.

За результатами виконання польових дослідів було математично оброблено та систематизовано матеріал щодо особливостей росту, розвитку та формування врожайності посівів кіноа. Проведено оцінювання ефективності десикації та сеникації посівів та впливу цих заходів на врожайність та посівні якості насіння культури.

Визначено параметри польової схожості та зрідженості посівів: за роки досліджень діапазон значень польової схожості склав від 79 до 89%, з середнім значенням 85,4%, зрідженість сходів та ювенільних рослин була 13,2%, змінюючись від 5,3 до 25,4%. Найвищий рівень виживаності рослин відмічено на ділянках із нормою висіву 1,2 та 1,6 млн./га.

Розраховано поправковий коефіцієнт норм висіву насіння на кінцеву густоту, який склав $0,73 \pm 0,2$. Зі збільшенням норми добрив значення коефіцієнта зростало.

Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду залежала від впливу удобрення та норм висіву: за умов мінімальних норм добрив ($N_{16}P_{16}K_{16}$ кг/га) та мінімальної норми висіву насіння (0,8 млн/га) в досліді тривалість періоду «сходи-збирання» склала 117 днів. Збільшення норм висіву призводило до скорочення періоду до 115 днів. Покрокове підвищення норм добрив супроводжувалося пропорційним зростанням тривалості догенеративного й

генеративного періодів розвитку, а також фази технологічної стиглості на +3, +3 та +4 дні відповідно.

Основним фактором, що зумовлював зміну висоти рослин, була як кількість особин в посіві, так і норми внесення мінеральних добрив. Встановлено, що зі зростанням норм висіву насіння висота рослин кіноа зменшувалася з 118,4 до 104,8 см. Збільшення норм добрив забезпечувало протилежний ефект із діапазоном зміни показника від 96,3 до 119,7 см. Найбільший приріст значення (+18,1 см) відмічено на варіанті з підживленням аміачною селітрою, тоді як збільшення дози основного добрива забезпечувало менш помітний ефект. Найвищими були рослини на варіанті з нормою висіву 0,8-1,2 млн. шт./га (при внесенні норми добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$).

Визначено динаміку зміни коефіцієнта листкової поверхні посіву. Значення коефіцієнта встановлено на рівні 3,9 – 4,2 м²/м² на ділянках, сформованих нормою висіву ≥ 1.6 млн/га та використання норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$. Стабілізація значень показника відбувається за рахунок відмирання нижніх ярусів листків.

Встановлено істотно суттєве зростання показників концентрації хлорофілу при збільшенні норм мінеральних добрив із 1,65 мг/г (на контролі) до 1,89; 2,04 та 2,14 мг/г на варіантах із внесенням: $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ д. р. кг/га, відповідно. Відмічено тренд до збільшення частки тіншовитривалого хлорофілу “b” зі зростанням норм добрив та норм висіву насіння в діапазоні від 32,6% до 40,6%.

Встановлено, що протягом вегетації посів кіноа формує в середньому 6,73 т/га повітряно-сухої надземної фітомаси з діапазоном показника від 3,04 до 9,43 т/га. Зі збільшенням норм добрив та норм висіву насіння значення показника збільшувалися. Відмічено стабілізацію обсягів накопичення фітомаси на рівні 8,5-9,4 т/га при нормах висіву $\geq 1,2$ млн/га та максимальних нормах добрив у досліді.

Встановлено, що показник продуктивності рослин змінювався в діапазоні від 1,8 до 3,64 при середньому значенні 2,17. Річний діапазон коливання середнього значення продуктивності склав 2,07-2,27 г. Вплив фактора норми висіву на зміну показників урожайності був 46,6%, норми добрив – 42,0%, спільна дія факторів – 1,5%.

Найвищу врожайність – 2,58-2,86 т/га – було відмічено на ділянках із внесенням норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32}+ N_{30}$ за норм висіву насіння 1,2-1,6 млн/га. Частка впливу фактора добрив на зміну показника врожайності склала 71,6%, норми висіву насіння – 16,6%, погодних умов – 6,6%. Зі збільшенням норм внесення добрив та використанні вищих норм висіву насіння річні варіювання показника врожайності зменшувалися.

Експериментально підтверджено технологічну доцільність сеникації та десикації насінневих посівів. Виявлено статистично достовірний ефект зниження вологості насіння з 15,48% на контролі до 9,61 % за рахунок передзбиральної обробки посіву препаратом Гліфовіт Екстра (2,5 кг/га), до 10,73%, Реглоном Супер (2,5 л/га) до 9,1% аміачною селітрою (50,0 кг/га). Останній варіант обробки забезпечував вищі показники маси 1000 насінин, та збільшення частка насінневої фракції до 65,3%.

Було проведено економічне оцінювання отриманих результатів. Рентабельність вирощування кіноа при досягненні базового рівня врожайності 2,58 т/га склала 304,5%, прибуток – 108,76 тис/га. Збільшення врожайності, при використанні норми добрив $N_{48}P_{48}K_{48}+ N_{30}$ може супроводжуватися зростанням показників рентабельності та прибутку до 315,0% та 121,57 тис/га відповідно.

Для забезпечення ефективності процесів поширення культури кіноа, підвищення економічної ефективності рослинницької галузі України пропонуємо:

- фермерським господарствам зони північно-східного Лісостепу України. Застосовувати параметри базової технології вирощування, що передбачають сівбу суцільним способом нормою 1,2 млн/га з

внесенням основного добрива $N_{32}P_{32}K_{32}$ та підживлення N_{30} у фазі шести справжніх листків. Проводити передзбиральну сеникацію насіннєвих посівів 16 % розчином аміачної селітри;

- селекційним установам: використовувати сорти лободи кіноа Квартет та Комиза, як вихідну форму для адресного створення генотипів, орієнтованих на умови північно-східного Лісостепу України;
- вищим навчальним закладам із підготовкою фахівців в галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство активізувати селекційні та технологічні дослідження з культурою кіноа, сприяти популяризації вітчизняних сортів та базової технології вирощування.

Ключові слова: кіноа, урожайність, продуктивність, пластичність, загушення посіву, листкова поверхня, агроценоз, мінеральні добрива, норми висіву, сорт, органогенез, біометричні параметри

ANNOTATION

TROTSENKO, Nadiya. Development of technology for growing commercial and seed crops of quinoa in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine.

Manuscript Thesis for a Doctor Philosophy Degree (PhD): Specialty 201 “Agronomy”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024

A stable trend of recent decades is the differentiation of the food market due to the formation of specific goods groups. Nowadays both traditional crops (due to their varietal differentiation) and a group of rare and marginal crops, the valuable properties of which have not been used before, undergo "selection" for the ability to fill newly created niches.

Quinoa is one of the promising crops for inclusion in the world production system of products of specific areas of nutrition.

Chenopodium quinoa Willd. is an archaeophyte crop originated on the American continent, but it is currently actively spreading in countries with a developed market for organic agricultural production, primarily in the EU and China. In Ukraine, the process of introduction and distribution of quinoa is hindered by the lack of adapted varieties and effective technologies for growing both commercial and seed crops.

The purpose of the research was to increase the efficiency of the crop industry of Ukraine due to the introduction of quinoa crop in the North-Eastern Forest-Steppe zone of Ukraine.

The research was conducted in 2021-2023 within the framework of state scientific topics of the Sumy NAU:

- Creation of source material of quinoa varieties (*Chenopodium quinoa Willd.*), adapted to the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe and Polissia of Ukraine (0118U004748, 2018–2022);

• Optimizing the technology of growing quinoa (*Chenopodium quinoa Will.*) in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe and Polissia of Ukraine, (0116U004747, 2016–2020).

During the research period, two field experiments were carried out. A two-factor experiment - on the evaluation of the parameters of the vegetative and generative development of quinoa plants depending on the fertilizer and sowing rate. A one-factor experiment - on the evaluation of the effectiveness of pre-harvest processing of quinoa seed crops. The study was conducted for the Quartet variety

According to the results of the field experiments, the material was mathematically processed and systematized regarding the features of growth, development and yield formation of quinoa crops. An evaluation of the effectiveness of crop desiccation and synecation and the impact of these measures on the yield and sowing quality of seeds was carried out.

The parameters of field germination and crop thinning were determined: over the years of research, the value range of field germination was from 79 to 89%, with an average one of 85.4%; the thinning of seedlings and juvenile plants was 13.2%, varying from 5.3 to 25.4 %. The highest level of plant survival was observed in areas with a seeding rate of 1.2 and 1.6 million /ha.

The correction coefficient of sowing rate for the final density was calculated, which was 0.73 ± 0.2 . With an increase in the rate of fertilizers, its value increased.

It was established that the duration of the growing season depended on the influence of fertilizer and sowing rates: under the conditions of minimum fertilizer rates ($N_{16}P_{16}K_{16}$ kg/ha) and minimum sowing rate (0.8 million/ha) in the experiment, the duration of the "seedling-harvest" period was 117 days. An increase in sowing rates led to period shortening to 115 days. The gradual increase in fertilizer rates was accompanied by a proportional increase in the duration of the pre-generative and generative periods of development, as well as the phase of technological maturity by +3, +3 and +4 days, respectively.

The main factors causing the change in plant height was both the number of individuals in the crop and the rate of application of mineral fertilizers. It was

found that with the growth of sowing rates, the height of quinoa plants decreased from 118.4 to 104.8 cm. The increase in fertilizer rates provided the opposite effect with a range of changes in the indicator from 96.3 to 119.7 cm. The greatest increase in value (+18.1 cm) was noted on the variant with ammonium nitrate fertilization, while increasing the dose of the main fertilizer provided a less noticeable effect. The highest plants were on the variant with a sowing rate of 0.8-1.2 million/ha (with $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ fertilizer rate).

The changes dynamics in the leaf area coefficient of crop was determined. The coefficient value was set at the level of 3.9 - 4.2 m^2/m^2 in areas formed by the sowing rate of 1.6 ml/ha and the use of fertilizer rates of $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$. Stabilization of the indicator values occurs due to the death of the lower tiers of leaves.

A significantly significant increase in chlorophyll concentration indicators was established when the mineral fertilizer rates were increased from 1.65 mg/g (on control) to 1.89; 2.04 and 2.14 mg/g on variants with application of: $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ and $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ kg/ha, respectively. A trend towards an increase in the share of shade-tolerant chlorophyll "b" was noted with an growth in fertilizer and sowing rates in the range from 32.6% to 40.6%.

It was established that during the growing season, the quinoa crop forms an average of 6.73 t/ha of above-ground phytomass with a indicator range from 3.04 to 9.43 t/ha. With the increase in fertilizer and sowing rates, the indicator value the increased. Stabilization of phytomass accumulation volumes at the level of 8.5-9.4 t/ha was noted at sowing rate of 1.2 million /ha and maximum fertilizer rates in the experiment.

It was established the values of the plant productivity index varied in the range from 1.8 to 3.64 (with an average means of 2.17). Fluctuations in the annual range of the indicator average value was 2.07–2.27 g. The influence of sowing rate factor on the change in yield indicators was 46.6%, the fertilizer rate - was 42.0%, and the combined effect of both factors was 1.5%.

The highest yield of 2.58-2.86 t/ha was noted on the plots with the application of $N_{32}P_{32}K_{32}+ N_{30}$ fertilizer at sowing rate of 1.2-1.6 million/ha. The share of the fertilizer factor influence on the change of yield was 71.6%, the sowing rate was 16.6%, weather conditions - 6.6%. With the increase in fertilizer rate application and the use of higher sowing rates, annual variations in the yield index decreased.

The technological expediency of synecation and desiccation of seed crops was experimentally confirmed. A statistically significant effect of reducing seed moisture from 15.48% in the control to 9.61% due to pre-harvest treatment of sowing with Glyfovit Extra (2.5 kg/ha), to 10.73%, Reglon Super (2.5 l/ha) up to 9.1%, ammonium nitrate (50.0 kg/ha) was determined. The last variant of treatment provided higher indicator of 1000 seed weight and an increase in the share of the seed fraction to 65.3%.

An economic evaluation of the experimental results was carried out. The profitability of quinoa cultivation with basic yield level of 2.58 t/ha was reached 304.5%, profit was 108.76 thousand/ha. An increase in yield with using $N_{48}P_{48}K_{48}+ N_{30}$ fertilizer rate can be accompanied by growth in profitability and profit indicators up to 315.0% and 121.57 thousand/ha, respectively

In order to ensure the effectiveness of quinoa distribution and increase the economic efficiency of the crop industry of Ukraine, we offer:

- farms in North-Eastern Forest Steppe of Ukraine: apply the parameters of the basic cultivation technology, which provide for a continuous way of sowing at the rate of 1.2 million/ha with the application of $N_{32}P_{32}K_{32}$ (as main fertilizer) and N_{30} (as top dressing) in six leaves phase. Carry out pre-harvest synecation of seed crops with 16% solution of ammonium nitrate;
- breeding centres: use Quartet and Komiza quinoa varieties as a source forms for targeted creation of genotypes oriented to the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine;
- higher educational institutions with training of specialists in the field of knowledge 20 – Agrarian sciences and food: activate breeding and technological

research with quinoa crop, promote the popularization of domestic varieties and basic cultivation technology.

Key words: quinoa, productivity, yield capacity, plasticity, thickening of sowing, leaf surface, agrocenosis, mineral fertilizers, sowing rates, variety, organogenesis, biometric parameters

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

- Троценко В. І., Мельник А. В., **Троценко Н. В.** (2021) Дослідження базових характеристик насіння кіноа Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Агронія і біологія», випуск 1 (39), 202071-78 DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.1.9>
- **Троценко, Н. В.**, & Мельник, А. В. (2022). Стресостійкість кіноа та роль ендofітних симбіонтів у її формуванні. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 49(3), 66-75. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.9>
- **Троценко, Н. В.** & Жатова, Г. О. (2023). Особливості проростання насіння кіноа. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 50(4), 55-61. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.8>
- **Троценко, Н. В.** (2023). Досвід вирощування та генетичний потенціал кіноа. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 54(4), 53-61. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.8>

Статті в наукових журналах з включених до БД Scopus, WS

- **Nadiia Trotsenko**, Halyna Zhatova, & Mykola Radchenko. (2023). Growth and yield capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) depending on the sowing rate in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 12(2), 206–213. doi: <https://doi.org/10.17930/AGL2023226>

Тези доповідей конференцій

- **Троценко Н. В.** Перспективи вирощування кіноа. The XI International Science Conference «Theoretical approaches of Fundamental Sciences. Theory, Practice and prospects», April 26 – 28, 2021, Geneva, Switzerland, p.21
- **Троценко Н.** Оптимізація схожості насіння кіноа. The XII International Scientific and Practical Conference. About modern problems in Science and ways to solve them. Graz, Austria (December 06 – 08, 2021). .22
- **Троценко Н. В.** Біохімічний склад насіння кіноа. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (19-23 квітня 2021 р.). – Суми, 2021, с.73-74
- Мельник А. В., **Троценко Н. В.** Особливості будови насіння кіноа «Гончарівські читання»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 92-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (25-травня 2021 р.). Суми, 2021, с.46—47
- **Троценко Н. В.** Ефективність норм висіву щодо формування врожаю кіноа Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Гончарівські читання", 2022, 81-83
- **Троценко Н. В.**, Вандик М. І., Вандик А. М. Оптимізація параметрів вирощування кіноа сорту Квартет // Гончарівські читання, Міжнародна науково-практична конференція «Гончарівські читання», 2023, С.55.

Патенти, авторські свідоцтва

- Свідоцтво про державну реєстрацію сорту рослини. Лобода кіноа (*Chenopodium quinoa Willd.*) Квартет. (№ 220083 від 10.01. 2022 р.). Автори: Троценко В. І., Ільченко В. О., Ярмак А. О., Жатова Г.О., **Троценко Н. В.**. Частка авторства – 15%;

- Патент на сорт рослини. Лобода кіноа сорт Квартет (№ 230287 від 09.05.2023 р.);
- Свідоцтво про державну реєстрацію сорту рослини. Лобода кіноа (*Chenopodium quinoa Willd.*) Комиза (№ 240031 від 12.01.2024 р.).
Автори: Троценко В. І., Жатова Г.О., **Троценко Н. В.**, Ільченко В. О., Радченко М. В.. Частка авторства – 20%;
- Патент на сорт рослини. Лобода кіноа сорт Комиза (№ 240105 від 05.02.2024 р.).

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

НААН – Національна академія аграрних наук України

СНАУ – Сумський національний аграрний університет

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

°С – градус за шкалою Цельсія

СБП – середньо-багаторічної показники

НФП – надземна фітомаса посіву

НІР_{0,05} – найменша істотна різниця

МТН – маса 1000 насінин

Млн./га – мільйонів штук (одиниць) на одному гектарі (про норму висіву або густоту посіву)

кг д.р./га – кілограм діючої речовини на гектар (про мінеральні добрива)

г – грам, одиниця маси

га – гектар, одиниця площі

т – тона, одиниця маси

N₁₆P₁₆K₁₆ – кількість кілограмів діючої речовини азоту, фосфору і калію, яка вноситься із мінеральними добривами на один гектар

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН КУЛЬТУРИ КІНОА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	22
1.1. Біолого-морфологічна характеристика кіноа.....	22
1.2. Норми висіву, щільність посіву та удобрення в технології вирощування кіноа.....	32
1.3. Перспективи кіноа як продовольчої культури 21-го століття.....	49
1.4. Селекційний потенціал кіноа	51
РОЗДІЛ 2. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	53
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови.....	53
2.2. Погодні умови років досліджень.....	54
2.2.1 Погодні умови 2021 року.....	55
2.2.2 Погодні умови 2022 року.....	56
2.2.3 Погодні умови 2023 року.....	58
2.3. Схема дослідів та методика проведення досліджень.....	59
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ ТА УДОБРЕННЯ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ КІНОА	64
3.1. Схожість насіння та виживаність рослин в посіві залежно від норм добрив та норм висіву.....	64
3.2. Динаміка вегетації та особливості розвитку рослин кіноа.....	72
3.3. Формування вегетативних органів рослин кіноа залежно від удобрення та норм висіву.....	78
3.3.1 Площа листкової поверхні.....	78
3.3.1.2 Вміст та види хлорофілу.....	80

3.3.2 Середня маса рослин та фітомаса посіву кіноа.....	83
РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕРАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КІНОА.....	89
4.1 Урожайність посівів кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння.....	89
4.2 Формування продуктивності рослин кіноа.....	94
4.2.1 Кількість насіння.....	94
4.2.2 Маса 1000 насінин.....	96
4.2.3 Продуктивність рослин кіноа.....	99
4.3 Популяційні параметри врожайності.....	104
4.3.1 Реалізація генеративного потенціалу рослин у посівах.....	104
4.3.2 Показники фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності.....	107
4.4 Економічна ефективність вирощування кіноа.....	112
РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ КІНОА.....	117
5.1. Контроль вологості насіння при збиранні.....	122
5.2. Оцінювання якості посівного матеріалу кіноа після десикації та сеникації.....	124
ВИСНОВКИ.....	131
ПРОПОЗИЦІЇ.....	133
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	134
ДОДАТКИ.....	185

ВСТУП

Стійкою тенденцією останніх десятиліть є диференціація продовольчого ринку за рахунок формування специфічних груп товарів, у виробництві яких використовують урожай малопоширених, маргінальних та дикорослих рослин як перспективного високоякісного джерела продовольства. Оскільки багато з цих видів добре пристосовані до екстремальних умов навколишнього середовища, розширення їхніх посівних площ відповідає сьогоденним тенденціям кліматичних змін та захисту навколишнього середовища. Необхідними характеристиками для відбору є наявність історичного етапу доместикації, достатній генетичний потенціал та базові основи механізованої технології вирощування.

Однією з перспективних для включення до системи світового виробництва продуктів специфічних напрямів харчування є лобода кіноа *Chenopodium Quinoa Willd.* Кіноа - культура археофіт, що сформувалася на Американському континенті, однак наразі активно поширюється в країнах зі сформованим ринком органічного сільськогосподарського виробництва, насамперед у країнах ЄС та Китаї. Кількість країн-виробників кіноа швидко зростає.

Актуальність. Успішність процесів поширення кіноа в Україні стримується комплексом технологічних і селекційних факторів які є традиційними для програм інтродукції нових видів. Першочерговими завданнями програм є створення придатних до механізованого вирощування сортів, визначення базових параметрів вирощування їх товарних посівів та формування підходів до організації ефективного насінництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження було проведено відповідно до тематичного плану науково-дослідної роботи Сумського національного аграрного університету в рамках тем: «Створення вихідного матеріалу сортів кіноа, адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся України» (номер держаної

реєстрації 0118U004748, 2018-2022 рр.) та «Оптимізація технології вирощування *Chenopodium quinoa Willd* в умовах північно-східного Лісостепу та Полісся України (номер державної реєстрації 0119U101581, 2019 – 2023 рр.).

Мета та задачі проведення досліджень. Метою досліджень було підвищення ефективності рослинницької галузі України за рахунок інтродукції культури кіноа в зоні північно-східного Лісостепу України. Для реалізації мети було поставлено та вирішено такі задачі:

- визначити базові параметри формування посіву культури кіноа;
- встановити динаміку процесів росту й розвитку рослин та змін у структурі посіву кіноа залежно від норми мінеральних добрив і норми висіву насіння;
- здійснити оцінювання структури посіву, продуктивності рослин у процесі формування врожайності кіноа;
- визначити ефективність заходів передзбиральної підготовки посіву;
- провести економічне оцінювання результатів досліджень.

Методи досліджень. Загальні наукові: аналіз, синтез; лабораторні методи: визначення енергії проростання та схожості насіння; польові: фенологічні спостереження, визначення польової схожості, визначення морфометричних параметрів, вимірювання та зважування, структурний аналіз; статистичні методи – для узагальнення та визначення достовірності отриманих результатів (дисперсійний, кореляційний аналізи).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

Уперше для зони північно-східного Лісостепу України розроблено підходи до оцінювання густоти, продуктивності рослин, врожайності та передзбиральної десикації посівів кіноа.

- Визначено середній рівень польової схожості насіння кіноа, який складає 84,5%, зрідженість сходів та ювенільних рослин – 13,2%. Поправковий коефіцієнт норм висіву насіння на кінцеву густоту складає $0,73 \pm 0,2$;
- Встановлено, що стабілізація основних параметрів посіву відбувається на рівні: 3,9 - 4,2 м²/м² листкової поверхні та формуванні 8,5-9,4 т/га надземної фітомаси. За наявних агротехнологічних умов діапазон значень коефіцієнта урожайності складає 26-42%. Рівень реалізації генеративного (насінневого) потенціалу рослин у посіві – 9-19%;
- Експериментально підтверджено технологічну доцільність сеникації або десикації насінневих посівів;
- Встановлено достатній рівень відповідності параметрів рослин сорту Квартет за базової технології вирощування заявленим морфопараметрам та моделі сорту.

Запропоновано та впроваджено у виробництво параметри базової технології вирощування кіноа, розрахованої на отримання врожаю 2,58-2,63 т/га за використання норми висіву 1,2 млн/га, норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ (фаза 6 справжніх листків) та передзбиральної сеникації посіву 16% розчином аміачної селітри (50,0 кг/га), яка пройшла виробничу перевірку в господарстві СТОВ «Інтер» Прилуцького району Чернігівської області, на загальній площі 18 га. Збільшення виходу насіння та покращення його якості за рахунок проведення передзбиральної сеникації або десикації посівів.

Набули подальшого розвитку положення щодо селекційного та технологічного супроводу процесів інтродукції нових видів сільськогосподарських культур .

Персональний внесок здобувача – планування та проведення дослідів, узагальнення наукових даних літературних джерел по темі дисертації, проведення аналізу отриманих експериментальних даних, формування висновків та пропозицій виробництву, підготовка та написання наукових публікацій. Наукові публікації підготовлені як у співавторстві, так і одноосібно.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень було представлено на XI International Science Conference «Theoretical approaches of Fundamental Sciences. Theory, Practice and prospects», (2021, Switzerland), на XII International Scientific and Practical Conference «About modern problems in Science and ways to solve them» (2021, Austria), науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (2021 р.), Міжнародної науково-практичної конференції "Гончарівські читання" (2021-2023рр.). Основні результати досліджень, окремі теми та висновки роботи впродовж 2021-2023 були представлено та обговорено на засіданнях кафедри агротехнологій та землеробства.

Публікації. На основі результатів проведених досліджень опубліковано 4 статті в фаховому виданні України категорії «В» та одна стаття в журналі, індексованому в базі даних Scopus (WS) та 6 тез в матеріалах міжнародних конференцій. Здобувач є співавтором двох сортів кіноа Квартет та Комиза: свідоцтва № 220083 від 10.01.2022 р. та № 240031 від 12.01.2024 р.

Структура дисертації. Дисертаційна робота включає анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки, пропозиції виробництву, список літературних джерел, додатки.

РОЗДІЛ 1.

ІСТОРІЯ ТА СУЧАСНИЙ СТАН КУЛЬТУРИ КІНОА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Біолого-морфологічна характеристика кіноа

Кіноа, *Chenopodium quinoa Willd. (Chenopodiaceae)*, вважається реліктовою південно-американською зерною культурою, ймовірно пов'язаною як з базовим землеробством у Новому Світі, так і з перспективним розвитком світового аграрного виробництва в майбутньому [68, 195].

Доместифікація кіноа відбулася в регіоні Анд понад 7000 років тому. Насіння цієї культури було основним продуктом харчування в регіоні до завоювання Південної Америки іспанцями. Унікальною особливістю американського досвіду доместикації є використання виключно місцевих ресурсів, за вкрай обмежених контактів між окремими американськими географічними й культурними центрами.

За останні роки кіноа привернула увагу в багатьох країнах світу завдяки високій харчовій цінності та адаптаційним властивостям [38, 55].

Кіноа - вид дводольних рослин родини *Amaranthaceae* однорічна культура з фотосинтезом типу С3. *C. quinoa Willd.* належить до групи культур, відомих як псевдозлаки, куди входять й інші доместифіковані амаранти та гречка [37, 38, 244, 245].

Рід *Chenopodium* включає близько 250 видів, представлений трав'янистими та деревовидними багаторічниками, хоча більшість видів є однорічними рослинами. За сучасними уявленнями, родина *Chenopodiaceae* належить до порядку *Caryophyllales* групи Евдикотових, або справжніх Дводольних Покритонасінних [55, 245, 262].

Згідно з іншим варіантом систематики квіткових рослин таксономічне положення *Chenopodiaceae* виглядає так: відділ *Magnoliophyta*

(Покритонасінні рослини), клас *Rosopsida*, підклас *Caryophyllidae*, порядок *Caryophyllales* (Гвоздичні), й підряд *Chenopodiineae* (Лободові) [263].

В більшості сучасних таксономічних підходів (систематик) родина *Chenopodiaceae* об'єднана з родиною *Amaranthaceae*, і остання назва має номенклатурний пріоритет та часто використовується для назви об'єднаної родини [262, 263].

Кіноа є видом квіткових рослин, що належать, як згадувалось вище, до родини Лободові (Щирицеві) (*Chenopodioideae* або *Amaranthaceae*), родина включає до 150 видів однорічних та багаторічних рослин, поширених в різних регіонах планети. В Україні зустрічається 23 види цієї родини.

Деяких представників роду *Chenopodium spp.* культивували як листові овочі (*Chenopodium album*), а також, завдяки високій поживній цінності - як важливу допоміжну зернову культуру (*Chenopodium quinoa* та *C. album*) для харчування людей і тварин [71, 73].

Кіноа - однорічна рослина з прямостоячим стеблом, висотою 1-2 м, з товстим, дерев'янистим стеблом і трилопатеvim почерговим листками різного кольору завдяки наявності пігментів бетаціанінів. Зазвичай рослини мають велику кількість гілок і великий розмір листків. Стрижнева коренева система добре розвинена, сильно розгалужена, проникає до 1,5 м вглиб ґрунту, надійно захищає рослину від посухи [71, 72].

Квітки дрібні, білувато-жовті, у щільних суцвіттях (китиця). Утворюються плоди сім'янки з насінням, розміром 1,5–4 мм [152, 220]. Насіння округле, сплющене, різного забарвлення (у їжу використовують в основному біле). Насіння має високий вміст білка з великою кількістю незамінних амінокислот, а також широкий спектр вітамінів та мінералів [313, 327, 340] .

Вміст білку в насінні до 19%, також міститься близько 60% крохмалю, та 3,4% сирій клітковини. У насінні є також до 9,5% жирної олії, що дозволяє розглядати кіноа як потенційно олійну культуру. Побічним продуктом при

отриманні олії та продуктів харчування є сапоніни [77, 103, 275, 358, 377, 392].

Більшість культурних видів і підвидів *Chenopodium* демонструють деякі морфологічні та фізіологічні зміни, ймовірно спричинені доместикацією, а саме: порушення механізму спонтанного поширення (проте насіння легко висипається під час обмолоту), втрата (або, принаймні, скорочення) періоду спокою насіння; збільшені розміри насіння; навколоплідник легко відокремлюється від сім'яника (шкірки насіння), насіннєві покриви стоншуються, за рахунок чого «насіння» набуває відтінків білого, жовтого або червонуватого кольору [80, 94, 262].

Кіноа унікально пристосована до вирощування в різних агроекологічних регіонах; росте при відносній вологості від 40 до 88 % і витримує температуру від -4° до $+38^{\circ}\text{C}$. Ця культура ефективно використовує воду та формує врожай навіть при 100–200 мм опадів за вегетаційний період [266, 268, 272, 279].

Вид здатний рости в різних агроекологічних зонах (прибережних, долинних, високогірних, солончакових та субтропічних) і є стійким до широкого діапазону стресогенних факторів довкілля: приморозків, засолення та посухи [20, 26, 31, 39, 209, 211, 359]. Проте фізіологічні механізми стресостійкості цієї культури вивчені недостатньо [277, 301, 306, 326].

Насіння кіноа споживають, як і зерно злаків, і воно набуло всесвітнього визнання та популярності завдяки своїй високій харчовій цінності. Баланс незамінних амінокислот, жирних кислот, мікроелементів, вітамінів та антиоксидантів вважається більш високоякісним порівняно з основними злаковими культурами [88, 216, 311, 331, 359]. Оскільки насіння кіноа безглютенове, з низьким глікемічним індексом, воно є альтернативою для спеціальних дієт і галузей виробництва [176].

Велика кількість досліджень хімічного складу насіння кіноа [136, 150, 174, 176, 178, 201, 341, 347] охоплює всі аспекти продовольчої цінності, зокрема: хімічну характеристику білків [84, 181, 189], склад жирних кислот

[18, 197, 284] , вміст мінеральних речовин тощо [176, 235, 312].

Виявлено, що насіння кіноа має високий рівень фолієвої кислоти, вміст якої становить 132,7 мг/100 г сухої речовини, що приблизно в 10 разів вище, ніж у насінні пшениці [311]. Висівки кіноа містять більшу кількість фолієвої кислоти, ніж фракція борошна. Крім того, в насінні кіноа відсутні алергенні сполуки, такі як глютен та проламін, або інгібітори ферментів (протеази та амілази), притаманні більшості поширених злаків [394], або інгібітори трипсину та хімотрипсину, характерні для насіння сої [305].

Насіння кіноа, як зазначалося вище, містить вищий вміст білка та краще збалансоване за амінокислотним складом, ніж зернові, забезпечуючи високий рівень лізину (5,1–6,4%), гістидину та метіоніну (0,4–1,0%) та цистину. Крохмаль кіноа має набагато дрібніші гранули, ніж крохмаль злаків, нижчий вміст амілози та більш в'язкий за консистенцією. Ці відмінності роблять насіння придатним для деяких спеціалізованих промислових цілей, включаючи виробництво заміника крему на основі вуглеводів.

Вміст ліпідів у насінні кіноа вищий, ніж у традиційних зернових культур, і в основному ці сполуки сконцентровані в зародку. Олія насіння кіноа багата на поліненасичені жирні кислоти (лінолева та ліноленова), а також на олеїнову кислоту. Рівень ненасичених жирних кислот для харчування людини більш оптимальний, ніж у злаків.

Основним вуглеводом у насінні кіноа є крохмаль, розчинні цукри - сахароза, глюкоза та фруктоза, присутні в невеликій кількості. Крохмаль кіноа багатий на амілопектин і клейстеризується при відносно низьких температурах. Крім того, він стійкий до заморожування та відтавання завдяки багатому вмісту амілопектину. Порівняно зі звичайними злаками, кіноа є багатим джерелом у-токоферолу (вітаміну Е), який відзначається потенційною протипухлинною та протизапальною активністю. Кіноа також містить значну кількість рибофлавіну, тіаміну і, особливо, вітаміну С, що є нетиповим для злаків.

Кіноа містить велику кількість поліфенолів, які діють як антиоксиданти (23 види фенольних сполук). Ферулова кислота та кверцетин є найбільш поширеними фенолами, що входять до складу насіння кіноа. Вміст кверцетину в кіноа навіть вищий, ніж у типових, багатих на кверцетин продуктах, таких як журавлина. Дослідження показали, що при проростанні насіння кіноа вміст антиоксидантів значно зростає. Важливою перевагою кіноа є також високий вміст клітковини [305].

Насіння більшості сортів культури містить сапоніни - гіркі сполуки, які можна легко видалити шляхом промивання водою або абразивного очищення перед приготуванням та вживанням в їжу. Сапоніни зосереджені у зовнішніх шарах насіння й включають складну суміш тритерпенових глікозидів, похідних олеанолової кислоти, гедерагеніну, гліцеритинової та урсолової кислоти.

Наразі в насінні кіноа виявлено принаймні 16 різних сапонінів [237, 390]. Хоча сапоніни і мають небажаний гастрономічний ефект, вони також відзначаються позитивними характеристиками: знижують рівень холестерину в сироватці крові, володіють протизапальною, протипухлинною та антиоксидантною діяльністю, а також покращують всмоктування ліків через слизову оболонку. Сапоніни також виявляють інсектицидні, антибіотичні, противірусні та фунгіцидні властивості [238, 391, 392, 394].

Вміст сапоніну в насінні варіює залежно від генотипу, коливаючись від 0,2 до 0,4 г/кг сухої речовини (солодкі генотипи кіноа) і до 4,7-11,3 г/кг сухої речовини (гіркі генотипи кіноа). Тому відбір солодких генотипів з дуже низьким вмістом сапоніну в насінні є однією з головних завдань селекції кіноа. Однак відбір солодких генотипів ускладнюється через перехресне запилення рослин [352]. Відповідно до Gandarillas et al. [151] ознака вмісту сапоніну контролюється двома алелями в одному локусі, причому «гіркий» алель (високий рівень сапоніну) домінує над алелем солодкого смаку (низький рівень сапоніну) [237, 238, 352].

Поживний склад насіння кіноа визначається як генотипом, так і факторами довкілля. На метаболізм азотовмісних сполук, тобто білків і амінокислот, можуть значно впливати умови навколишнього середовища [153, 158, 173, 370].

Кіноа може розглядатися як потенційно альтернативна культура в багатьох регіонах світу завдяки поживній якості її насіння та високому потенціалу до адаптації [174, 221, 361]. Ймовірно, всі ці аспекти були взяті до уваги ФАО, коли організація включила кіноа до списку найбільш перспективних культур для світової продовольчої безпеки та харчування людини в двадцять першому столітті [131, 132]. Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA) також включило кіноа до контрольованої екологічної системи життєзабезпечення (CELSS), щоб збільшити недостатнє споживання білка астронавтами під час довготривалих космічних подорожей [176, 182, 192].

Після століть забуття потенціал кіноа був знову відкритий у другій половині 20 століття. Відтоді кількість країн, які імпортують кіноа, зросла, на карті світу з'явилися нові виробники і тепер вид культивується в регіонах за межами центру походження.

Географічне розширення вирощування кіноа підкреслило складність доступу до якісного насіння, яке є ключовим фактором для отримання високого врожаю. Поступово з'явилися можливості обміну генетичним матеріалом кіноа, що сприяло поширенню культури в нетрадиційних районах вирощування. Кількість країн, де висівають цю культуру, швидко зросла з восьми у 1980 році до 75 у 2014 році. Ще 20 країн вперше посіяли кіноа у 2015 році.

Оскільки очікується розвиток комерційного виробництва кіноа в найближчій перспективі, необхідні зміни в міжнародній нормативній базі стосовно генетичних ресурсів для полегшення селекційної роботи з культурою та отримання найбільш адаптованих сортів для певного регіону [113, 117, 119, 123, 133, 141, 147, 149].

Культура кіноа може підрозділяється на різні групи або екотипи, що відображує її поширення від центру походження (район озера Тітікака). Кожен із цих екотипів пов'язаний із субцентрами різноманітності та добре адаптований до певного середовища [106, 109]. Наприклад, екотип з центральної та південної частини Чилі є найбільш адаптованим до помірного середовища корисний для створення нових сортів для північних широт [63, 99, 147, 149, 206, 207, 210, 214].

Загалом, різноманітність кіноа включає 5 основних екотипів [55, 56]. У Південній Америці нині існує безліч місцевих рас, сортів, форм і інших культиварів кіноа, які пристосовані до різноманітних природно-кліматичних умов. Виділяють групи культиварів, притаманних для таких зон:

- *альтиплано* (Altiplano - північні нагірні регіони Анд, в Перу та Болівії),
- *саларес* (Salares - південні альпійські регіони в Болівії, Чилі та Аргентині),
- *міжгірських андійських долин* (в Колумбії, Еквадорі, Перу),
- *аридних* (зокрема західних гірських регіонів),
- *високогірних*, пристосованих до більш холодного клімату
- *приморських регіонів* (Чилі),
- *тропічної зони*,
- *зон високого зволоження*.

Така значна сортова й формова варіабельність відкриває широкі перспективи для пошуку сортозразків, які будуть краще пристосовані до умов різних природно-кліматичних зон Європи та України. На 2017 рік в Європі зареєстровано 9 сортів кіноа. В Україні - три сорти, оригінатором двох сортів (Квартет та Комиза) є Сумський НАУ.

Нині кіноа все ще вважається другорядною (нішевою) культурою для масового виробництва продуктів харчування та сільського господарства і часто класифікується як вид, що недостатньо використовується (NUS), але з високим потенціалом розвитку. Сучасний розподіл та поширення культури кіноа в світі наразі змінюється через нові моделі харчування та дієтології.

Перший відомий експеримент з вирощування кіноа за межами Анд, було здійснено в 1935 році в Кенії з використанням сортозразка з насінням кремового кольору. У цей же період в Канаді почалося промислове вирощування кіноа. Кіноа була завезена до Великобританії (1983), Данії (1984), Тибету (1984), Індії (1985), Нідерландів (1986), Китаю (1988), Бразилії та Куби (1989) [55, 56].

Завдяки ініціативам міжнародного співробітництва з поширенням кіноа були проведені польові випробування в багатьох країнах Європи, таких як Швеція, Польща, Чехія, Австрія, Німеччина, Італія та Греція. Були проведені дослідження реакції кіноа на дефіцит різних поживних речовин, стійкість до засолення, високу та низьку температуру, тривалість світлового дня.

Генеральна Асамблея ООН оголосила 2013 рік Міжнародним роком кіноа (IYQ). Кіноа отримала широку популярність як культура з потенціалом для вирощування у світовому сільському господарстві. Швидке збільшення площ та досить високий рівень врожаю, адаптаційні можливості змінюють уяву про кіноа як другорядну на потенційно основну культуру [209; 249, 325].

Однак основними виробниками кіноа у світі все ще залишаються Болівія та Перу. У 2013 році площа вирощування кіноа в Болівії становила 75 000 га, а в Перу – 45 000 га. Ці дві країни виробляють понад 80% насіння кіноа в світі, за ними йдуть Еквадор, США, Китай, Чилі, Аргентина, Франція та Канада, на які разом припадає 15–20% світового виробництва [56, 57, 86] .

Площа під вирощування кіноа в Європі зросла до 5000 га у 2015 році, головним чином у Франції, Іспанії та Великобританії. Китай вперше експериментував з культивуванням кіноа в Тибеті в 1984 році, тоді як нині кіноа культивується в дев'яти китайських регіонах, на площах понад 2500 га.

Широке різноманіття сортів становить надзвичайно цінний генофонд культури: великий асортимент кольорів листків, суцвіть і насіння; різна тривалість вегетаційного періоду та рівень врожаю; висока поживність і агротехнологічна придатність; вміст сапоніну в насінні. Завдяки

надзвичайному генетичному різноманіттю ця культура добре адаптується до різних агроекологічних умов (грунти, опади, температура та висота над рівнем моря) і стійка до морозів, посухи та засолення.

У світі 16 422 сортозразків кіноа та її диких родичів (*C. quinoa*, *C. album*, *C. berlandieri*, *C. hircinum*, *C. petiolare*, *C. murale* та *Chenopodium sp.*) зберігаються в 59 генбанках, що знаходяться в 30 країнах. Генбанки в регіоні Анд зберігають понад 88% зразків культури. Незважаючи на величезну різноманітність, наразі фонд культури не використовується повною мірою.

Насіння та продукти переробки, які зараз доступні на ринку, отримують з невеликої групи місцевих сортів, що свідчить про недостатнє використання генетичного потенціалу. Дослідницьке партнерство могло б сприяти обміну зародковою плазмою та мати потужний вплив на подальшу популяризацію культури.

Селекційна робота з кіноа, особливо в Європі та Північній Америці, зосереджена на збільшенні періоду дозрівання (близько 150 днів), високому врожаї та однорідності (288, 396). Іншою метою селекції є зниження вмісту сапонінів в оболонці насіння. Сапонін - гірка на смак сполука, яка відповідає за захист від біотичного стресу і є важливими пристосуванням. При комерційному виробництві видалення сапонінів пов'язано з додатковими витратами. У результаті були виведені солодкі сорти кіноа для вирощування в Європі, зокрема вони знайшли поширення в Нідерландах і в Данії [214, 215, 251, 252].

Значна варіативність ряду морфологічних ознак кіноа, може виявитися корисним у практичному рослинництві та селекції за кількісними ознаками. Якісні морфологічні ознаки, які можна використовувати як маркери в описі та характеристиці сортів кіноа, включають колір рослини, морфологію листя, характеристики галузнення, тип суцвіття та розмір і колір насіння.

Кіноа є алотетраплоїдним видом із $2n = 4x = 36$. Звичайний бур'ян лобода біла (*Chenopodium album*) є гексаплоїдним видом і може схрещуватися з кіноа в польових умовах, що породжує проблеми в

селекційній роботі. Однак в умовах США інший бур'ян цього роду, - *C. berlandieri*, який є тетраплоїдом також спричиняє проблеми через вільне схрещування з кіноа.

Показано успадкування різних якісних ознак, у тому числі генетичної та цитоплазматичної чоловічої стерильності, що може бути цінним у майбутній селекції та у виробництві гібридів. Наразі в Європі проводяться дослідження з метою впровадження кіноа як нової культури в регіоні. Наразі є багатообіцяючими результати щодо кіноа як посухостійкої культури високої поживної якості, яку можна вирощувати на бідних, неродючих ґрунтах [206, 207].

Кіноа стійка до посухи та низької родючості ґрунту, і може мати значення в Європі як попередник зернових культур. До 1999 року було опубліковано небагато досліджень щодо агрономічної практики вирощування кіноа. Експериментальні дослідження з кіноа проводилися переважним чином в країнах походження культури.

Аналіз публікацій виявив підвищений інтерес до вивчення строків сівби та густоти посіву, а також зрошення (дефіцитне зрошення та зрошення солоними водами) як сталої практики для забезпечення хороших врожаїв у різних середовищах. Проаналізовані дослідження підкреслюють, що найкращі агрономічні практики можуть гарантувати хороший врожай кіноа навіть у середовищах, що характеризуються абіотичним стресом (посуха та засолення). Кіноа можна вирощувати на різних типах ґрунтів, включаючи маргінальні ґрунти з широким діапазоном рН. Дослідження показали, що кіноа також можна вирощувати й на родючих ґрунтах [216, 221, 231].

Risi & Galewey [314] оцінювали вплив густоти посіву та строки сівби на різні генотипи кіноа у Великобританії. Jacobsen, (213) проаналізував вплив зміни норми внесення азотних добрив, норми висіву насіння, міжряддя, способу збирання та дати збору врожаю на кіноа в Данії. Для вирощування кіноа найбільше підходить рівне, добре дреноване посівне

ложе. Насіння слід висівати на глибину 1–2 см у дрібно структуроване, вологе посівне ложе [295, 332, 357].

У 2018 році культура кіноа була об'єктом комерційного вирощування та наукових досліджень в 123 країнах. Хоча 74% світового експорту все ще забезпечується Перу та Болівією, виробництво за межами Анд зростає щорічно. Крім того, у 2015 році ціни виробників впали, а врожайність залишалася нестабільною, у середньому 0,4–1,1 т/ га. Розуміння реальності нової ситуації з кіноа має фундаментальне значення для вирішення проблем, пов'язаних із залученням місцевого біорізноманіття, сприянням диверсифікації ринку [43].

Фотоперіодична чутливість була негативно пов'язана з широтою походження дев'яти ліній кіноа та позитивно пов'язана з мінімальним часом, який минув від появи сходів до видимих квіткових бруньок, коли реакції температури та фотоперіоду вважалися незалежними (неінтерактивними). Однак параметри фотоперіоду та температури, якщо їх розглядати як незалежні (інтерактивні), не були істотно пов'язані з широтами походження [336].

1.2. Норми висіву, щільність посіву та удобрення в технології вирощування кіноа

Кіноа, як продовольча культура, недавно введена в виробництво, може компенсувати частину продовольчого дефіциту, оскільки відзначається стійкістю до стресогенних факторів, що обумовлюють успішність галузі рослинництва.

Високий рівень врожайності – основна мета вирощування рослин в агроценозі, досягається варіюванням та удосконаленням різних елементів технології. Запорукою продуктивного рослинництва є здатність культури формувати достатні врожаї з найменшої можливої площі за найнижчих витрат енергії [58]. Тому одним з важливих технологічних прийомів, що впливає на врожайність є щільність посіву [96, 240].

Норми висіву, які в кінцевому результаті формують щільність рослин в посіві, є однією з найважливіших сільськогосподарських практик і визначають врожайність сільськогосподарських культур [1,15]. Перспектива отримання достатньо високих врожаїв з мінімально можливих площ та за мінімальних витрат енергії може бути гарантом успішного аграрного виробництва [18, 24, 28, 43].

Оптимальна кількість рослин на одиницю площі сприяє оптимальному використанню рослиною всіх факторів зовнішнього середовища і водночас зменшує до мінімуму конкуренція між особинами в посіві. Таким чином, досягається максимально можливий рівень врожаю.

Кількість рослин на одиницю площі залежить від здатності насіння до проростання, схожості та укорінення, конкуренції та приживлюваності сіянців. Густота рослин в посіві впливає на врожай насіння окремої рослини та продукцію насіння на одиницю площі. Збільшення густоти посіву приваблює також перспективою щодо оптимального використання сонячної радіації культурами в агроценозі [49, 100, 323].

Агрономічні методи (норма висіву, густота рослин, удобрення, система обробітку ґрунту, строки сівби та зрошення) впливають на абіотичне середовище посіву, що, у свою чергу, позначається на процесах росту та формуванні врожайності [77, 306, 322].

Для кожної культури та певної виробничої системи існує оптимальна структура посіву, здатна максимально використовувати наявні ресурси (води та поживних речовин) та забезпечувати максимальну потенційну віддачу, на яку можна очікувати в цьому середовищі [329].

Кіноа традиційно росте при лімітованій кількості добрив, при високій щільності, без проріджування, прополювання чи підгортання [149, 156]. Різні методи менеджменту можуть призвести до різних реакцій щодо розвитку вегетативних органів, строків дозрівання та врожайності насіння кіноа [168].

Моделі щільності рослин виражають врожайність як функцію густоти стояння рослин та демонструють найвищі врожаї зі щільністю 327 ± 220

рослин/м² (або 327 000 рослин/га) [206]. Однак високе стандартне відхилення, яке спостерігалось в різних експериментах, свідчить, що однакові врожаї можна отримати з різною густиною рослин, оскільки рослини кіноа здатні заповнювати вільний простір, змінюючи архітектуру власних пагонів [213, 214].

Кіноа активно реагує на різні технологічні аспекти: строки сівби, підживлення (якість та норми добрив), густоту посіву [281]. Норми висіву, що обумовлюють густоту рослин, залежать від багатьох абіотичних та біотичних факторів: генотипу, температури, вологості, особливостей ґрунту тощо [245]. Експерименти проводяться в різних частинах світу для визначення оптимальної щільності популяції кіноа, яка забезпечує найкраще використання світла, води та поживних речовин впродовж вегетації

Насамперед це стосується кількості та інтенсивності світла, яке падає на рослини, трансформується в процесі фотосинтезу і обумовлюється відстанню між окремими особинами. Збільшення густоти посіву є одним із основних прийомів, що використовується для оптимізації надходження сонячної радіації до рослин в посіві [198].

За відсутності стресогенних умов, накопичення біомаси залежить лише від надходження фотосинтетично активного випромінювання. Цей показник (ФАР) змінюється залежно від широти, сезону, строків сівби та фенології рослин. Зміни в розподілі сонячного світла викликають зміни і в рівні врожайності. Ruiz & Bertero [323] виявили, що на ФАР кіноа безпосередньо впливає індекс площі листя (LAI) шляхом зміни розподілу радіації всередині рослини. Разом з тим, не виявлено відмінностей в поглинанні сонячної радіації для різних варіантів густоти рослин на підставі обліку фенологічних фаз розвитку. Проте спостерігалось значне накопичення сухої речовини в листках та волоті на останніх фенологічних фазах, пов'язаних з різницею площі листків у фазі молочної стиглості насіння. Це, ймовірно, означає, що більша кількість листків переміщує фотоасиміляти до

більшої кількості насіння в більшій кількості волотей. І, таким чином, нижча щільність посіву може забезпечувати вищий урожай,

Збільшення виробництва біомаси на одиницю площі може стримувати ріст бур'янів і позитивно впливати на врожайність. Індекс урожаю (НІ) також може бути вищим, коли рослини мають доступ до великої кількості води, яка використовується після утворення генеративних органів [377]. Повідомляють про переваги високої щільності посіву з несприятливим впливом на бур'яни та позитивним впливом на біомасу посівів, включаючи врожайність, наприклад, в посівах пшениці [325], кукурудзі [336] та рису [50].

Розміщення на ділянках від 80 до 327 рослин на м² (близько 1 мільйона рослин на га) з відстанню між рядами (50 см) є оптимальним для отримання найкращого врожаю в помірних умовах Данії [206, 207]. На відміну від отриманих результатів, в помірних умовах Бразилії 100 000 рослин на га є однією з найкращих варіантів щільності посіву кіноа [248]. Повідомляється, що густина рослин кіноа впливає на довжину волоті, кількість волотей на рослину, кількість насіння на волоть, масу 1000 насіння, врожайність насіння, вміст білка та вміст золи [249].

Висота рослин як параметр, що характеризує процес росту, демонструє зменшення зі збільшенням густоти у міжрядях шириною 50 см, коли популяція збільшується від 100 000 до 600 000 рослин на га. Рослини при низькій щільності мають тенденцію посилювати галуження, заповнювати доступний простір та уповільнювати дозрівання [249].

Дослідження агроморфологічних реакцій кіноа показали диверсифікацію типу галуження при вирощуванні різних генотипів та застосуванні різних норм висіву [318]. Типи росту кіноа безпосередньо залежать від густоти посіву, тобто рослини можуть бути звичайними, розгалуженими до нижньої третини, розгалуженими до 2/3, та розгалуженими з головною невизначеною волоттю [319].

За винятком ознаки висоти рослини, негативно пов'язаної зі збільшенням щільності, врожайність насіння та біомаси, індекс урожаю та

маса 1000 насіння не зазнають суттєвих змін при збільшенні норми висіву. Ймовірним поясненням цих результатів є здатність кіноа компенсувати відсутність сусідніх рослин за рахунок підвищення активного галуження, хоча це призводить до затримки дозрівання [249].

Nguyen Van Minh et al. [270] зазначають, що найбільш оптимальною для формування найвищої врожайності та якості насіння була густина рослин 80000 на га. Різна щільність рослин в посіві суттєво впливала на довжину суцвіття, кількість суцвіть на рослину, кількість насіння, масу 1000 насінин, індивідуальну та фактичну врожайність, вміст протеїну та золи, але густина рослин істотно не позначалася на висоті рослин, вмісту жиру, клітковини та крохмалю.

Delatorre et al. [111] працювали з трьома варіантами щільності рослин: 27 600, 83 000 і 322 тис. рослин/га. Дослідники виявили, що наприкінці циклу вегетації суттєвих змін не відбулося, існували відмінності щодо висоти рослин, але найвища щільність призвела до формування найбільшої біомаси та найбільшої площі листків. Густина рослин також впливала на рівень врожайності, хоча й менш суттєво.

Відповідними кліматичними умовами та факторами навколишнього середовища можна посилити фотосинтетичну та асиміляторну активність і отримати добре розвинену рослину [191, 194, 267]. Зі збільшенням щільності посіву або зростанням відстані між рослинами значення основних характеристик можуть змінюватися через підземну та надземну конкуренцію між рослинами за освітлення, поживні речовини й воду.

Висока щільність рослин може впливати на розвиток хвороб на рослинах кіноа, особливо в районах з високою відносною вологістю, де фермерам рекомендується відстань між борознами та рослинами на 50 см і 15 см відповідно [151].

Існує позитивна кореляція між діаметром стебла рослин та врожайністю: низька щільність популяції в виробничих посівах призводить

до збільшення діаметра стебла, інтенсивного галуження та підвищення врожайності [348].

Виробниче вирощування кіноа в США базується на початкових популяціях зі щільністю $1,5 \times 10^6$ га, тоді як рядкові й суцільні посіви в країнах походження культури можуть досягати в 10 разів більших значень. [220] У центральній і південній частині Чилі рекомендована щільність виробничих посівів кіноа становить 240×10^3 га. Очікується, що в умовах савани з помірним температурним режимом, зменшення щільності популяції в певних межах забезпечує задовільні результати у пізньостиглих генотипів культури [350].

В досліджах Wang et. al [380, 381] збільшення густоти стояння рослин збільшило LAI, вміст сухої речовини та поглинання води й азоту. Врожайність насіння з рослини при щільності 20 рослин/ m^2 була на 24% - 52% більшою, ніж при густоті 30 і 40 рослин/ m^2 відповідно. Враховуючи більше поглинання води та азоту при більшій густоті рослин, для вирощування кіноа рекомендованою густотою рослин в посіві може бути 30 рослин/ m^2 .

В умовах Турції найвищу врожайність рослин на 1 га та вихід насіння отримано в посіві з міжряддями 20 см. Незважаючи на те, що розвиток рослин у цьому випадку є більш конкурентнозалежним, було помічено, що рівень урожаю залишається вищим через велику кількість рослин на одиницю площі [344].

Було проведено оцінювання двох варіантів щільності рослин: низька густота - 7,2 рослин/ m^2 (120 240 шт/га) і висока 27,9 рослин/ m^2 (465 930 шт/га). Висока щільність призводила до світлової конкуренції, викликаючи морфологічні та анатомічні зміни в рослинах кіноа. Рослини, вирощені в умовах високої щільності, продемонстрували зменшення висоти рослини та діаметра стебла, менші розміри та щільність прорихів і тонші листові пластинки. Спостерігалися такі компенсаційні стратегії, як збільшення питомої площі листків та кількості хлоропластів в клітинах палісадного

мезофілу. Однак ці зміни не повністю компенсували обмеження поглинання вуглецю, азоту та газообміну. Такі обмеження призводили до зниження врожаю на 53,2% за високої щільності рослин порівняно з низькою. Враховуючи здатність рослин кіноа змінювати свою морфологію та анатомію, необхідні подальші дослідження з проміжними варіантами щільності рослин для визначення можливості досягти більшої врожайності та підвищення ефективності використання ресурсів [174].

Велика відстань між рослинами (20 і 25 см) призвела до диференційованої архітектури системи розгалужень із типовим галуженням до другої третини волоті. Рослини утворювали більш розлоге, але менш ущільнене суцвіття за умови нижчої щільності стеблостою. Тобто в цьому випадку рослини формували проміжний тип суцвіття: між клубочкоподібним (ущільненим, компактним) та амарантоформним (пухким) [319]. Загалом, типовою реакцією рослин є ріст нових бічних пагонів в наявному вільному просторі. Це пов'язано з тим, що проміжки у пологі рослин та зміни співвідношення частин світлового спектра відбиваються сусідніми рослинами. Крім впливу на розташування пагонів в просторі має місце подовження стебла рослин [319].

Jacobsen [214] та Abdalla et al. [15] також підкреслюють здатність кіноа компенсувати решту простору між рослинами шляхом зміни агроморфологічної структури її гілок. Дослідження, проведені в тропічному регіоні також демонструють зниження висоти рослин зі збільшенням їх щільності (від 100 000 до 600 000 рослин на га), а також збільшення системи галуження при низьких нормах густоти посіву [349].

Вплив ширини міжряддя на ріст кіноа, врожайність і якість насіння досліджували в середземноморському регіоні. Зразки кіноа були висіяні з міжряддями 16, 26 та 80 см, щільність рослин при збиранні становила від 22 до 260 рослин/м². Результати цього дослідження вказують, що ширина міжрядь має значний вплив на параметри врожайності кіноа, і тому цю умову слід враховувати перед виробничим вирощуванням. Менша ширина міжрядь

знижує діаметр стебла рослин та підвищує параметри врожайності. Однак вузькі міжряддя не покращують якість зерна. Результати цього дослідження свідчать про те, що варіант 16 см між рядами може бути оптимальним, оскільки забезпечило найбільші урожаї насіння і не вплинуло негативно на його якість. Однак, оскільки вузькі міжряддя знизили діаметр стебла, це може спричинити вилягання рослин. Тому слід розглядати як можливий виробничий варіант і варіант міжрядь 26 см.

Такі висновки підтверджуються додатковими дослідженнями, проведеними в інших регіонах. З глобальним розширенням вирощування кіноа необхідно розробити протоколи вирощування, для допомоги у впровадженні цієї малопоширеної культури. Такі протоколи слід адаптувати до генотипу, навколишнього середовища, менеджменту та цілей вирощування (наприклад, листки та насіння для споживання людиною або сіно та солома для годівлі тварин). Таким чином, слід провести додаткові дослідження для уточнення впливу ширини міжрядь на різні параметри кіноа [43].

Нині не існує загальноприйнятого рівня густоти посіву, рекомендованої для вирощування кіноа. Відмінності в щільності рослин посіву пов'язані з особливостями ґрунтового покриву, родючістю ґрунту та його загальними характеристиками. Єдина рекомендація для всієї різноманітності умов вирощування неможлива, насамперед через варіабельність оптимальної щільності, необхідної для формування максимального врожаю, яка залежить від низки складових: генотипу, кліматичних та едафічних умов, особливостей технології тощо [28, 35].

Кіноа є відносно новою культурою для Європи і оптимальну густоту її посіву важко визначити. Наразі не існує універсальних рекомендацій щодо щільності посіву кіноа в регіоні, дослідження останніх років з вивчення впливу цього параметра на кіноа показали різні результати.

Інтегроване управління живленням рослин в агроценозах для виробництва харчових продуктів – це підхід який є основою продовольчої

безпеки, збереження та стабільності відновлюваних природних ресурсів. Використання сучасних мінеральних добрив в аграрному виробництві сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур забезпечуючи ефект кращого живлення рослин.

Кіноа – культура з проміжним вмістом білка в насінні: меншим, ніж у бобових, але більшим, ніж у злаків [316]. Цей показник залежить від сорту й ґрунтових умов і може досягати 23%. Такий рівень білкових речовин потребує значного надходження сполук азоту, необхідних для росту та розвитку рослин.

Кіноа можна успішно вирощувати на маргінальних ґрунтах, що вказує на вкрай низькі потреби культури в поживних речовинах. Разом з тим кіноа чутлива до вмісту ґрунтового азоту (Erley et al., 2005; Goma, 2013). Численні дослідження демонструють роль азоту в покращенні росту, врожайності та якості насіння кіноа [17, 29, 53, 134, 157, 163, 225, 231, 277, 360, 374].

Кількість (потреба) азотних добрив у кіноа є невирішеною проблемою у сучасному виробництві культури. Літературні дані свідчать про велику варіабельність результатів, починаючи від дуже низького рівня внесення азотних добрив (30 кг азоту на виробництво 5,5 т/га насіння [111]) до високих норм внесення (175 кг га⁻¹ з 4,2 т/га) [313].

Різниця в даних щодо внесення азотних добрив та урожайності насіння є наслідком умов формування посіву, сортових особливостей, фізико-механічного складу ґрунту, систем зрошення та менеджменту.

Рослини кіноа здатні краще використовувати невелику кількість доступного азоту для утворення насіння, з меншим рівнем урожаю. При дефіциті азоту рослини демонструють зменшення надземної та кореневої біомаси та нижчу врожайність насіння, але більшу ефективність використання азоту.

Basra et al. [53] повідомляють, що рівень азоту 75 кг/га був оптимальним для росту та розвитку кіноа та отримання максимального економічного обґрунтованого врожаю в екологічних умовах Єгипту. Вища

норма внесення азоту (240 кг/га) продемонструвала кращі показники для таких параметрів, як висота рослин, кількість пагонів, маса 1000 насіння, біомаса та врожайність кіноа.

Erley et al. [127] оцінили реакцію кіноа на внесення азотних добрив у дозах 0, 80 і 120 кг/га азоту. Результати показали, що кіноа активно реагує на внесення азотних добрив, а врожайність коливається від 1,8 до 3,5 т /га.

Calvache & Valle [89] порівняли біомасу, утворену кіноа, та врожайність насіння як функцію дози азоту в умовах зрошення та богарного вирощування. Досліди охоплювали лише варіант 150 кг/ га , що не дозволяло встановити, якою буде справжня поведінка рослин при більш високих дозах добрива. Зі збільшенням норм азоту виробництво біомаси зростало, тоді як за умов богарного вирощування та зрошення швидкість утворення біомаси знижувалася. Більш високі дози азоту, отримані рослинами кіноа, використовувалися для посилення вегетативного росту, а не для формування насіння, таким чином знижуючи ефективність засвоєння азоту для виробництва зерна.

Shams [335] вивчав реакцію кіноа на п'ять варіантів внесення азотних добрив: 0, 90, 180, 270 і 360 кг/ га. Автор чітко продемонстрував, що врожайність зерна та біологічна врожайність поступово зростали зі збільшенням рівня внесення азоту. Gomaа E. F. [163] повідомив, що параметри росту, врожайність та якість насіння кіноа можна покращити шляхом застосування неорганічних та біодобрив (нітробін або фосфорин).

Дослідження по сумісному застосуванню NPK та біодобрива на основі бактерій роду *Azotobacter* було проведено в умовах Індії. Вивчали вплив рівнів NPK і біодобрива на ріст, врожайність і якісні параметри сорту кіноа. Внесення NPK 120:60:40 кг/га з *Azotobacter* 5 кг/га продемонстрували значне покращення показників росту та врожайності кіноа. Застосування біодобрив показало достовірну реакцію щодо вмісту білка в насінні кіноа [279].

Відмічена позитивна кореляція між внесенням азоту та врожайністю кіноа зі збільшенням азоту від 0 до 120 кг/ га [231].

У помірних кліматичних умовах Данії, незважаючи на значне підвищення врожайності, коли кількість азотних добрив було збільшено з 40 до 160 кг/ га, виявилось, що кіноа добре пристосована до ґрунту з дефіцитом елементів живлення [206]. Подібним чином збільшення азоту від 0 до 180 кг/га призвело до покращення показників висоти рослини, площі листків, кількості насіння на волоть та загальної врожайності насіння кіноа [24].

Підвищення норми внесення азоту з 120 до 180 кг/га збільшило висоту рослини, площу листків, суху масу рослин, довжину волоті та врожайність зерна кіноа [278].

Wang et al. [380] повідомили, що застосування азоту в нормі 240 кг/ га забезпечило значно більшу масу 1000 насіння, ніж варіанти 80 і 160 кг/ га. Крім того, висота рослини, індекс площі листків, суха речовина, маса 1000 насіння збільшувалися разом із підвищенням норми азоту, тоді як урожайність насіння не зростала, якщо норма азоту перевищувала 160 кг/ га.

В умовах В'єтнаму за нормальних і засолених стресогенних умов на алювіальних ґрунтах параметри росту та компоненти врожайності зросли відповідно до збільшення норм внесення азоту від 0 до 90 кг/га N, але в подальшому відбувалося зменшення показників при підвищенні норм азоту [114].

Geren [157] повідомляє про результати досліджень впливу різних варіантів внесення азоту (0, 50, 75, 100, 125, 150 і 175 кг га) на врожай кіноа, які показали можливість отримання 2,95 т/ га зерна кіноа із середнім вмістом сирого протеїну 16% при внесенні 150 кг N га в регіонах із середземноморським кліматом. Автор підкреслює необхідність проведення майбутніх експериментів з кіноа в різних регіонах з різними агротехнічними складовими та додатковими нормами добрив, щоб переконатися в стабільності результатів.

Kakabouki et al. [226] повідомив про суттєві відмінності у вмісті сирого протеїну насіння кіноа при застосуванні добрив (2000 кг/ га гною та 100 і 200 N кг/ га). Всі варіанти забезпечили вищі показники, ніж у контролі.

Найвищий вміст сирого протеїну (27%) в насінні відзначали при внесенні 200 кг/га азоту.

Незважаючи на те, що кіноа демонструє активну реакцію на азотні добрива, за високого рівня доступного азоту, врожайність кіноа знижується. Відбувається це внаслідок уповільненого дозрівання та інтенсивного вилягання рослин, як зазначає автор [279].

Такого ж висновку щодо побічних ефектів дії азотних добрив, які застосовували на пшениці, дійшов McKenzie R. [252] Автор помітив, що, незважаючи на важливість азоту для підвищення врожайності пшениці, цей елемент насправді піддається різним формам втрат (стікання, випаровування, вилугування та денітрифікація).

Продуктивна здатність будь-якої сільськогосподарської рослини залежить, а не лише на його фотосинтетичній ефективності, а й ефективної транслокації асимілятів до насіння та вимірюється індексом урожаю. Цей розподіл між вегетативною та репродуктивною частинами можна змінити за допомогою агротехнічних прийомів, таких як строки сівби, густина рослин в посіві, удобрення, зрошення тощо [67, 71, 72].

Важливе значення для формування врожайності та досягнення високої якості зерна має накопичення та перерозподіл азоту в рослині [105]. Формування врожаю кіноа, як і всіх рослин, що утворюють насіння, залежить від азоту, накопиченого перед цвітінням. У пшениці близько 50–95% азоту в насінні на час збирання походить від ремобілізації цього елемента, що накопичується в пагонах і коренях до цвітіння. У кіноа ці значення не були визначені, однак дані Calvache & Valle [89] показують, що вміст азоту в волоті починає збільшуватися через 80 днів після сівби, тоді як він залишається незмінним у стеблах і зменшується в листках.

В процесі формування плодів і насіння ці органи стають новим місцем атракції, які починають конкурувати з іншими частинами рослини за поживні речовини. У цей момент процес розподілу азоту стає особливо важливим.

Bascuñán-Godoy et al., [52] виявили, що загальний вміст білка в кіноа зменшується при стресі та збільшується при повторному зрошенні. Це зниження корелює зі збільшенням NO_3 і NH_4 . Збільшення нітратів (NO_3) може бути пов'язане з помітним зниженням активності нітратредуктази, спричиненим стресом, а збільшення NH_4 , ймовірно, більше пов'язане з покращенням процесів деградації білка та повторного засвоєння азоту [307]. Це також може бути пов'язано з наявністю води, яка сприяє активізації ризосфери, покращуючи поглинання азоту та присутності мікроорганізмів, які забезпечують рослину азотом.

Цікаво, що такий параметр, як біомаса коренів, корелює лише з урожаєм насіння за умов низького вмісту нітратів, але не за достатніх рівнів нітратів [52]. Повідомляється, що коренева біомаса не є важливою для поглинання азоту [81] і рослини не здатні до активного поглинання азоту під час наливу зерна [369].

Встановлено, що збільшення числа вторинних коренів пов'язане з активацією гена переносника нітратів (CqNRT2) в умовах їх низького вмісту в проростках кіноа. Це вказує на те, що низька кількість азоту викликає у рослин специфічні механізми, які дозволяють подолати дефіцит цього елемента [289].

Існують попередні відомості, які пов'язують дефіцит азоту з іншими активними сполуками, такими як стриголактони (SL). Ці гормони діють шляхом активації сигнальних шляхів, які впливають на катаболізм ліпідів і роблять їх основним джерелом вуглецю в клітинах грибів. В умовах дефіциту поживних речовин продукція великої кількості SL призводить до пригнічення галуження пагонів і стимулює симбіоз з ризосферними мікроорганізмами [167, 373]. Стриголактони сприяють модифікації архітектури коренів й пагонів та стимулюють симбіоз бактерій-ризобій і мікоризних грибів, а стриголактони відіграють вирішальну роль при дефіциті азоту й фосфору.

Іншою стратегією, яку використовують рослини-галофіти для поглинання поживних речовин, є асоціація з ґрунтовими мікроорганізмами, зокрема арбускулярними мікоризними грибами, які сприяють росту та розвитку рослин в стресогенних умовах [161, 190] і ризобактеріями, що стимулюють ріст рослин (PGPR), та здатні колонізувати кореневу систему багатьох видів рослин, стимулюючи їх розвиток та виживання [33].

Варто зазначити, що рослина споживає більшу частину наявного в ґрунті азоту, особливо при достатньому зволоженні достатній та високій щільності рослин. Кіноа має надзвичайно високу потребу в азоті, тому її бажано вирощувати в сівозміні з системою підтримки балансу азоту в ґрунті [381].

Калій - одна з найпоширеніших мінеральних поживних речовин, важливий елемент живлення для всіх рослин, становить 1–10% сухої речовини (Wak), коливаючись залежно від виду рослини, органів рослини та живлення. Транспорт K^+ всередині рослини значною мірою визначається транспіраційними водними потоками [229].

Клітинні рівні калію значні (зазвичай близько 100 мМ) і активно регулюються, але можуть змінюватися залежно від його доступності [23].

Дефіцит цього елемента може пригнічувати фотосинтетичну активність і викликати утворення активних форм кисню що призводить до значного пошкодження клітин. Тому наявність доступного калію особливо важлива для забезпечення росту рослин в умовах абіотичного та біотичного стресу [367].

Калій є важливою поживною речовиною для активності ферментів, передачі енергії, синтезу білка, осморегуляції, руху стоми, транспорту флоєми, аніонно-катіонного балансу та стійкості до стресу [379] .

Ріст рослин обмежується осмотичними та токсичними ефектами іонів, що призводить до зниження поглинання та транслокації поживних речовин, особливо K^+ [379]. Калій надзвичайно важливий як неорганічний осмотичний елемент у рослинних клітинах і його достатнє надходження має вирішальне

значення для регуляції процесів, де тургор грає вирішальну роль, зокрема регуляція руху замикаючих клітин продохів та видовження клітин [367].

Для оптимальної фотосинтетичної активності та транспортування асимілятів рослина повинна бути забезпечена калієм та магнієм (K^+ і Mg^{2+}) [367].

Утримання калію в клітині і цитозольний гомеостаз має вирішальне значення для стійкості кіноа до засолення. Така стійкість залежить від взаємодії «експорту та імпорту» K^+ у тонопласті та плазматичній мембрані. Рослини можуть зберігати високі концентрації K^+ у сім'ядолях уже на стадії проростків, а також у ксилемі та клітинах листків під час фази інтенсивного росту. Для забезпечення росту рослин в умовах абіотичного та біотичного стресу K^+ вважається поживною речовиною, важливою для стійкості до стресогенних факторів [20, 21].

В умовах сольового стресу дефіцит поживних речовин і дисбаланс сольового розчину середовища в основному викликає надлишком іонів Na^+ і Cl^- , які конкурують з іншими іонами, такими як K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} і NO_3^- , обмежуючи ріст рослин.

Калій важливий для зменшення можливої шкодочинності, спричиненої засоленістю, і водночас необхідний для підвищення врожайності. З іншого боку, за умов дефіциту калію, натрій також здатний виконувати певні неспецифічні функції, такі як осмотична регуляція, і таким чином забезпечувати виживання рослин в умовах стресу.

Водночас існує досить обмежена інформація про вплив калію на ріст і врожайність кіноа. Багато дослідників зазначають, що потреба кіноа в азоті (N) і кальції (Ca) є високою, тоді як потреба в фосфорі (P) та калії (K) помірною або мінімальною. У той же час дані щодо впливу калію на розвиток та формування врожаю кіноа досить фрагментарні [306/ 328, 372].

Загалом треба зазначити, що для оптимального росту, розвитку рослин та формуванню ними високої врожайності ключовим фактором є збалансованість поживних речовин.

Rêgo et al. [306] виявили лінійну кореляцію норми внесення калію із сухою масою пагонів і коренів, та поліноміальну кореляцію з кількістю зерна та продуктивністю кіноа.

Встановлено, що для умов Австралії діапазон доз калію (K_2O), необхідний для розвитку надземних органів та досягнення максимальної врожайності коливається від 530 до 600 мг дм³. Норми калію (K_2O) від 350 до 372 мг дм⁻³ необхідні для досягнення найбільш оптимальних показників (маса 1000 насіння, урожайність, кількість насіння); при цьому рівні зрошення необхідні в діапазоні від 50 до 104%. Для вирощування кіноа найвища ефективність використання води очевидна при дозі калію (K_2O) 375 мг/дм⁻³ і рівні зрошення 50%.

Abdolahpour et al. [16] погодилися, що внесення більшої кількості азоту, фосфору та калію демонструє збільшення висоти рослин, кількості гілок, маси 1000 насіння, урожайності насіння та вмісту білку в насінні кіноа.

Для забезпечення росту та розвитку рослин кіноа, формування високої врожайності та якості насіння, культурі потрібна достатня кількість основних поживних речовин, особливо азот (N) і калій (K) [31].

Азотні, фосфорні та калійні вкрай важливі для росту кіноа та для покращення продуктивності. Для оптимального росту і розвитку того та отримання високої врожайності і якості насіння, потрібна достатня кількість основних поживних речовин, особливо азоту і калію [31].

Alvar-Beltrán et al. [31], порівнюючи потребу кіноа в елементах живлення повідомляють, що N і K потрібні в середніх та досить високих кількостях, а P в значно менших. Автори вивчали застосування норм добрив 12,7, 1,6 і 35,5 кг/ га N, P і K, відповідно. У цьому дослідженні з базовою дозою фосфору в 60 кг/ га в комбінації з нормою калію 150 кг/ га та при вищих нормах азоту (120 і 150 кг/ га) досягнуто найкращого росту рослин, формування компонентів врожайності та вмісту протеїну.

Hou et al. [196] продемонстрували, що дисбаланс між N і K може призвести до зниження врожайності зернових культур. Однак інформація про баланс азоту і калію в кіноа недостатньо з'ясована.

Etchevers & Avila [128] зазначили що високий рівень фосфору та калію не збільшив урожайність насіння кіноа, але покращив вегетативний ріст. Gandaillas [151], з іншого боку, зауважив, що кіноа не реагує як на калій, так і на фосфор.

В умовах В'єтнаму [257] виявили позитивний вплив азоту та калію на ріст та врожайність кіноа. Однак після внесення оптимальної дози азоту ріст і врожайність суттєво не змінилися і навіть зменшилися, коли доза добрив продовжувала збільшуватися. Вищі рівні внесення азоту та калію призвели до більшого вмісту білку та жиру, але зниження вмісту крохмалю та клітковини. Практика внесення добрив має залежати від родючості ґрунту. Дослідження показує, що застосування 150 кг N і 105 кг K₂O га може бути оптимальною нормою добрив для виробництва кіноа.

Оцінка впливу різних рівнів живлення NPK на морфо-фізіологічні характеристики (висота, довжина волоті, маса 1000 насінин, індекс листкової поверхні, вміст фотосинтетичних пігментів та врожайність насіння кіноа, була проведена Abdolahrour et al [16] в умовах Ірану. Досліджували реакцію кіноа (сорт Тітікака) на варіанти N:K:P - 30:25:20, 60:50:40, 90:75:60, 120:100:80, 150:125:100, 180:150:120 кг/га). Результати показали значний вплив мінерального живлення на всі ознаки. Найвище середнє значення Chl a, Chl b, Chl a+b, каротиноїдів, LAI, CGR та вмісту протеїну в насінні, а також середнє значення довжини волоті, кількості пагонів, маси 1000 насіння і врожайності відмічено для варіанту NPK 120:100:80. Проте значення показників несуттєво відрізнялося від варіанту норми добрив NPK 90:75:60. Дослідники підкреслюють доцільність застосування саме цієї норми добрив задля уникнення надмірного використання хімічних речовин і ймовірного забруднення довкілля.

Ibrahim et al. [198] дійшли висновку, що внесення добрива NPK із розрахунку (150:113:150) забезпечило найкращий результат якості та кількості рослини кіноа на піщаному ґрунті.

1.3. Перспективи кіноа як продовольчої культури 21-го століття.

За останні десятиріччя суттєво розширилися вимоги до якості та характеристик продовольчих культур. Поряд зі зростанням попиту на продукти органічного виробництва все більшого поширення набувають продовольчі товари адресного використання, орієнтовані на групи населення зі специфічними потребами. Найбільший обсяг продуктів цієї групи орієнтований на людей похилого віку, «енергетики» для військових та їх реабілітації, спортсменів. Наразі «відбір» на здатність до заповнення новостворених ніш проходять як традиційні культури (за рахунок їх сортової диференціації), так і група малопоширених та маргінальних культур, цінні характеристики яких не були затребувані раніше. Необхідними характеристиками для відбору є наявність історичного етапу доместикації, достатній генетичний потенціал та базові основи механізованої технології вирощування.

Наразі однією з культур, перспективних для включення до системи світового виробництва продуктів, а також формування специфічних напрямів харчування є кіноа [36, 43, 57]. В історичному аспекті процес доместикації культури відбувся на Американському континенті в доколумбовий період. Вважається, що на час приходу європейців на Американський континент культура кіноа перебувала на рівні культур кукурудзи та картоплі. Однак на відміну від останніх вона не здобула поширення в інших частинах світу, а на батьківщині поступово була витіснена з товарного виробництва іншими, переважно зерновими, культурами [88, 119, 192].

Наразі кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) розглядається як один з найбільш перспективних видів, у вирішенні завдань продовольчої безпеці в XXI столітті [36, 319]. Кіноа (у її сучасному вигляді) здатна поєднувати в

собі характеристики культури придатної як для уніфікованого виробництва традиційних продуктів харчування, так і для специфічних напрямів. Завдяки підвищеній стійкості до екстремальних умов навколишнього середовища та високій потенційній врожайності культура здатна забезпечувати стабільні обсяги виробництва, що є однією із вимог формування світового ринку [88, 197, 201, 340].

У перспективі кіноа може бути використана для диверсифікації сільськогосподарських культур в Європі та інших частинах світу (незалежно від її генетичного походження), а також як альтернатива для освоєння маргінальних сільськогосподарських угідь [J 95, 97, 98, 214, 243].

Розширення посівних площ посилило інтерес країн-імпортерів та споживачів до адаптаційних властивостей кіноа в нових умовах, і це сприяло обміну генетичними ресурсами. Зараз спостерігається поворотний момент виробництва кіноа, коли багато країн зацікавлені у вирощуванні культури, але мають обмежений доступ до генетичних ресурсів.

Швидке поширення кіноа на глобальному рівні дає можливість глибше розглянути наслідки поточних регуляторних інструментів щодо генетичних ресурсів для обміну насінням, їх вдосконалення та впровадження. Крім того, це дає можливість селекціонерам переглянути моделі сортових інновацій у селекції рослин для управління генетичними ресурсами. Адаптація сортів до глобальних кліматичних змін повинна відповідати можливим викликам . Генетична структура майбутніх сортів повинна мати можливість еволюціонувати, щоб протистояти цим змінам [264].

Останнім часом зростає інтерес у ряді країн (особливо в Європі), які починають впровадження та дослідницьку роботу з кіноа [149]. Вирощування кіноа в Європі потребує створення низькорослих, нерозгалужених ранньостиглих сортів із великим білим насінням та низьким вмістом сапоніну.

1.4. Селекційний потенціал кіноа

Генетичні ресурси культурних рослин мають важливе значення для продовольчої безпеки, а також роблять вагомий внесок у задоволення основних потреб людства. Генетичний потенціал культури кіноа – це частина загальної культурної спадщини, особливо для країн Андського регіону. Тому їх збереження та стале використання є відповідальністю всього суспільства [264; 312, 319]. Враховуючи історію доместикації *Chenopodium quinoa* Willd. у низці країн Америки, а саме Перу, Еквадору й Болівії існують державні програми селекції та збереження генофонду [147]. Крім того насіння *C. quinoa* у формі селекційних зразків наразі зберігається в генетичних банках багатьох країн світу. Збереження та доступність для селекціонерів культиварів кіноа Андського регіону та потенціал генетичних банків інших країн здатні забезпечувати успіх майбутніх селекційних програм з адаптації кіноа до сучасних агротехнологій та розширення генетичної основи культури до рівня основних сільськогосподарських культур [56, 57, 324, 326].

Генетичні ресурси *C. quinoa* та її диких родичів налічують 16 422 зразки по всьому світу, зберігаються в 59 установах (університетах, генних банках, науково-дослідних і сільськогосподарських установах) в 30 країнах. В Андському регіоні налічується та охороняється до 88% зразків. Найбільші колекції представлено в установах Болівії та Перу, де міститься понад 6 000 зразків [319]. Генетичні ресурси *C. quinoa*, що зберігаються в колекціях за межами Андського регіону, налічують загалом 2137 зразків. У базі даних біологічний статус 1 329 зразків вказано як традиційний сорт/раса, 552 зразків - як дикі, 1 007 зразків - як вдосконалений/покращений сорт і 100 зразків - як інші. За походженням переважають зразки з Перу, далі йдуть США та Болівія. У 1 329 зразків тип зберігання зародкової плазми не визначено, 543 зразків генетичних ресурсів зберігаються як довгострокова колекція насіння, 193 - як колекція насіння, а 45 зразків - як короткострокова колекція [147].

Загалом, 478 зразків мають дублікати в Свальбардському світовому сховищі насіння в Норвегії та 143 зразки в Національному сховищі насіння в США. Більшість зразків (1306) зберігаються в Міжнародному центрі біосолончакового сільського господарства в Об'єднаних Арабських Еміратах. В Європі найбільша колекція (528 зразків) зберігається в Генбанку Інституту генетики рослин і досліджень сільськогосподарських рослин ім. Лейбніца в Німеччині [129].

Висновки до розділу 1.

Таким чином, культура кіноа, незважаючи на тривалу історію культивування на теренах Південної Америки, є новою та мало дослідженою для умов європейського континенту. Привабливість кіноа для сучасного аграрного виробництва Європи й України та забезпечення населення повноцінними продуктами харчування пов'язана з унікальним біохімічним складом насіння, високою стійкістю культури до багатьох стресогенних факторів довкілля, широким різноманіттям генотипів та морфотипів для здійснення селекційної роботи, здатністю опановувати нові екологічні ніші. Для умов України наразі не розроблена технологія вирощування кіноа, тому бідь-які напрацювання в цьому напрямі є актуальними.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Розробка технології вирощування кіноа та оптимізації її окремих елементів, орієнтованих на реалізацію адаптивно-продуктивного потенціалу культури в умовах північно-східного Лісостепу України потребує аналізу комплексної дії абіотичних та антропогенних факторів довкілля.

Реалізація такого завдання у відношенні культури кіноа, як і інших видів культурних рослин, повинна спиратися з одного боку на оптимальне поєднання генетичного потенціалу живого організму з технологічними факторами інтенсифікації, з іншого – з максимальним використанням кліматичних ресурсів певного регіону.

Полеві дослідження було виконано в умовах дослідного поля навчально-виробничого комплексу Сумського національного аграрного університету, розташованого в північно-східній частині Лісостепу України.

Ґрунт дослідних ділянок є типовим для цього регіону. Належить до чорноземів потужних важкосуглинкових середньогумусних на лесоподібних суглинках. Орний шар ґрунту має такі агрохімічними показниками, що обумовлюють параметри його родючості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля (2021 р).

Показник	Кількісна величина
Бал бонітету ґрунту, бали	78–79
Вміст гумусу (за І. В. Тюрнім), %	3,9–4,0
pH	6,3–6,9
Вміст легкогідролізованого азоту (за І. В. Тюрнім), мг/100 г ґрунту	8,1–8,5
Вміст рухомого фосфору, мг/100 г ґрунту	9,3–12,1
Вміст обмінного калію, мг/100 г ґрунту	7,9–8,2

Значення показників, наведених в таблиці свідчать про досить високу родючість ґрунту ділянки, де проводили дослід, а саме: високий бал бонітету, високий вміст гумусу, рН ґрунтового розчину близьке до нейтрального, задовільний рівень забезпеченості рухомими формами як фосфору, так і калію.

Рельєф території, де знаходилися дослідні ділянки – рівнинний, ознаки та потенційна небезпека змивання родючого шару ґрунту відсутні. Ґрунти з наведеними вище характеристиками переважають в зоні північно-східного Лісостепу України. Таким чином, можна вважати, що дослідження з культурою кіноа проводили на ґрунтах, типових для цієї зони.

2.2. Погодні умови років досліджень

Для максимального досягнення біологічного потенціалу будь-якої культури велике значення мають кліматичні ресурси, адже реалізація генетичного потенціалу щодо створення врожаю рослини можлива лише за сприятливого температурного режиму та відповідного рівня вологості.

На підставі метеорологічних показників вся територія області поділена на два агрокліматичні райони. Території, що відносяться до лісостепової зони, включені до другого агрокліматичного району. Північно-східна частина Лісостепу України знаходиться в помірно–континентальній кліматичній зоні й належить до зони з достатнім рівнем зволоження.

На підставі метеорологічних показників північно-східна частина Лісостепу України знаходиться в помірно–континентальній кліматичній зоні й належить до територій із достатнім рівнем зволоження. Разом із тим дані останніх років свідчать про стійку тенденцію до потепління та зміну термінів переходу до окремих сезонів. На фоні таких змін значення показників кліматичних факторів стало нестабільним, спостерігається різке коливання опадів по місяцях та середньомісячних температур по роках.

За даними метеостанції Інституту СГПС НААН України середньо багаторічні значення (СБЗ) основних показників території де проводилися дослідження складають: середньодобова річна температура – 7,4°C ; сума активних температур (більше +10) – 3126 °C; сума опадів – 593 мм; розподіл опадів за сезонами – осінь – 139 мм; зима – 122 мм; весна – 132 мм; літо – 200 мм. Кількість днів з опадами -174. Останній весняний та перший осінній приморозок на поверхні ґрунту – 28 травня та 10 вересня відповідно. Початок весняно-польових робіт – 16 квітня.

2.2.1. Погодні умови 2021 року

За період досліджень саме вегетаційний період 2021 року виявився найбільш нерівномірним розподілом температур та опадів. Загалом за сумарним показником гідротермічного коефіцієнта (ГТК) вегетаційний період характеризувався як жаркий та посушливий. Оскільки значення показника ГТК склало -1.0, а сума температур та опадів 2593 °C та 230 мм при багаторічних значеннях 2241°C та 254 мм, відповідно (рис. 2.1, додатки А-А2).

Перша половина вегетації, а саме: травень та червень - характеризувалися близькими до СБП значеннями суми температур. Щодо характеру опадів, то в травні їх випало більше на 13% , у червні - на 52,2%. Друга половина вегетації, особливо липень, були вкрай жаркими та посушливими. Протягом цього місяця випало лише 7 мм опадів, що становить менше 10 % місячної норми. При цьому сума температур перевищувала СБП на 25,3%. Тенденція щодо перевищення показника суми температур збереглася, також у серпні. Проте останній місяць вегетації мав близький до СБП показник кількості опадів.

Особливості вегетації кіноа в 2021 році. Відносно прохолодні з достатньою кількістю опадів умови травня зумовили деяку затримку появи сходів, знизили інтенсивність ростових процесів на перших етапах онтогенезу культури кіноа. Низькі нічні температури стали лімітуючим фактором, що обмежував процеси росту й розвитку рослин. В подальшому,

впродовж онтогенезу, це призводило до зміни строків настання основних фенологічних фаз, утворення надлишкової листкової поверхні рослин та виникнення ефекту «витягування на світлом». Друга половина вегетаційного періоду характеризувалася високими температурами та дефіцитом вологи, що призвело до порушення балансу розподілу продуктів асиміляції до кореневої системи через активне відмирання нижніх ярусів листків рослин.

Ембріональний та постембріональний періоди розвитку насіння (особливо на бокових пагонах) проходили в умовах стійкого дефіциту вологи, що посилювався невідповідністю параметрів вегетативного розвитку рослин. Як наслідок - саме у 2021 році - було відмічено загальне зниження показників маси 1000 насінин та частки насінневої фракції. В структурі росли більша кількість невивпненого насіння була саме на бокових пагонах.

У селекційному аспекті погодні умови вегетаційного періоду 2021 року сприяли виявленню генотипів, адаптованих до температурно-водного режиму зони досліджень, зокрема здатності до інтенсивного росту в умовах низьких температур і достатнього водозабезпечення на ювенільних фазах розвитку зі здатністю для збереження вологи в другій половині.

Щодо технологічної складової, то саме погодні умови 2021 року забезпечували чіткий рівень диференціації варіантів за показниками норми висіву.

2.2.2. Погодні умови 2022 року

Веgetаційний період 2022 року був сприятливим для проростання насіння, росту та розвитку рослин кіноа. Сума температур складала 2602 °С, а загальна кількість опадів була на рівні 267 мм, що відповідно на 8,2 та 12,9% більше СБЗ. Середнє начення показника ГТК за травень-серпень було 1.2, змінюючись від 0,3 у серпні до 2.5 у червні.

Початок вегетатії в травні 2022 року характеризувався зниженими (за рахунок нічного періоду доби) показниками середньомісячних температур та значним дефіцитом опадів, яких випало лише 42% від норми.

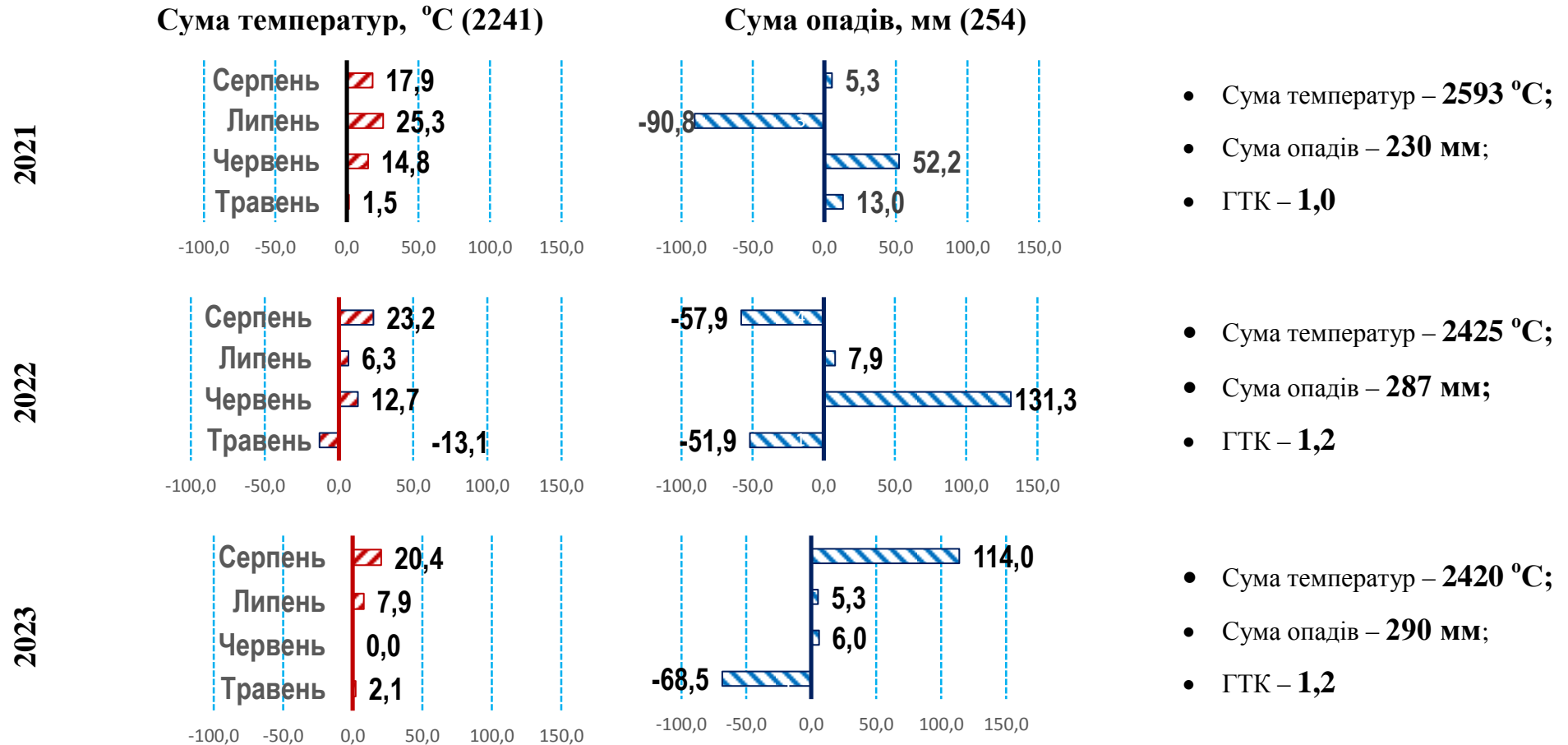


Рис. 2.1. Погодні умови 2021-2023 років вегетації кіноа у процентах до середньо багаторічного значення (метеостанція Інституту СГПС НААН).

У червні відмічали незначне перевищення суми середньомісячних температур, яке відбулося на фоні суттєво вищої (131,3% від норми) кількості опадів. Подібна динаміка, тобто перевищення суми температур та опадів, - спостерігалася в липні. У серпні кількість опадів склала 42,1 % до норми.

Особливості вегетації кіноа в 2022 році. Динаміка погодних умов 2022 року забезпечила формування вирівняного посіву, а прохолодні сухі умови травня стримували ріст надземної частини рослин та розвиток кореневої системи. За цих умов початок формування конкурентних відносин у посівах було зміщено на більш пізні фази розвитку, що забезпечило вищі показники продуктивності рослин, насамперед, за рахунок стабілізації кількості насіння. Враховуючи терміни проходження фази цвітіння в 2022 році (остання декада червня) ембріональний період розвитку насіння також проходив за сприятливих умов. Комплекс перелічених факторів зумовив вищі, порівняно із іншими роками досліджень, показники маси 1000 насінин та його кількості.

2.2.3. Погодні умови 2023 року

Що стосується особливостей вегетаційного періоду 2023 року, то середні показники температур та кількості вологи в травні-серпні були подібними до попереднього 2022 року. Сума температур склала 2420 °С, а сума опадів 290 мм, що на 7,9 та 14,1% вище СБЗ. Значення показника ГТК змінювалося від 0,4 у травні до 1,7 у серпні. Суттєве перевищення місячних норм суми температур та опадів було відмічено лише в серпні.

Особливості вегетації кіноа в 2023 році. Комплекс погодних умов весняного періоду 2023 року був причиною зміщення строків сівби, а прохолодні та сухі умови травня зумовили високий рівень кількісної та фазової невирівняності посівів. На частині ділянок було відмічено ефект «другої хвилі сходів».

Близькі до СБЗ показники температур та опадів у «червні-липні» не забезпечили достатніх умов для вирівнювання морфологічних параметрів рослин у посівах. Близька до аномальної кількість опадів у серпні (114% до норми) сприяли продовженню вегетації рослин верхнього ярусу та прискореним темпам відмирання рослин середнього й нижнього ярусів. Такий стан посіву було частково виправлено за рахунок десикації однак рослини мали низькі середні показники продуктивності рослин.

Загальний аналіз погодних умов вегетаційних періодів 2021 – 2023 рр. свідчать про відсутність аномальних лімітуючих факторів, а відхилення показників температури та опадів не були критичними для розвитку рослин кіноа.

2.3. Схема дослідів та методика проведення досліджень

Вирішення поставлених завдань потребували виконання польових досліджень, які були проведені в 2021-2023 роках на території навчально-наукового комплексу Сумського НАУ. Було виконано 2 польових дослідів.

Дослід 1. (двофакторний) Оцінювання ефективності норм добрив та норм висіву насіння на структуру посіву, морфопараметри рослин та врожайність кіноа.

- Фактор А: норми добрив, кг д. р./га. Варіанти: $N_{16}P_{16}K_{16}$ (к); $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$ (підживлення); $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$; ; $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$.
- Фактор В: норми висіву насіння, млн. шт./га. Варіанти: 0,8 (к); 1,2; 1,6; 2,0.

Дослід 2. (однофакторний) Оптимізація передзбиральної підготовки посіву кіноа.

Варіанти: Без обробки (к); десикація препаратом Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га; десикація препаратом Реглон Супер, 2,5 л/га; сеникація 16% розчином аміачної селітри, 50,0 кг/га.

Площа облікової ділянки становила 15 м². Повторення досліду – триразове, розміщення ділянок – систематичне. Попередник – пшениця озима. Основний обробіток ґрунту – покращений зяб. Передпосівний обробіток ґрунту включав ранньовесняне боронування та передпосівну культивування з внесенням мінеральних добрив (відповідно до схеми досліду). Сівбу проводили селекційною сівалкою «Клен» відразу після ранніх зернових (кінець другої декади квітня) з міжряддям 15 см, на глибину 3,5 см.

Догляд за посівами передбачав обробку протизлаковим гербіцидом, дворазове застосування системного інсектициду проти амарантового стеблоїда.

При проведенні дослідів в лабораторних та польових умовах відповідно до програми було проведено такі обліки та спостереження:

- лабораторна схожість та енергія проростання [6] (ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості);
- польову схожість [9];
- фенологічні спостереження проводили за описом фенологічних фаз росту і розвитку кіноа згідно “Методики Держсортівипробування сільськогосподарських культур”. При цьому відмічали фази росту і розвитку рослин. Початок фази фіксували, коли вона наступала в 10% рослин і повну фазу – у 75% рослин [2, 9];
- кінцеву густоту стояння рослин визначали в передзбиральний період згідно з “Методикою державного сортівипробування сільськогосподарських культур” [2];

Морфометричний аналіз параметрів рослин та аналіз структури врожаю проводили на вибірці з 25-30 рослин (у кожному з повторень). Вибірки рослин формували з особин центральних рядів. Визначали:

- висоту рослин та кількість бічних пагонів;
- кількість листків та їх площу,

Фотосинтетичну діяльність рослин оцінювали за такими показниками: площа листової поверхні, листовий індекс. Площу листків визначали

методом “висічок”: базується на розрахунку площі й маси 10 висічок, а також маси листкової поверхні всієї проби в лабораторних умовах на зрізаних листках і подальших розрахунків за формулою

$$S = \frac{P \cdot S_1 \cdot n}{P_1}, \text{ де}$$

S – загальна площа листків, cm^2 ;

S_1 – площа однієї висічки, cm^2 ;

P – загальна маса листків, г;

Уміст хлорофілу в листках рослин визначали спектрофотометричним методом (ULAB 102).

Аналіз структури врожаю (маса та кількість насіння на рослину, маса 1000 насінин) проводили згідно з методиками на 30 рослинах несуміжних повторень [2, 9].

- масу 1000 насіння визначали за ДСТУ 4138 – 2002 [6];
- врожайність визначали на обліковій частині ділянок прямим комбайнуванням (комбайн переобладнано для поділянкового збирання) та подальшим зважуванням насіння кожної ділянки.

Розрахунок економічної ефективності технології вирощування проводили за загальноприйнятими методиками [7]. Статистичну обробку експериментальних даних для аналізу, узагальнення та визначення достовірності результатів дослідження мінливості морфометричних та продуктивних показників проводили з використанням варіаційного, дисперсійного та кореляційного аналізу за стандартними методиками з використанням програм MS Excel 2010 та Statistica [7,10, 11].

Матеріалом для проведення досліджень був сорт Квартет. Сорт було створено в Сумському національному аграрному університеті добром холодостійких скоростиглих форм із популяції, отриманої за схемою:

(Тітікака x Q5) x N00U12456 де

Тітікака – комерційний сорт; **Q5** – комерційний сорт; **N (00U12456)** – селекційний зразок наданий генбанком Нідерландів (донор холодостійкості).

Сорт характеризується такими показниками. Ранньостиглий, тривалість вегетації – до 110 днів. Очікувана дата технологічного дозрівання – остання декада серпня. Висота рослин – 100-110 см. Маса 1000 штук насіння - 3,1 г. Потенційна урожайність – до 3,0 т/га. Розрахункова урожайність за результатами конкурсного випробування – 2,5 т/га. Сорт занесено до Державного Реєстру в 2022 р., орієнтований на вирощування в зоні північного Лісостепу та Полісся.

Препарати для десикації посіву кіноа. Гліфовіт Екстра - на сучасному ринку агрохімічних препаратів компанії-виробники пропонують цілу низку гербіцидів-десикантів на основі гліфосату. Гліфосат - найбільш популярна речовина, що застосовується з цією метою. Гліфосат це кристалічна тверда речовина, може розчинятися в воді та спиртах, проте з низькою здатністю до розчинення в органічних розчинниках.. Здатний до утворення солей з органічними речовинами, ці сполуки добре розчинні у воді.. При виробництві препаратів з метою для підвищення розчинності гліфосат переводять в форму солей: амонійну, диметиламінну, калієву, ізопропіламінну, етаноламінну, Переважна більшість препаратів на його основі містять ізопропіламінову сіль гліфосату як основну діючу речовину.

Гліфосат є контактним гербіцидом, системної дію і легко переміщається з вегетативних надземних органів рослини до кореневої системи. Гліфосат пригнічує біосинтез фенілаланіну, інгібує дію ферментів хлоризматмутази (префенатдегідратази), призупиняє синтез ароматичних амінокислот, що призводить до загибелі рослини. Після попадання в ґрунт після змивання його залишків з поверхні рослин опадами, гліфосат перетворюється та біологічно інертний через утворення комплексів з важкими металами [5].

Застосування гербіцидів-десикантів в передзбиральний період сприяє рівномірному дозріванню врожаю, поліпшенню товарних якостей рослинної продукції.

Реглон Супер є похідною речовиною дипіридиліуму. Це кристали, гігроскопічні. Сполуки диквату добре розчиняються в воді, погано в спиртах та органічних розчинниках. Промисловіть випускає препарат у формі 15% розчину солі бромиду. Дія цієї речовини полягає в руйнуванні клітинних мембран рослини, через трансформацію насичених жирних кислот, що входять до їх складу, деструкції органел, порушенні проникності клітин, руйнуванні тканин та загибелі надземних органів.. Дикват є контактним гербіцидом, здатний активно пересуватися по елементам провідної системи рослин і може використовуватися як дефоліант, так і як десикант [5].

Дикват –десикант швидкої дії , висушує рослини за п'ять–сім днів, а гліфосат за 10–12 днів.

Висновки до розділу 2.

За динамікою температурного режиму, та кількістю опадів та їх розподілом впродовж вегетаційного періоду Північно-східний Лісостеп України є сприятливим для вирощування. Погодні умови періоду досліджень (2021 - 2023 рр.) та умови вирощування відображують типові для регіону погодні кліматичні та ґрунтові особливості .

Лабораторні та польові дослідження проводилися на основі методик, відображених у вітчизняній та зарубіжній літературі.

Препарати, застосовані в дослідженнях, сертифіковані. Методики проведення лабораторних й польових досліджень забезпечили отримання експериментальних даних, що дають можливість сформулювати обґрунтовані висновки та рекомендації для виробництва.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ ТА УДОБРЕННЯ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ВРОЖАЙНІСТЬ КІНОА

3.1. Схожість насіння та виживаність рослин в посіві залежно від норм добрив та норм висіву

Насіння є найважливішим компонентом у створенні врожаю, який безпосередньо впливає на продуктивність, але дослідження насіння кіноа ще тільки починаються. Схожість залежить як від ендогенних характеристик насіння, так і від факторів середовища: температури, вологості, ґрунту. Останнім фактором можна маніпулювати та регулювати для оптимізації швидкості проростання та рівномірності сходів. Проростання насіння регулюється фізіологічними факторами та умовами навколишнього середовища, оскільки кожен вид має особливі вимоги до проростання, такі як доступність води, температура, світло та глибина загортання [136].

Важливою характеристикою процесу проростання є інтенсивність початкових етапів поглинання води, яка характеризує здатність насіння до ефективного використання ґрунтової вологи [135]. Факторами, що впливають на динаміку та швидкість цього процесу є тип запасних поживних речовин у насінні, наявність спеціалізованих пристосувань (наприклад, пористість перикарпу).

У еволюційному аспекті здатність до швидкого й інтенсивного водопоглинання сформувалася як пристосувальна ознака дрібно-насінневих видів рослин, у яких проростання насіння відбувається в верхньому шарі ґрунту, що характеризується швидкими темпами прогрівання та великою ймовірністю пересихання.

Для оцінки якісних показників насіння щодо проростання в лабораторних умовах, було використано стандартний тест на схожість [6].

Насіння (100 штук у пробі) розподіляли на вологому фільтрувальному папері в пластикових ростильнях у 4-разовому повторенні. Пророщування проводили при температурі 20⁰С. Енергію проростання визначали на 3-й день, лабораторну схожість – на 6-й день відповідно до ДСТУ 4802-2002 [6] (табл. 3.1)

Таблиця 3.1.

Лабораторна схожість насіння кіноа

Показники	Роки			Х
	2021	2022	2023	
Енергія проростання	88,4 ± 2,3	85,5±1,9	86,4 ± 3,2	86,76
Лабораторна схожість	96,2 ± 0,4	96,0 ± 0,6	96,3± 2,5	96,17

Результати, представлені в таблиці показують високі значення як енергії проростання, так і лабораторної схожості в усі роки досліджень, а саме: 86,76% та 96,17% відповідно. Такі значення параметрів проростання насіння в лабораторних умовах свідчать про високу якість посівного матеріалу і можливість створення рівномірних продуктивних посівів в польових умовах.

Сприятлива температура, надходження кисню та оптимальна доступна вологість зазвичай вважаються основними екологічними вимогами для проростання насіння в польових умовах. Якщо будь-яка з цих умов не виконується, проростання не відбудеться або буде утруднено. Проте допустимий діапазон цих вимог досить широкий.

Насіння різних видів культур демонструють різну реакцію на температуру, й оптимальними є такі значення, що забезпечують максимальний потенціал проростання за найкоротший період. Деякі види реагують на зміну температур, тоді як інші найкраще проростають за

постійної температури [33, 35]. Проте високий кінцевий відсоток схожості та швидкість проростання зазвичай є основою для визначення оптимуму. Очевидно, температура впливає на проростання насіння переважної більшості культурних рослин приблизно однаково, хоча ці впливи можуть варіювати при різних температурах.

Вимоги до вологи при проростанні насіння, як і до температури, різняться залежно від виду. Виявлено, що не всі види насіння потребують однакової кількості води для проростання, а здатність до поглинання води варіює в широких межах.

Структура ґрунту, аерація, водоутримувальна здатність і присутність патогенних організмів можуть впливати на проростання насіння. Насіння кіноа має особливу структуру, унікальний оплодень, зовнішній шар якого складається з мертвих клітин [87].

Проростання насіння — це процес, у якому відбувається безліч біохімічних змін. Проростання насіння кіноа починається з поглинання води, через 6–10 год вміст води в насінні збільшується з 41 до 45%. У насінні деяких екотипів кіноа оболонка контролює проростання, діючи як фізичний бар'єр, що запобігає появі корінців і створює механічну перешкоду для поглинання води.

Умови навколишнього середовища можуть сильно впливати на швидкість проростання насіння в регіонах з високими температурами та тривалим фотоперіодом, що сприяє виникненню стану спокою. Такі умови характерні для Європи (зокрема південної частини). Це сприяє тому, що в майбутньому на цих територіях можна буде успішно вирощувати меншу кількість екотипів кіноа [347, 348].

Здатність насіння до активного проростання та його якість визначаються генетичними, фізичними, фізіологічними характеристиками, які обумовлюють потенціал врожайності [330]. З іншого боку, на проростання впливають внутрішні та зовнішні фактори, такі як температура, відносна вологість, кисень, а також дія грибів і бактерій [35]. Температура,

наприклад, впливає на швидкість поглинання води, бубнявіння та хімічні реакції, які відбуваються при проростанні, що обумовлює однорідність та загальну швидкість процесу [91].

Якість насіння безпосередньо впливає на продуктивність, але дослідження насіння кіноа тільки починаються. Goma et al. [163] провели вивчення мікро-макроморфологічних та анатомічних характеристик кіноа (*S. quinoa*), описали структурні та функціональні аспекти насіння. Mäkinen et al. [244] вивчали розвиток протеолітичної активності та білкових профілів у насінні *S. quinoa* під час проростання та раннього росту, коли ендосперм має в 60 разів більшу протеолітичну активність, ніж ембріон, який в подальшому послаблює ендосперм під час проростання. З іншого боку, Nager et al. [187] досліджували амілолітичну активність і мобілізацію запасів крохмалю під час проростання кіноа. Загалом рівень активності залишався дуже низьким, що свідчить про те, що в насінні кіноа кількість амілаз невисока.

Нещодавні дослідження, проведені Al-Barakah & Sohaig [26] ; El-Assiuty et al. [123] оцінювали вплив різних середовищ, на проростання, силу та кількість нормальних рослин та дійшли висновку, що фізична, генетична, фізіологічна та санітарна якість насіння є фундаментальною вимогою для збереження продуктивності, і що насіння кіноа, як і насіння інших культур, потребує спеціальних умов для проростання.

Швидкість появи сходів важко прогнозувати і цей показник значно змінюється в польових умовах. Беручи до уваги розширення площі вирощування кіноа, зростання популярності зерна на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також відсутність наукової інформації про проростання насіння в зоні північно-східного Лісостепу України, дослідження мало на меті оцінити вплив умов середовища та елементів технології на польову схожість кіноа (табл. 3.2).

Кіноа належить до дрібнонасіненних культур. Крім того сходи та ювенільні рослини культури характеризуються зниженим рівнем

життєздатності. Саме ці фактори й визначають важливість використання оптимальної для сорту норми висіву.

Таблиця 3.2

Польова схожість насіння кіноа залежно від густоти посіву, %

Норма висіву, млн/га	Роки			Х
	2021	2022	2023	
0,8	88,29	85,42	79,56	84,42
1,2	87,58	85,61	81,86	85,02
1,6	87,88	86,74	82,14	85,59
2,0	89,83	88,19	82,18	86,73
Х	88,40	86,49	81,44	85,44

За результатами дослідів було встановлено, що основним фактором польової схожості були погодні умови року. Найбільш оптимальні умови для проростання насіння склалися в травні 2021 року. В порівнянні з іншими роками досліджень кількість опадів та температура були сприятливими для проростання насіння кіноа. Середнє значення польової схожості становило 88,40% . Найвищий рівень польової схожості зафіксовано на варіанті з нормою висіву 2,0 млн./га - 89,83%. Відмічена тенденція до підвищення рівня польової схожості зі збільшенням норми висіву насіння. Загалом за роки досліджень діапазон значень польової схожості склав від 79 до 89% із середнім значенням 85,4% .

Важливою передумовою створення високопродуктивних агроценозів 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. (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Зрідженість сходів та ювенільних рослин кіноа, % (2021-2023 рр.)

Норма висіву, млн/га	Роки			Х
	2021	2022	2023	
0,8	17,88	9,27	15,16	14,10
1,2	16,27	10,45	5,33	10,68
1,6	17,50	11,37	9,45	12,78
2,0	25,41	16,09	15,43	18,98
Х	19,27	11,80	11,34	14,13

Зрідженість сходів залежала як від умов року, так і від норм висіву. Найвищу зрідженість спостерігали в 2021 році – 19,27%, найнижчу в 2023 – 11,34%. Червень 2021 року характеризувався підвищеними температурами (на 14,8% вище за середньо-багаторічну), що обумовило пересихання ґрунту і створило несприятливі умови для росту ювенільних рослин. Щодо норм висіву, максимальна зрідженість була в варіанті з нормою 2.0 млн./га – 18,98%, мінімальна на варіантах 1,2-1,6 млн./га (10,68–12,78% відповідно). Тобто високий рівень зрідження спостерігався на ділянках із мінімальною та максимальною нормою висіву насіння.

Важливим етапом дослідження впливу елементів технології на формування продуктивності є оцінювання частки генеративних рослин від загальної кількості висіяного насіння (табл.3.4). У середньому за роки досліджень цей показник при внесенні добрив був досить високим: 75,9 %. (варіант - $N_{32}P_{32}K_{32+} N_{30}$). Найменші значення в досліді фіксували на варіанті з нормою $N_{16}P_{16}K_{16}$ - 68,4%.

Таблиця 3.4.

Динаміка формування кінцевої (передзбиральної) густоти, частка генеративних рослин від кількості висіяного насіння, %, (2021-2023 рр.)

А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				
	0,8 (К)	1,2	1,6	2,0	х
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (К)	68,8	68,6	70,0	66,3	68,4
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	72,9	76,4	72,9	71,2	73,3
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	74,2	79,7	78,3	71,5	75,9
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	74,2	78,9	78,1	71,8	75,8
Х	72,5	75,9	74,8	70,2	73,4

Було відмічено зростання частки генеративних рослин з підвищенням норми добрив. Щодо норм висіву насіння, то частка генеративних рослин варіювала від 70,2 до 75,9% залежно від варіанту. Найбільша частка генеративних рослин була в варіантах 1,2-1,6 млн/га і зменшувалася з підвищенням норми висіву насіння.

Фактичні показники кінцевої густоти склали 0,58; 0,91; 1,2 та 1,4 млн/га при нормі висіву 0,8; 1,2; 1,6 та 2,0 млн/га (табл. 3.5, додаток Б). Крім того, спостерігався деякий вплив (переважно за рахунок різниці у виживанні рослин у ювенільні фази) також фактора А - норми добрив.

Таблиця 3.5.

Кінцева (передзбиральна) густина посіву кіноа залежно від норми добрив та норм висіву, млн. рослин/га, (2021-2023 рр.)

Фактори					Середнє для фактору А	
А - норма добрив, кг д. р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (к)	1,2	1,6	2,0		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (к)	0,55	0,82	1,12	1,33	0,96	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	0,58	0,92	1,17	1,42	1,02	0,06
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	0,59	0,96	1,25	1,43	1,06	0,10
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	0,59	0,95	1,25	1,44	1,06	0,10
Середнє для фактору В	0,58	0,91	1,2	1,4	НІР _{0,05} – 0,11	
± до контролю В		0,33	0,62	0,82		

Результати дисперсійного аналізу вказують, що кінцева густина посівів на 95% визначалася нормою висівів і лише на 1,8% - нормою добрив (рис.3.1.).

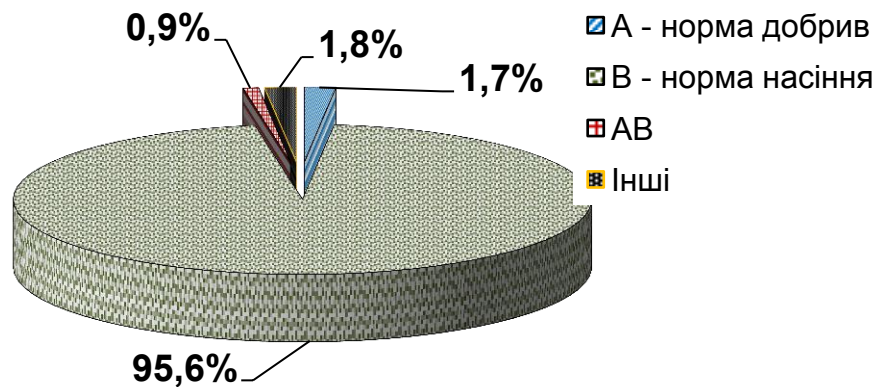


Рис. 3.1. Частка впливу факторів на передзбиральну густану посіву, % (2021-2023 рр.)

Науковці не досягли остаточного консенсусу щодо оптимальної норми висіву кіноа та формування продуктивного посіву. Вважають, що висока врожайність може бути досягнута при широкому діапазоні густоти рослин: у Нідерландах, наприклад, від 30 до понад 250 рослин на m^2 , у Данії від 200 до 450 рослин на m^2 . Враховуючи необхідність пригнічення бур'янів, синхронне дозрівання, здатність до збирання врожаю у виробництві в кранах Західної Європи рекомендують густоту посіву приблизно 100 рослин на m^2 (у Нідерланди) і від 100 до 150 рослин на m^2 (Данія).

Для досягнення густоти рослин 100 рослин на m^2 та показника сходів 40%, потрібно висівати близько 250 насінин на m^2 , що відповідає нормі висіву насіння 6 кг/га. Залежно від маси 1000 насінин, ґрунту та погодних умов норма висіву може варіюватися від 4 до 8 кг/га, щоб забезпечити кількість рослин від 50 до 150 на m^2 . Виявилося, що відстань між рядками практично не впливає на врожайність насіння.

Таким чином, визначення оптимальної норми висіву та формування остаточної щільності посіву кіноа обумовлено регіональними особливостями і потребує попередніх та додаткових уточнень.

3.2. Динаміка вегетації та особливості розвитку рослин кіноа

Фенологічні спостереження охоплюють періодичні фази розвитку в життєвих циклах рослин, такі як початок і тривалість стадій росту. Фенологія служить індикатором екологічних змін, відображуючи вплив факторів навколишнього середовища, зокрема доступності поживних речовин, температури, тривалості світлового дня.

Незважаючи на цікаві агрономічні та унікальні харчові особливості цієї культури, дослідження кіноа характеризуються спорадичними спробами визначити її фенологічні стадії. Унікальний критерій кількісної оцінки фенології кіноа може стати корисним інструментом для дослідників і селекціонерів у майбутній роботі шляхом стандартизації цієї інформації для

міжнародної спільноти. Хоча визначення фенології є важливим для отримання послідовної інформації для проведення агрономічних досліджень і селекційних програм, досі не існує остаточної шкали фенологічних фаз та їх визначення в кіноа. Спроби визначити фенологічні стадії цієї культури були запропоновані в останні роки Ruiz & Bertero [323] і Curti et al. [108]. Усі ці фенологічні шкали зробили вагомий внесок у розв'язання проблеми, хоча й мають свої недоліки. При проведенні досліджень конкретною стадією вважали фазу розвитку, коли 75% рослин досягали цього конкретного періоду.

Важливою ознакою відповідності сорту умовам вирощування є динаміка проходження фаз вегетації, а також загальна тривалість періоду «сходи- збирання». Було встановлено, що в умовах контролю (мінімальна норма висіву та мінеральних добрив) в середньому за три роки тривалість періоду «сходи цвітіння» склала – 57 днів. Фаза «цвітіння – технологічна стиглість» тривала 60 днів. Загальна тривалість періоду «сходи–збирання», таким чином, складала 117 днів.

Згідно з таблицею, збільшення норм мінеральних добрив скорочувало вегетаційний період, зокрема перехід до генеративної стадії (цвітіння).

Разом з тим рослини кіноа мають довший продуктивний цикл, коли добрива вносяться в надлишковій кількості. Вважають, що такий вплив зумовлено дією азоту, який стимулює довговічність рослинної тканини, створюючи постійне виробництво нових клітин, які виражаються в більш довгих продуктивних циклах [126, 130, 157].

В наших досліджах щодо впливу удобрення, то збільшення норми добрив супроводжувалося зростанням цього показника до 120 та 122 днів. Найбільш суттєвим було продовження вегетації на варіантах із азотним підживленням.

Таблиця 3.6.

Динаміка вегетації рослин кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння, днів (2021-2023 рр.)

А - добрива		N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)				N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀				N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀				N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀				
Б - норма висіву насіння		0,8 (К)	1,2	1,6	2,0	0,8	1,2	1,6	2,0	0,8	1,2	1,6	2,0	0,8	1,2	1,6	2,0	
Міжфазний період, ± до контролю, днів																		
1	Сівба - повні сходи	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Сходи - 2 справжні листки	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Сходи - 6 справжніх листків	18	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4	Сходи - галушення стебла	34	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
5	Сходи - бутонізація	43	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
6	Сходи - цвітіння	57	0	0	0	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	
7	Цвітіння - закінчення вегетації	42	0	-2	-2	0	0	0	-2	2	2	2	0	3	3	2	0	
8	Цвітіння - технологічна стиглість	60	0	0	-2	2	0	0	-2	3	3	2	0	4	3	2	0	
Сходи - збирання (тех. стиглість)		Х	117	117	115	123	119	119	118	123	122	122	120	124	123	121	119	
		А	117				120				122				122			
		Б	122	120	120	118												

За повідомленнями науковців азотні добрива мають різноманітний вплив на фенологію культури кіноа, стимулюючи розвиток листів, стебел і коренів, тим самим сприяють вегетативному росту. Тобто рослини можуть швидше проходити фенологічні стадії, такі як поява сходів, утворення справжніх листків, формування листкової поверхні тощо. Однак надмірний рівень азоту може затримати фазу цвітіння й порушити гормональний баланс, стимулюючи вегетативний ріст, а не репродуктивний розвиток. Ця затримка цвітіння відбивається на фенологічному циклі, подовжуючи як вегетативний період, так і період росту, включаючи інтервал від сівби до дозрівання .

Повідомляють, що в дослідах з кіноа, стадії сходів, галуження, цвітіння та зрілості рослин, удобрених азотом, скоротилися на 1–3 дні порівняно з неудобреними рослинами, скоротивши загальну тривалість росту кіноа на 5 днів. Мінімальна тривалість вегетаційного періоду культури - 112 днів - була зафіксована для рослин, удобрених 120 кг N/ га , що було менше, ніж у контролі, а максимальна тривалість (117 і 118 днів) зареєстрована для неудобрених рослин. Внесення азотних добрив у кількості 120 кг/га спричинило більш раннє розгалуження та цвітіння, одночасно збільшуючи тривалість періоду наливання насіння. Результати показали, що застосування азотних добрив скоротило час росту культури на 5–6 днів, а вплив на різні фенологічні стадії був не дуже суттєвим [335, 345].

Адекватне постачання азотом подовжує періоди фотосинтезу та накопичення біомаси, затримуючи процес старіння та дозрівання, тим самим подовжуючи фенологічний цикл. Проте, слід зазначити, що вплив коливань азоту на фенологічні стадії кіноа залишається недостатньо вивченим.

Збільшення норми висіву в наших дослідах, навпаки, мало зворотній ефект на тривалість вегетаційного періоду: різниця між варіантами з найменшою та найбільшою нормами висіву становила 4 дні.

Висота рослини. Рослина характеризується певним набором параметрів, які відображують її статус в посіві в певну стадію онтогенетичного розвитку. Кількісні ознаки, зазвичай, характеризують інтенсивність та динаміку процесів

формування. По суті це лінійні або об'ємні розміри вегетативних або генеративних органів, їх маса та кількість.

Параметри, що характеризують органогенез рослин є нерівнозначними з інформативної точки зору, оскільки мають різний біологічний сенс. Деякі з параметрів важливі для характеристики репродукційної складової рослини, тобто її потенційної здатності щодо формування майбутнього врожаю насіння.

При проведенні досліджень було вибрано окремі параметри вегетативної сфери рослин кіноа, що відображують можливість накопичувати продукти фотосинтезу й створювати базис для формування генеративних органів. До таких параметрів належали: висота рослини, кількість листків, площа листової поверхні. Облік проводили в фазу цвітіння.

Висота рослин становить певний інтерес для одержання інформації щодо особливостей онтогенетичного розвитку. Відомо, що існує залежність між фітомасою рослини та масою врожаю (насіння). Загальна фітомаса, в свою чергу, обумовлена висотою рослини та кількістю бічних пагонів. Тобто, більш високорослі рослини потенційно будуть більш продуктивними. Особини з такими характеристиками мають достатній потенціал не тільки для підтримки життєдіяльності (поглинання води та світла), але й здатність до активного збільшення загальної фітомаси.

Висота рослин корелює з більшістю показників вегетативного та генеративного розвитку рослин. Проведений аналіз значень цього параметру показав, що на його зміну впливали обидва фактори: як норми висіву, так і дози внесення добрив (табл. 3.7). Зі збільшенням дози добрив значення показника «висота рослин» зростало і сягало максимуму на варіанті $N_{48}P_{48}K_{48}+N_{30}$: 119,78 см, (перевищення контролю на 23,45 см).

У нашому досліді основним фактором, що зумовлював зміну цього параметру, була як кількість, так і спосіб внесення мінеральних добрив. Найбільший приріст значення: + 18,1 см, – був на варіанті з підживленням аміачною селітрою, тоді як підвищення дози основного добрива забезпечувало менш помітний ефект.

Таке збільшення може бути пов'язане з тим, що азот здатний стимулювати подовження рослин і активізувати поділ клітин, сприяє синтезу ауксину й цитокінів, які впливають на ріст стебла [53].

Що стосується густоти посіву, то найвищими були рослини на варіанті з нормою висіву 0,8-1,2 млн/га при внесенні дози добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$.

Норма висіву мала системний характер і її вплив був статистично достовірним для кожного варіанту досліджу.

Таблиця 3.7

**Висота рослин рослин кіноа сорту Квартет
залежно від норми добрив і норми висіву насіння, см (2021-2023 рр.).**

Фактори					Середнє для фактору А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (К)	1,20	1,60	2,00		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (К)	100,3	100,9	91,6	92,5	96,33	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	121,4	120,5	110,7	105,3	114,48	18,15
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	124,9	126,4	110,9	109,2	117,85	21,52
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	127,1	128,4	111,2	112,4	119,78	23,45
Середнє для фактору В	118,425	119,055	106,1	104,85	НІР _{0,05} – 6,82	
+ до контролю (В)		0,66	-12,30	-13,55		

Вважається, що при внесенні більшої кількості добрив та достатній кількості опадів відбувається постійний процес подовження стебла за рахунок

безперервного поділу клітин, покращується проникність кореневої системи і полегшується поглинання мінеральних елементів [153].

3.3. Формування вегетативної сфери рослин кіноа залежно від удобрення та норм висіву

3.3.1. Площа листкової поверхні

Визначальними етапами реалізації вегетативного потенціалу рослин є перехід сходів до автотрофного живлення, з подальшим утворенням вторинних структур, формуванням та підтримкою оптимальної площі листкової поверхні. Останній фактор тісно корелює з кількістю органічної речовини, що утворюється агроценозом.

Розташування листків в посіві формує специфічну архітектуру рослинного покриву. Архітектура посіву визначається щільністю особин, кількістю листків та їх розташуванням, площею листкової поверхні. Інтенсивний процес утворення площі листкової поверхні обумовлює більшу кількість сонячної енергії, яка може бути використана рослиною для подальших метаболічних перетворень.

Досліджено, що до 90% речовин, які витрачаються на формування органів рослини і використовуються як кінцева мета вирощування, а саме – врожай, утворюється в листках у процесі фотосинтезу [330].

Основною умовою високої продуктивності рослин є відповідність формування оптимальної площі листкової поверхні та тривалості її фотосинтетичної діяльності. Проте позитивний характер взаємозв'язку фотосинтетичної продуктивності та площі листків спостерігається при збільшенні їх розмірів лише до певної межі. Після її досягнення цей взаємозв'язок перетворюється на протилежний за своїм характером та впливом на формування врожаю в посівах.

Занадто велика площа листків призводить до зміни габітусу окремих особин та архітектури посіву в цілому. Через нерівномірне розміщення,

утворення ярусів, рослини взаємно затіняються і певна частина вегетативних органів, які містять хлорофіл, не бере участі в процесі фотосинтезу. Значна кількість мінеральних речовин та продуктів асиміляції витрачається на створення листового апарату та накопичення фітомаси, а не на формування врожаю насіння. Тобто за таких умов має місце процес збільшення непродуктивної частки врожаю та зменшення продуктивної [229].

Застосування мінеральних добрив в технології вирощування сприяє більш інтенсивному розвитку листової поверхні. Посилене азотне живлення, зокрема, викликає активне листкоутворення, проте може негативно позначитися на якості насіння та подовжити період дозрівання. Фосфорні добрива також позитивно впливають на розвиток асиміляційних органів [372].

Рослини, вирощені в умовах надмірної щільності, демонструють зниження висоти та діаметра стебла, менші за розмірами та щільністю розташування продихи, тонші листові пластинки. Спостерігалися також такі компенсаційні стратегії, як збільшення питомої площі листків та більша кількість хлоропластів в клітинах палисадного мезофілу, однак ці зміни не повністю компенсували обмеження поглинання вуглецю та газообміну. Поглинання азоту та фосфору було обмеженим, призводячи до зниження врожаю на 53,2% при високій щільності посіву. Враховуючи здатність рослин кіноа змінювати свою морфологію та анатомію, необхідні подальші дослідження з різними варіантами норм висіву та щільністю рослин, щоб визначити, чи можливо досягти більшої врожайності та підвищити ефективність використання ресурсів [374, 381, 394].

Проведені нами дослідження з впливу удобрення та норм висіву на особливості формування листового апарату в посівах кіноа, що площа листової поверхні залежали від дії цих факторів (табл. 3.8).

Зі збільшенням норми добрив відбувалося статистично суттєве зростання площі листків: від $3,57 \text{ см}^2$ (варіант $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$) до $77,43 \text{ см}^2$ (варіант $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$). Щодо норми висіву – збільшення значень площі листків фіксували зі зростанням щільності посіву: від $34,95$ (0,8 млн/га) до $98,05 \text{ см}^2$

(2,0 млн. шт./га). Максимальна площа листків була сформована рослинами кіноа в варіанті з нормою висіву 2,0 млн/га та нормою добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$, а саме: 309,93 cm^2 .

Таблиця 3.8.

**Площа листків рослин кіноа задежно від норм добрив на норм висіву,
см² (2021-2023 рр.)**

Фактори					Середнє для фактору А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (к)	1,20	1,60	2,00		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (к)	197.4	223.2	237,7	269.2	231.88	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	199,3	234,2	240,1	268,2	235,45	3,57
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	220,1	240,1	249,7	312,2	255,53	23,68
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	230,7	289,8	330,6	390.15	310,31	77,43
Середнє для фактору В	211,88	246,83	264,53	309,93	НІР _{0,05} – 5,12	
± до контролю (В)		34,95	52,65	98,05		

Таким чином, в наших дослідях на формування листкової поверхні рослин кіноа більше впливали мінеральні добрива, ніж норми висіву.

3.3.1.2. Вміст та види хлорофілу

Диверсифікація в кіноа зазвичай пов'язана з відмінностями в структурі тканин, морфології та метаболізмі. Рослина кіноа має потенціальну здатність розвивати альтернативну метаболічну пластичність [53]. Подібні зміни можуть бути викликані такими умовами, як температура, інтенсивність освітлення,

живлення, відносна вологість і доступність води [260]. Загалом, рослини кіноа здатні зазнавати фенологічних, морфологічних й фізіологічних змін, відомих як фенотипова пластичність. Ці умови є ключовими факторами якості та кількості насіння у волоті [260], а також фенологічної та фізіологічної продуктивності рослин, пов'язаної з адаптивною здатністю до різноманітних умов середовища [388].

Важливим аспектом у появі нових адаптивних ознак є експозиція фотоперіоду. Більшість екотипів культури кіноа є рослинами короткого дня, формування генеративних органів залежить від тривалості освітлення.

Норми сівби, як і дози внесення добрив виявилися вагомими факторами щодо вмісту хлорофілу. Крім того, азотне живлення визначає вміст наявних у листі асимілятів і застосування високих доз азоту призводить до високого вмісту хлорофілу [135].

Найвищий вміст хлорофілу припадає на вегетативні фази розвитку рослин і знижується у репродуктивні фази. За даними García-Parra et al. [153], на цих фазах рослина поглинає найбільшу кількість елементів живлення, тоді як на фазах запліднення, виповнення та дозрівання поживні речовини остаточно накопичуються в насінні.

Між застосуванням азоту та вмістом хлорофілу існує прямо пропорційна залежність. Крім того, такий елемент, як азот, визначає тривалість збирання врожаю кіноа. [157.] Цей ефект росту та розвитку рослин запускається, коли азот стимулює утворення рослинних гормонів, які генерують формування листових бруньок, необхідних в процесі фотосинтезу. Азот також сприяє утворенню молекули хлорофілу [153].

Вміст хлорофілу в листках кіноа оцінювали на стадії цвітіння. Було виявлено, що на кількість пігменту істотно впливають як норми висіву росту, так і рівні мінерального живлення (табл. 3.9). Вміст пігментів в листках рослин кіноа значно зростав зі збільшенням рівня NPK і досягав максимальних значень на варіанті з нормою $N_{48}P_{48}K_{48}+ N_{30}$. Відбувалося підвищення вмісту обох видів хлорофілу: на 0,18 мг/г – хлорофілу а, та на 0,31 мг/г хлорофілу б.

Норми висіву насіння також впливали на вміст фотосинтезуючих пігментів. Найвищий вміст хлорофілів відзначено в варіанті з нормою висіву 2,0 млн/га: 1,20 мг/г – на 0,15 вище за контроль (хлорофіл а) та 0,89 мг/г, що на 0,13 більше за контроль (хлорофіл b).

Таблиця 3.9.

Вміст хлорофілу* в листках рослин кіноа залежно від норми висіву та добрив, мг/г (2021-20123 рр.)

Фактори					Середнє для фактору А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (к)	1,2	1,6	2,0		
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (к)	0,95/0,54	0,98/0,57	1,05/0,63.	1,11/0,78	1,02/0,63	
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1,02/0,78	1,10/0,75	1,14/0,79	1,15/0,81	1,10/0,78	0,08/0,15
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	1,10/0,81	1,13/0,88	1,16/0,90	1,20/0,96	1,15/0,89	0,13/0,26
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	1,12/0,91	1,15/0,89	1,18/0,97	1,34/1,00	1,20/0,94	0,18/0,31
Середнє для фактору В	1,05/0,76	1,09/0,77	1,13/0,82	1,20/0,89	НІР _{0,05} – 0,03	
± до контролю (В)		0,04/0,01	0,7/0,06	0,15/0,13		

* *числівник – хлорофіл "а" мг/г, знаменник – хлорофіл "b" мг/г*

Зростання концентрації хлорофілу b було більш значимим по фактору А, - норми добрив (на 0,31 мг/г проти 0,13 мг/г по фактору В, - норми висіву).

Встановлено, що внесення, зокрема, азотних добрив активує фермент, пов'язаний з утворенням хлорофілу, що призводить до підвищення концентрації цього пігменту.[195] Хлорофіли беруть участь у процесах

біосинтезу, що відбуваються в зелених частинах рослини. Разом з каротиноїдами вони відповідають за поглинання світлової енергії та її трансформації в хімічну форму, яка використовується в процесі синтезу органічних сполук. Численні дослідження показують, що вміст хлорофілу в рослинах різко зростає після підживлення макроелементами.

3.3.2. Середня маса рослин та фітомаса посіву кіноа

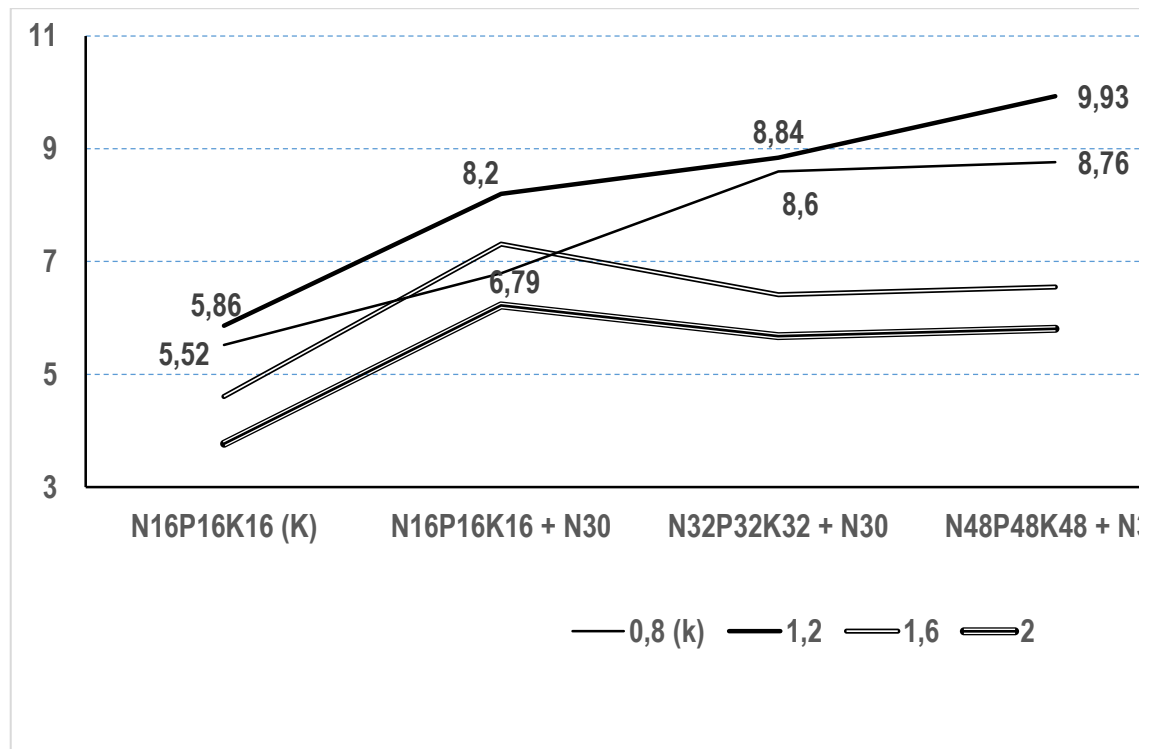
Розвиток рослин – це тривалий та динамічний процес послідовної зміни окремих етапів органогенезу в часові. Утворення органів вегетативної сфери рослин – коренів, стебла, листків, а також їх активна діяльність в надходженні до рослини елементів мінерального живлення та органічних речовин створюють передумови для формування репродуктивних органів. Існує пряма залежність між врожайністю насіння та загальною фітомасою рослин. Досягнення високої продуктивності рослин, формування врожаю насіння можливе тільки на основі потужного розвитку, насамперед таких вегетативних органів, як листки, стебла та корені.

Характерною особливістю переважної більшості видів родини *Chenopodiaceae* є здатність до інтенсивного росту, галуження головного стебла рослин у ценозах із низьким рівнем конкуренції.

Кіноа може формувати свій габітус за рахунок розвитку численних бічних пагонів і, таким чином, змінювати структуру крони та використовувати простір міжрядь для створення додаткового врожаю [214]. Проте сорти кіноа відрізняються своєю здатністю до галуження. Spehar & Santos [248] також повідомили, що низька щільність популяції культури в виробничих умовах призводить до збільшення галуження рослин та підвищення врожайності.

У наших дослідах певним відображенням динаміки зміни висоти рослин була зміна середніх показників їх фітомаси. Статистично суттєва зміна цього показника у бік збільшення була відмічена на всіх варіантах із проведенням підживлення, а в бік зменшення - на варіантах із використанням норми висіву 1.6 та 2.0 млн/га (рис. 3.2).

Середня маса рослин, г/рослину



Надземна фітомаса посіву, т/га

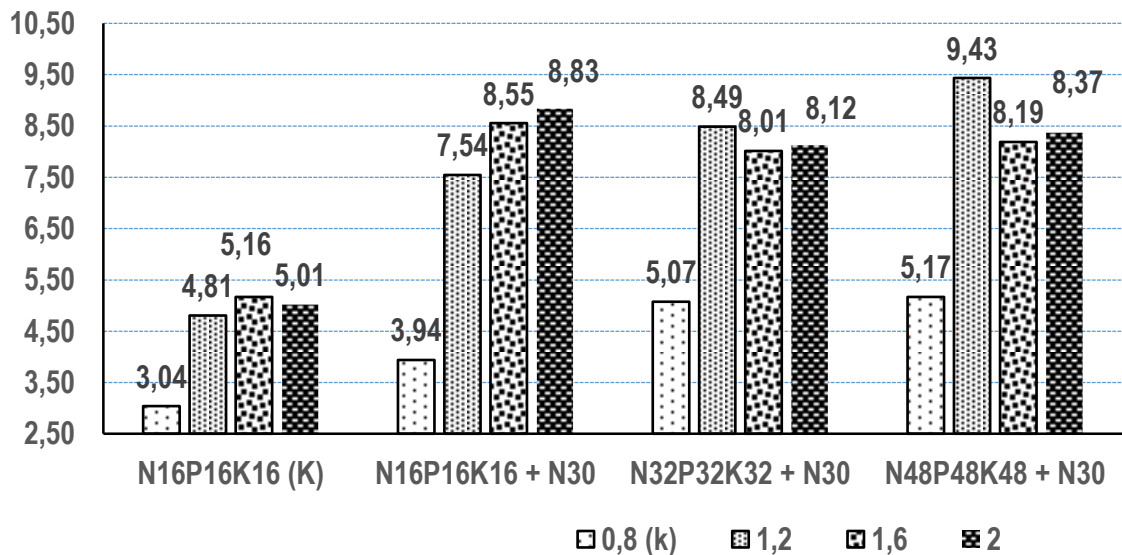


Рис. 3.2 Динаміка показників середньої маси рослин кіноа та надземної фітомаси посіву (нижній графік) залежно від норми добрив та норми висіву насіння, (2021-2023 рр).

Середнє (за дослідом із застосування добрив) значення фітомаси рослин варіювало від 4,94 г (варіант з нормою добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$) до 7,76 г (варіант з нормою добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$). З підвищенням норми добрив фіксували зростання значення показника маси рослин на 2,19-2,82 г.

Діапазон значень фітомаси рослин змінювався від 7,53г на ділянках із нормою висіву 0,8 млн/га до 5,41г у варіанті з нормою 2,0 млн/га. Різниця значень цього показника на ділянках із нормою висіву 0,8 та 1,2 млн /га була незначною. Суттєве зниження фітомаси відзначено на ділянках із густотою 1,6 та 2,0 млн/га, відхилення від варіанту з мінімальною нормою висіву (контроль) складало: -1,27 та -2,12 г відповідно.

Процес формування посіву сільськогосподарської культури передбачає низку селекційних та технологічних кроків, спрямованих на підвищення ефективності формування органічної маси на одиниці площі та збільшення частки господарського урожаю.

На рис. 3.2 представлено графік зміни показників середньої маси рослин та надземної фітомаси посіву (НФП) залежно від норми мінеральних добрив та норми висіву насіння. Важливість останнього показника (НФП) визначається комплексним характером впливу рівня конкуренції та мінерального живлення на вегетативні та генеративні параметри рослин у посівах кіноа.

Аналіз отриманих даних доводить, що найвищий рівень зростання НФП кіноа спостерігався за рахунок використання позакореневого підживлення азотом. Так, на варіанті з внесенням $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$ середній показник маси посіву зріс із 4,74 до 7,27 т/га або на 53,4 %. Наступне покрокове збільшення основної дози добрив супроводжувалося зростанням показника лише на 7,5 та 5,2% відносно попереднього варіанту.

У розрізі фактору В суттєве зростання показника маси посіву було відмічено лише на варіанті з нормою 1,2 млн/га. Збільшення норми висіву до 1,6 та 2,0 млн/га та відповідне зростання кінцевої густоти посіву не супроводжувалося відповідним зростанням кількості надземної фітомаси. У варіантах із нормами добрив $N_{32}P_{32}K_{32}+N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48}+N_{30}$ спостерігалось навіть деяке зниження значень. Така динаміка вказує на стабілізацію рівнів накопичення біомаси і відзначалася на ділянках, сформованих з нормою висіву $\leq 1,2$ млн/га та внесенням добрив $N_{32}P_{32}K_{32}+N_{30}$ і вище.

Виходячи з завланы цього етапу досліджень, тобто визначення умов (рівня внутрішньовидової конкуренції), які забезпечують максимальний рівень накопичення НФП було встановлено, що:

- найвищі темпи зростання показника середньої маси рослин із 5,86 до 9.93 г рослину за рахунок збільшення норм добрив мали місце на ділянках із нормою висіву 1,2 млн/га;
- зниження середнього показника фітомаси рослин на ділянках із нормою висіву $\leq 1,2$ млн/га та нормах добрив $N_{32}P_{32}K_{32}+N_{30}$ і більше відбувалося за рахунок недостатнього рівня тіншовитривалості нижніх ярусів листків та ранніх строках їх відмирання.
- стабілізація показників надземної фітомаси посіву на рівні 8,0-9,5 т /га відбувається за умов використання норм висіву більше 1,2 млн/га та внесенням добрив більше $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$

Висновки до розділу 3.

1. За результатами дослідів встановлено, що основним фактором впливу на польову схожість були погодні умови року: найбільш оптимальні для проростання насіння склалися в травні 2021 року. Найвищий рівень польової схожості в досліді зафіксовано на варіанті з нормою висіву 2,0 млн. шт/га - 89,83%. Відмічена тенденція до підвищення рівня польової схожості зі збільшенням норми висіву насіння. Загалом за роки досліджень діапазон значень польової схожості склав від 79 до 89% із середнім значенням 85,4%
2. Зрідженість сходів залежала як від умов року, так і від норм висіву. Найвищу зрідженість спостерігали в 2021 році – 19,27%, найнижчу в 2023 – 11,34%. Максимальні значення цього показника були в варіанті з нормою висіву 2.0 млн/га – 18,98%, мінімальні на варіантах 1,2-1,6 млн/га (10,68-12,78% відповідно). Високий рівень зрідження спостерігався на ділянках із мінімальною та максимальною нормою висіву насіння. Результати

дисперсійного аналізу вказують, що кінцева густина посів на 95% визначалася нормою висів і лише на 1,8% - нормою добрив.

3. Оцінювання частки генеративних рослин від загальної кількості висіяного насіння показало зростання показника з підвищенням норми добрив: від 68,4% (норма $N_{16}P_{16}K_{16}$) до 75,9%. (варіант - $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$). Щодо норм висіву насіння, то частка генеративних рослин варіювала від 70,2 до 75,9% залежно від варіанту. Найбільша частка генеративних рослин була при нормі висіву 1,2-1,6 і зменшувалася з підвищенням норми висіву насіння.
4. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду залежала від впливу удобрення: збільшення норми добрив супроводжувалося зростанням цього показника до 5-х днів. Найбільш суттєвим було продовження вегетації на варіантах із азотним підживленням. Збільшення норми висіву в наших дослідках, навпаки, мало зворотній ефект на тривалість вегетаційного періоду: різниця між варіантами з найменшою та найбільшою нормами висіву становила 4 дні.
5. Основним фактором, що зумовлював зміну висоти рослин в посіві, була як кількість, так і спосіб внесення мінеральних добрив. Найбільший приріст значення (+ 18,1 см) відмітили на варіанті з підживленням аміачною селітрою, тоді як збільшення дози основного добрива забезпечувало менш помітний ефект. Найвищими були рослини на варіанті з нормою висіву 0,8-1,2 млн.шт./га (при внесенні дози добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$).
6. Встановлено, що зі збільшенням норми добрив відбувалося статистично суттєве зростання площі листків: від 3,57 см² (варіант $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$) до 77,43 9 (варіант $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$). Зростання значень площі листків фіксували зі зростанням щільності посіву: від 34,95 (0,8 млн/га) до 98,05 см² (2,0 млн/га). Максимальна листкова поверхні була сформована рослинами кіноа в варіанті з нормою висіву 2,0 млн/га та нормою добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$, (309,93 см²). В наших дослідках на формування листкової поверхні рослинами кіноа більше впливали мінеральні добрива, ніж норми висіву.

7. Вміст пігментів в листках рослин кіноа значно зростав із збільшенням рівня мінерального удобрення і досягав максимальних значень на варіанті з нормою $N_{48}P_{48}K_{48}+ N_{30}$. Відбувалося підвищення вмісту обох видів хлорофілу: на 0,18 мг/г – хлорофілу а, та на 0,31 мг/г хлорофілу б. Норми висіву насіння також впливали на вміст фотосинтезуючих пігментів. Найвищий вміст хлорофілів відзначено в варіанті з нормою висіву 2,0 млн/га: 1,20 мг/г – на 0,15 вище за контроль (хлорофіл а) та 0,89 мг/г, що на 0,13 більше за контроль (хлорофіл б). Зростання концентрації хлорофілу б було більш значним по фактору А, норми добрив (на 0,31 мг/г проти 0,13 мг/г по фактору В, норми висіву).
6. Діапазон значень маси рослин змінювався від 7,53г на ділянках із нормою висіву 0,8 млн насінин/га до 5,41г у варіанті з нормою 2,0 млн /га. Різниця показників фітомаси рослин на ділянках із нормою висіву 0,8 та 1,2 млн/га була незначною. Суттєве зниження показника (порівняно з варіантом з мінімальною нормою висіву) відзначено на ділянках із густотою 1,6 та 2,0 млн/га. Норми добрив були потужним фактором, що визначав формування вегетативної маси рослин кіноа. Фіксували пропорційну залежність зростання маси рослин зі збільшенням норми добрив.

РОЗДІЛ 4.

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕРАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КІНОА

4.1. Урожайність посівів кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння

Основним показником рівня селекційного та технологічного забезпечення сільськогосподарських культур є врожайність. Урожайність - це маса основного господарського урожаю фактично зібраного з одиниці площі (у перерахунку на стандартизовані показники вологості та чистоти). Фактична урожайність, як правило, тісно корелює з продуктивністю рослин та кінцевою густотою посіву. Два останні параметри використовують для визначення розрахункової або «біологічної» врожайності.

Факторами, що визначають різницю між показниками розрахункової та фактичної врожайності є рівень дисперсії продуктивності рослин та кінцевої густоти, рівень технологічних втрат під час механізованого збирання та ті втрати, що виникають в процесі післязбиральної доробки урожаю. Показники, які характеризують процес збирання урожаю (втрати при збиранні та втрати при первинній доробці урожаю) у розрізі окремих культур можуть виражатися через індекс (коефіцієнт) придатності урожаю до збирання.

Дані щодо урожайності посівів кіноа залежно від норми висіву та норми мінеральних добрив наведено у таблиці 4.1 та додатках Б1, В1. Середня врожайність для дослідів склала 2,09 т/га, змінюючись від 1,98 у 2023 до 2,24 т/га у 2022 році. Мінімальне значення показника в досліді - 0,82 т/га - було відмічено у 2023 році на ділянках із мінімальною нормою висіву та мінімальною нормою добрив. У цей же рік було відмічено найвищий показник урожайності, а саме: 2,92 т/га на ділянках із нормою висіву 1,2 млн/га та внесенням $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$. Таким чином, діапазон варіювань показника в досліді склав 356%.

Таблиця 4.1

Динаміка урожайності посіву кіноа залежно від умов року, норми добрив та норми висіву насіння

Фактор А норма добрив, д. р. кг/га	Фактор В, норма висіву насіння, млн/га														
	2021					2022					2023				
	0,8	1,2	1,6	2,0	X	0,8	1,2	1,6	2,0	X	0,8	1,2	1,6	2,0	X
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (κ)	0,92	1,09	1,36	1,32	1,17	1,24	1,48	1,51	1,28	1,38	0,82	1,4	1,4	1,29	1,22
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1,37	2,31	2,39	2,24	2,08	1,76	2,37	2,51	2,52	2,29	1,30	2	2,4	2,31	1,99
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,14	2,54	2,64	2,21	2,38	2,28	2,67	2,8	2,58	2,58	1,56	2,5	2,5	2,37	2,25
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,29	2,82	2,69	2,59	2,60	2,44	2,84	2,86	2,62	2,69	1,72	2,9	2,68	2,43	2,44
X	1,68	2,19	2,27	2,09	2,06	1,93	2,34	2,42	2,25	2,24	1,35	2,21	2,24	2,10	1,98
НІР _{0,05} - 0,29															

Методика використання контрольних варіантів ($N_{16}P_{16}K_{16}$ для варіанту А та 0,8 млн./га для варіанту В), реалізована в досліді, надала можливість достовірного оцінювання параметрів, які забезпечують найбільший рівень прибавки урожаю. Аналіз показника врожайності в розрізі фактора А вказує на збільшення середнього значення та розміру прибавки врожаю пропорційно збільшенню загальної норми мінеральних добрив.

Середня врожайність за три роки на варіантах контролю, $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ склала відповідно 1,26; 2,12; 2,41 та 2,58 т/га. У абсолютних значеннях розмір прибавки (до контролю) був 0,86; 1,15 та 1,32 т/га. (табл. 4.2)

Таблиця 4.2

Середня урожайність кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння, т/га (2021-2023 рр.)

Фактори					Середнє для А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (К)	1,2	1,6	2,0		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (К)	0,99	1,33	1,41	1,3	1,26	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	1,48	2,21	2,43	2,36	2,12	0,86
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	1,99	2,58	2,66	2,39	2,41	1,15
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	2,15	2,86	2,74	2,55	2,58	1,32
Середнє для В	1,65	2,25	2,31	2,15	НІР _{0.05} – 0,29	
± до контролю (В)		0,6	0,66	0,5		

Разом із тим покроковий аналіз результатів вказує, що найбільший ефект від збільшення норми добрив спостерігався за рахунок проведення азотного підживлення N_{30} . Так, у другому варіанті (прибавка + 0,86 т/га або + 100%) зміна показника врожайності забезпечувалася саме цим заходом. У

варіантах $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ частка прибавки від підживлення у зміні показника урожайності поступово зменшувалася до 74,7 та 65,1% . Варто зазначити, що найвищий рівень прибавки від проведення підживлення (різниця між варіантом контролю та варіантом $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$) спостерігався в більш сприятливі роки. Так, у 2022 році підживлення забезпечило зростання врожайності з 1.38 до 2.29 т/га або +0,91 т/га. Зі збільшенням норми основного добрива на варіантах $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ часта прибавки (у зміні показника урожайності), яка забезпечувалася саме підживленням склала 75,8 та 69,4%. Зі збільшенням норми висіву вплив підживлення на врожайність зростав. Так, при внесенні максимальної кількості добрив частка прибавки врожаю, отримана за рахунок підживлення була: 42,2 % у варіанті з нормою 0,8 млн/га, 57,5; 76,7 та 84,8% у варіантах із нормою висіву 1,2; 1,6 та 2,0 млн/га відповідно.

Таким чином, отримані дані вказують, що фактичний рівень урожайності посіву кіноа в зоні досліджень значною мірою визначався ефектом, отриманим від проведення підживлення на початку фази галуження стебла.

При оцінюванні результатів дослідження визначальним є вибір варіантів, які забезпечують найвищі (та статистично достовірні) показники врожайності. Використовуючи загальний показник $HP_{0,05}$ було встановлено, що статистично близькими (в межах $\pm 0,11$) є показники врожайності в діапазоні від 2,86 (найвищий показник) до 2,75 т/га. Тобто, статистично найвищий рівень врожайності забезпечував варіант із внесенням добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ та нормою висіву насіння 1,2 млн/га.

Важливою характеристикою отриманих середніх значень є загальний рівень їх варіювання. Збільшення норми добрив (фактор А) забезпечувало стабілізуючий ефект, який проявлявся в зростанні середнього показника врожайності та зменшенні рівня його варіювання під впливом погодних факторів та зміні норм висіву насіння. Так, значення коефіцієнта варіації зменшувалося з 18,4 до 11,6%. Процес збільшення середнього значення

показника супроводжувався зростанням частки ділянок, які мали нижчі за середні для дослідів показники врожайності (збільшення коефіцієнта асиметрії із -1,05 до - 1.73) (табл.4.3).

У розрізі варіанту В – «норма висіву насіння», стабілізуючий ефект забезпечувався збільшенням норми висіву. Найвищий рівень урожайності було відмічено на ділянках з нормою висіву 1,6 млн/га.

Таблиця 4.3

Характеристика показника урожайності (2021-2023 рр.)

Варіант	X	Мін	Мах	АС	K var, %
Фактор А, норма добрив д. р. кг/га					
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (к)	1,26	0,82	1,51	-1,05	15,40
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	2,12	1,30	2,52	-1,21	18,10
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,41	1,56	2,80	-1,60	12,50
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,58	1,72	2,92	-1,73	11,60
Фактор В, норма висіву насіння млн./га					
0,8 (к)	1,65	0,82	2,44	-0,01	30,10
1,2	2,25	1,09	2,92	-0,88	24,40
1,6	2,31	1,36	2,86	-1,18	21,60
2,0	2,15	1,28	2,62	-1,17	21,90

Цей же варіант мав мінімальне значення коефіцієнта варіації: 21,6%. Використання більших або менших норм висіву супроводжувалося зменшенням показника середньої урожайності та суттєвим зростанням рівня варіювання залежно від норми мінеральних добрив та погодних умов у роки досліджень.

4.2. Формування продуктивності рослин кіноа

4.2.1. Кількість насіння

Ефективним напрямом добору в селекційній практиці більшості сільськогосподарських культур є ведення добору за ознакою кількості насіння. Успішність напряму визначається його відповідністю природному добору, як на рівні окремих особин, так і на рівні популяції. Збільшення загальної кількості насіння, що утворює рослина, підвищує успішність передачі її генів наступним поколінням, сприяє розширенню популяційного поля та закріпленню адаптивних ознак.

Іншим фактором, що визначає важливість показника кількості насіння є виражена реакція на зміну умов середовища. Наразі одним із основних факторів управління врожайністю посівів основних культур є технологічний контроль показників кількості насіння, що формується на рослині та в перерахунку на одиницю площі.

Дані щодо середніх значень кількості насіння для сорту Квартет та динаміки змін під впливом факторів норми добрив та норми висіву насіння наведено у таблиці 4.4.

Середнє значення показника для дослідів склало 726,4 шт./рослину. На відміну від попереднього параметра (МТН) динаміка кількості насіння визначалася передусім впливом фактора норми мінеральних добрив. Вирішальною складовою був вплив підживлення, при якому внесення аміачної селітри дозою N_{30} збільшувало середній показник кількості насіння з 499,9 до 772,4 шт./рослину або на 54,5%.

Зростання дози основного добрива в наступних варіантах до $N_{32}P_{32}K_{32}$ та $N_{48}P_{48}K_{48}$ супроводжувалося покроковим (порівняно із попереднім варіантом) зростанням лише на 4,5 та 2,3% відповідно.

Таблиця 4.4

Динаміка показника кількості насіння рослин кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння, шт/рослину (2021-2023 рр).

Фактори					Середнє для А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (к)	1,2	1,6	2		
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (к)	567,82	538,85	482,35	410,69	499,93	
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	802,43	792,8	798,82	695,39	772,36	272,43
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	966,44	855,89	738,89	668,53	807,44	307,51
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	979,59	915,05	730,67	678,48	825,95	326,02
Середнє для В	829,07	775,65	687,68	613,27	НІР _{0,05} – 54,6	
± до контролю (В)		-53,42	-141,4	-215,8		

Важливим, з технологічної точки зору, був низький рівень (менше показника НІР) реакції показника на збільшення норми висіву із 0,8 до 1.2 млн/га.

Аналіз попередніх даних вказує, що стабільність середнього показника кількості насіння при нормі висіву 0,8 та 1,2 млн/га забезпечувалася домінуванням у структурі рослини центрального суцвіття.

Крім того, деяке зниження інтенсивності галуження стебла не супроводжувалося зміною розміру та маси суцвіть на пагонах 1 порядку.

4.2.2 Маса 1000 насінин

Виникнення вегетативного розмноження в переважній частині видів квіткових рослин передбачає більш високу ефективність підтримки стабільності популяції саме за рахунок насіннєвого розмноження. У найбільш загальному аспекті генеративний потенціал рослин та популяції може реалізуватися двома відмінними між собою напрямками: формування великої кількості насіння з мінімальним запасом поживних речовин та формування обмеженої кількості насіння зі збільшеним запасом поживних речовин.

Поширеними характеристиками другого напрямку є низка пристосувань, що забезпечують можливість існування популяції в більш широкому спектрі екологічних умов. Це здатність до затримки проростання насіння, можливість насіння проростати з більшої глибини або проростати при знижених температурах. Важливою особливістю також є формування добре розвиненої первинної кореневої системи перед переходом до автотрофного живлення та низка інших пристосувань, що передбачають додаткові енергетичні внески рослин у одиницю насіння. Однак варто зазначити, що крайні типи стратегій розмноження зустрічаються вкрай рідко. У більшості випадків мова йде про переважання (іноді домінування) одного з типів.

Родина Лободові тяжіє до першого з охарактеризованих вище типів стратегії розмноження. Тривалий період доместикації культури супроводжувався, разом з тим, відбором рослин за ознакою виповненості та розміру насіння. В умовах Анд, як і на інших територіях, це підвищувало шанси на формування посіву з визначеними параметрами густоти й дозволило створити різновидності та екотипи кіноа з показниками МТН на рівні 5,5 – 6,0, тоді як у диких видів лободи цей показник не перевищує 0.8-1.0 г.

Дані щодо динаміки показника маси 1000 насінин кіноа сорту Квартет залежно від норми мінеральних добрив та норми висіву насіння наведено у таблиці 4. 5. та додатках Б2 та В2

Таблиця 4.5

Динаміка показника маси 1000 насінин кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння, 2021-2023 рр.

Фактори					Середнє для А	
А - норма добрив, кг д. р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (К)	1,2	1,6	2,0		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (К)	3,17	3,01	2,61	2,38	2,79	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	3,18	3,03	2,6	2,39	2,8	0,01
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	3,49	3,14	2,88	2,5	3	0,21
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3,72	3,29	3	2,61	3,16	0,37
Середнє для В	3,39	3,12	2,77	2,47	НІР _{0,05} – 0,15	
± до контролю (В)		-0,27	-0,62	-0,92		

Середнє значення показника для дослідів склало 2.94 г, змінюючись від 2.84 у 2023 до 3.02 г у 2022 році. Мінімальне значення - 2,21 г - було відмічено у 2023 році на ділянках контролю ($N_{16}P_{16}K_{16}$) із нормою висіву 2,0 млн/га. Максимальне абсолютне значення, яке склало 3,93 г, було зафіксоване в 2022 році на ділянках із внесенням найвищої норми добрив ($N_{48}P_{48}K_{48}+N_{30}$), сформованих із нормою висіву 0,8 млн./га. Таким чином, діапазон мінливості показника маси 1000 насіння в зоні досліджень складає 77,8 %

Аналіз даних у розрізі факторів вказує, що мінливість значення МТН в основному визначалася показниками кінцевої густоти, тобто нормою висіву насіння. Середнє значення показника на ділянках із нормою висіву було 3,39 г, тоді як на ділянках із нормою 2,0 млн./га лише 2,47 г. Вплив фактора норми добрив був менш суттєвим. Значення показника на крайніх варіантах (контролю та $N_{48}P_{48}K_{48}+N_{30}$) склали 2,79 та 3,15 г відповідно.

Цікавим, з нашої точки зору, була покрокова динаміка зміни показника МТН при збільшенні норми добрив. Аналіз показав, що на відміну від інших параметрів (площа листкової поверхні та маса рослин) вплив фактора підживлення був мінімальним. Статистично суттєве збільшення значень МТН (порівняно до ділянок контролю) спостерігалось лише на варіантах із нормами добрив $N_{32}P_{32}K_{32}+N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48}+N_{30}$, тобто за рахунок використання елементів живлення, внесених у основне добриво.

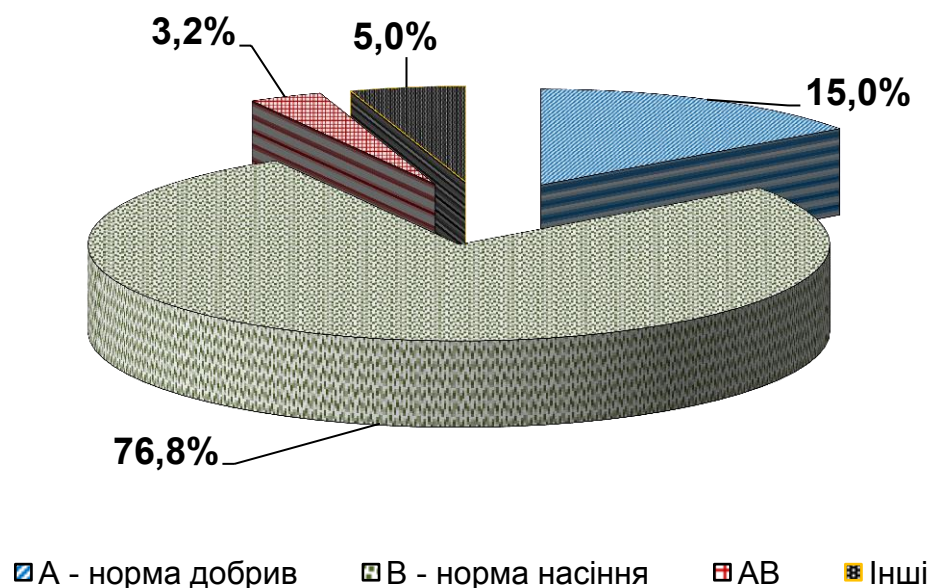


Рис. 4.1. Вплив факторів норми добрив та норми висіву насіння на динаміку значень показника маси 1000 насінин, % (2021-2023 рр.)

Результати двофакторного аналізу вказують, що частка впливу фактора норми висіву насіння склали 76,8%, тоді як частка впливу фактора добрив та їх спільна дія склали 15,0 та 3,2% відповідно.

4.2.3. Продуктивність рослин кіноа

Однією із основних характеристик сільськогосподарських культур є здатність рослин зберігати високий рівень насінневої продуктивності в умовах одно-видових ценозів. У технологічному аспекті ця вимога може реалізуватися шляхом формування посівів із високим рівнем рівномірності розміщення за рахунок використання сівалок точного висіву. Найчастіше цей напрям реалізується для високорослих видів, здатних формувати обмежену кількість суцвіть, наприклад, посівів соняшнику та кукурудзи. Фактична врожайність таких ценозів тісно корелює з кількістю рослин. Інший напрям передбачає певну автономність посіву, оскільки використовується для культур, здатних формувати додаткові суцвіття за рахунок галуження стебла або кущіння. У цьому випадку фактична врожайність посіву визначається не кількістю рослин, а кількістю продуктивних пагонів на одиниці площі.

Високий рівень екологічної пластичності та суттєві відмінності в фенотипі рослин кіноа обумовлюють можливість різних типів формування посівів. У країнах Південної Америки кіноа вирощується, переважно, як просапна культура з низькими показниками кінцевої (передзбиральної) густоти посіву. Селекційне забезпечення цього напрямку відбувається за рахунок створення сортів з високим рівнем індивідуальної продуктивності рослин. Наразі це переважно середньо- та пізньостиглі форми з високим рівнем галуження стебла. Частка насіння, що формується на центральному стеблі не перевищує 10-12%. Рівень реалізації насінневого потенціалу окремих рослин у таких посівах наближається до 90-95%.

Поширення культури кіноа в країнах Північної Америки та Європи відбувається переважно за рахунок сортів, орієнтованих на суцільні посіви або посіви з міжряддям 25-35 см. Такі технології забезпечують можливість механізованого догляду та збирання. Вирівняність та одночасність дозрівання посіву передбачає обмежений рівень галуження стебла. Основна частина врожаю (65-75%) формується на центральному стеблі. Рівень

реалізації індивідуальної насінневої продуктивності рослин у таких посівах не перевищує 10-15%. Дані щодо продуктивності рослин кіноа сорту Квартет залежно від норми добрив та норми висіву насіння наведено у таблиці 4.6.

Середній показник продуктивності рослин для дослідів склав 2.17 г. Річні коливання його значень були несуттєвими і знаходилися в межах 2,07 – 2,27 г/рослину. У досліді чітко простежувалися відмінності в напрямі реакції показника на збільшення значень факторів. Покрокове підвищення норми добрив (відповідно до схеми дослідів) супроводжувалося збільшенням показників продуктивності рослин із 1,41 до 2,17; 2,46 та 2,65 г/рослину відповідно. Різниця між крайніми значеннями (у бік зростання) склала 89,9%. Покрокове підвищення норми висіву насіння ($n + 0,4$ млн/га), навпаки, супроводжувалося зменшенням показника із 2,84 на контролі до 2,43; 1,91 та 1,52 г/рослину на ділянках із нормою висіву 1,2; 1,6 та 2.0 млн./га.

Таблиця 4.6

Динаміка показника продуктивності рослин кіноа залежно від норм добрив та норм висіву насіння, г (2021-2023 рр.)

Фактори					Середнє для А	
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн./га				Х	± до контролю (А)
	0,8 (к)	1,2	1,6	2,0		
$N_{16}P_{16}K_{16}$ (к)	1,8	1,62	1,26	0,98	1,41	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	2,55	2,4	2,08	1,66	2,17	0,76
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	3,37	2,69	2,13	1,67	2,46	1,05
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3,64	3,01	2,19	1,77	2,65	1,24
Середнє для В	2,84	2,43	1,91	1,52	2,17	
± до контролю (В)		-0,41	-0,93	-1,32		
$HP_{0,05} = 0,27$						

Загалом, частка впливу фактора норми внесення мінеральних добрив (А) на зміну показника продуктивності рослин склала 42,0%, фактора В – 46,6%, рис. 4.2. Досить значною, біля 10%, також була частка впливу умов вегетації років досліджень.

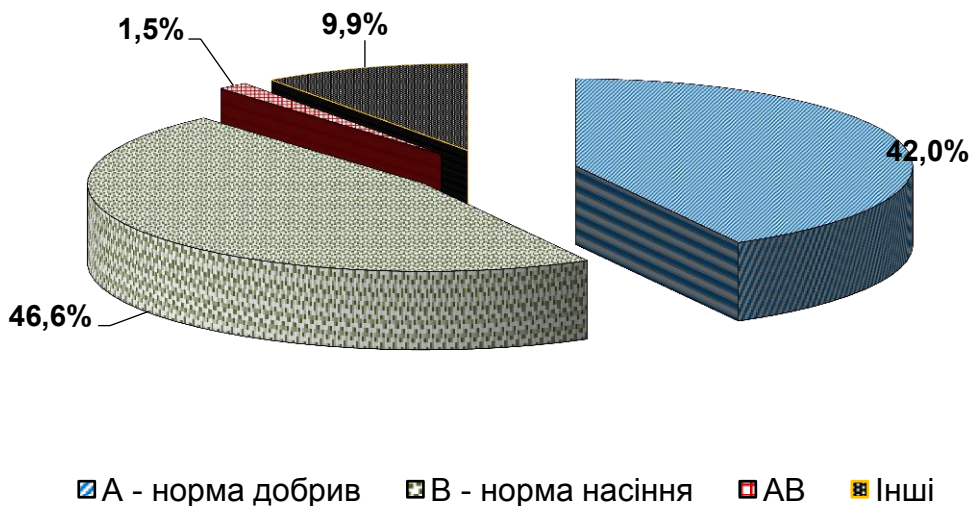


Рис. 4.2 Вплив факторів норми добрив та норми висіву насіння на динаміку значень показника маси 1000 насінин, % (2021-2023 рр.)

Важливим для розуміння процесів формування продуктивності рослин та врожайності посівів кіноа є оцінювання ролі та динаміки зміни показників маси 1000 насінин (МТН) та його кількості в значеннях продуктивності рослин.

На графіку (рис. 4.3) представлено проекцію показника продуктивності рослин залежно від кількості насіння та МТН. Аналіз графіка демонструє, що малопродуктивні рослини (менше 1,0 г) мали близькі до мінімальних для дослідження значення показника МТН та невисокі, або близькі до середніх показники кількості насіння. Разом із тим, розвинені високопродуктивні рослини (3,6 і більше г) мали вищі за середні значення показників МТН та кількості насіння.

Виявлені відмінності вказують на вищий рівень генетичного контролю саме показника кількості насіння. Близькі до максимальних у досліді значення показників кількості та маси 1000 насінин високопродуктивних рослин свідчать про наявність додаткових факторів, що сприяли одночасній реалізації 2-х різноспрямованих ознак. Аналіз підтверджує, що такими факторами є низький рівень внутрішньовидової конкуренції та високі норми мінеральних добрив, що мало місце на ділянках із внесенням $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$, сформованих із нормою висіву 0,8 млн/га.

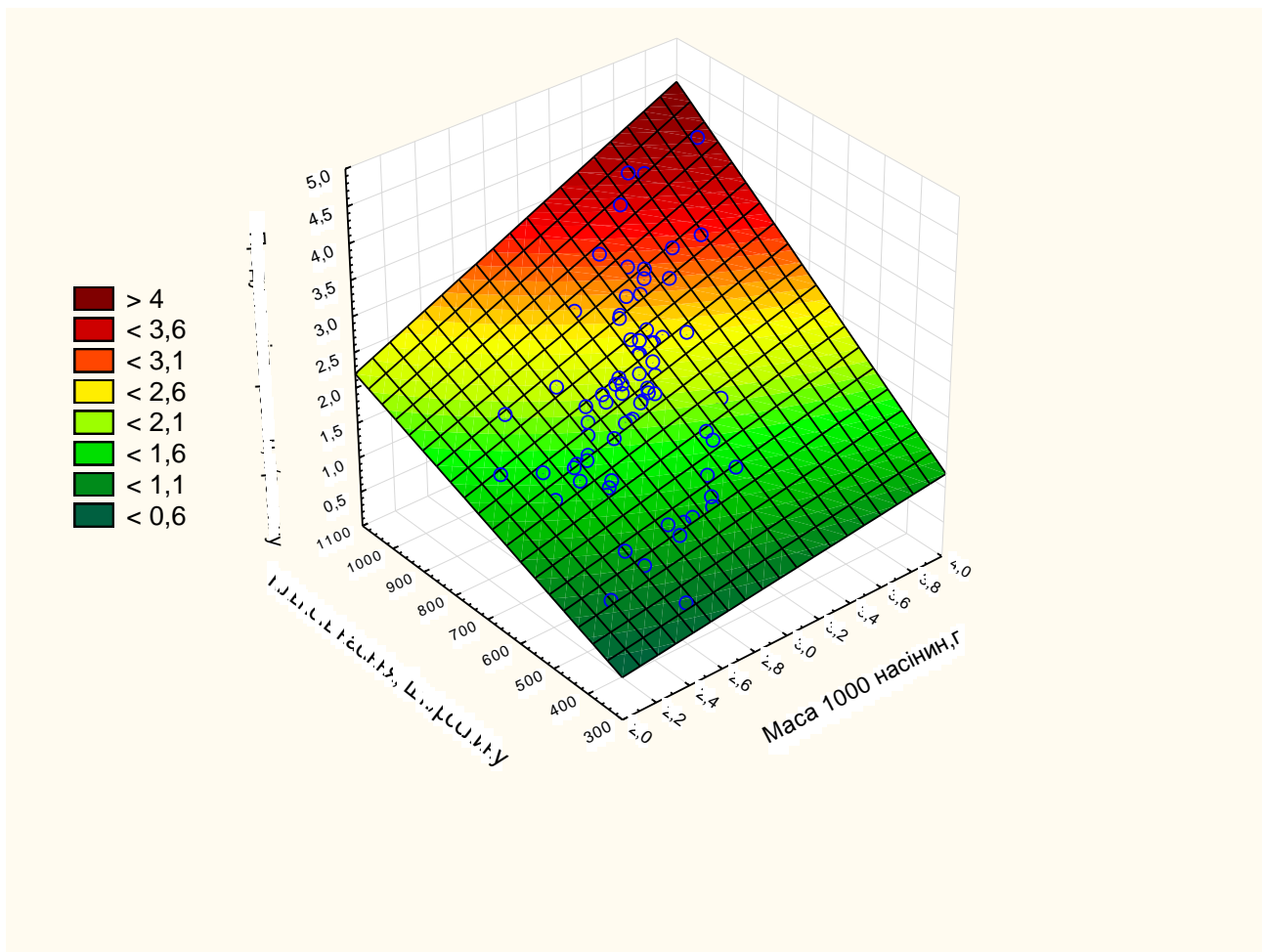


Рис. 4.3. Проекція значень показника продуктивності рослин (г), залежно від кількості насіння та маси 1000 насінин (2021-2023 рр.)

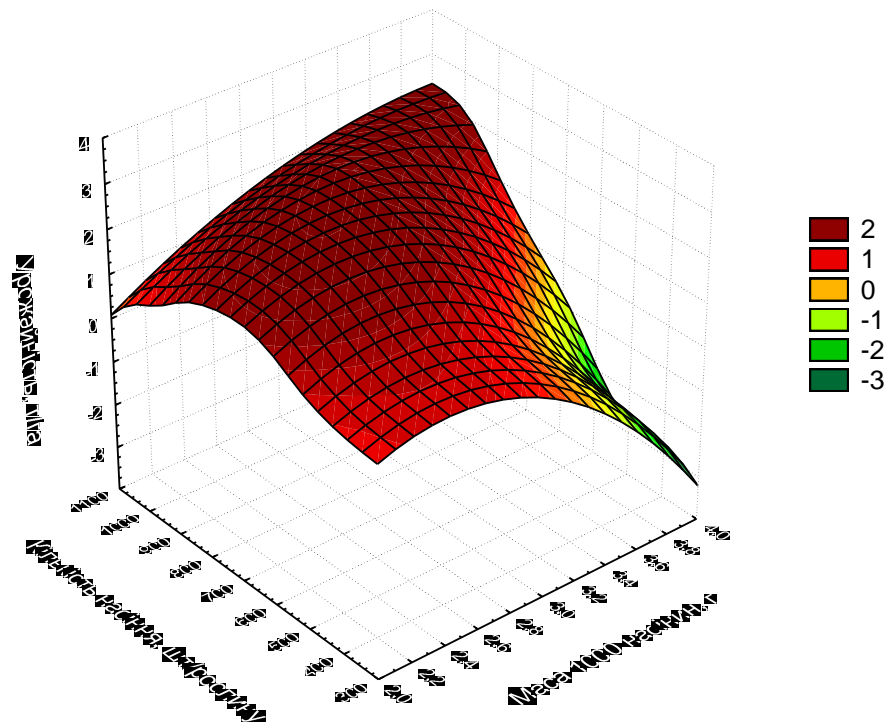


Рис.4.4. Проекція значень показника врожайності посіву (т/га), залежно від кількості насіння та маси 1000 насінин (2021-2023 рр.)

Більш складним для коментування є проекція показника врожайності посіву, рис. 4.4. Існуюча наявність в межах окремих рослин (ділянок) високих показників МТН (за умови менших за середні значення показників кількості насіння) супроводжується зниженням урожайності посіву. Однак у протилежному випадку, тобто за великої кількості мало виповненого насіння, рівень урожайності може залишається на середньому рівні показників. Така залежність вказує на знижений рівень діапазону мінливості показника МТН та знижену ефективність технологічної регуляції цього параметра.

4.3. Популяційні параметри врожайності

4.3.1. Реалізація генеративного потенціалу рослин у посівах

Наразі в практиці аграрного виробництва відсутнє чітке визначення показників оптимальної густоти посіву. В найбільш загальному, базовому, визначенні вважається, що рівень густоти має бути достатнім для нівелювання генетичної та екологічної (на рівні мікрорельєфу поля) нерівномірності посіву. Додатковою умовою є здатність рослин ефективно засвоювати резерви середовища, що виникають внаслідок нерівномірності їх розміщення (смертність сходів, пошкодження шкідниками тощо). Відповідно до цього фактичні значення показника оптимальної кінцевої густоти посіву (одного сорту) можуть змінюватися залежно від умов року та умов вегетації.

Для характеристики сорту та зазначених умов, фактичні показники рослин порівнюють із контрольними. Як контрольні використовують значення, відмічені за умов відсутності або мінімального рівня внутрішньовидової конкуренції.

Відповідно до характеристик, наведених у заявці №21661001 від 25.01.2021 р. на сорт кіноа Квартет стабілізація показників продуктивності рослин (за умов їх рівномірного розміщення) спостерігається при площі живлення однієї рослини більше 0,24 м². За умов мінімального рівня внутрішньовидової конкуренції середнє значення показника продуктивності рослин кіноа сорту Квартет склало 18,7 г. Щодо інших показників, то вони були такими: загальна маса рослини – 92,12 г; кількість насіння - 4882 шт /рослину; МТН – 3,83 г; часта насіння з масою більше 3,5 г – 42,4%; коефіцієнт урожайності - 20,3%. У розрахунку на одиницю площі такі посіви формували 3,76 т/га надземної фітомаси, з урожайністю 0,76 т/га. Кількість насіння, що утворювалася на одиниці площі склала – 20,1 тис. шт. /м².

У таблиці 4.7 наведено дані стосовно фактичного рівня реалізації генетичного потенціалу рослин за показниками насінневого розмноження в посівах з різними нормами мінеральних добрив та нормами висіву насіння.

Таблиця 4.7

Фактичний рівень реалізації біологічного потенціалу рослин у посівах кіноа залежно від норм добрив і норм висіву насіння, % (2021-2023 рр)

Фактори					Середнє для А
А - норма добрив, кг д.р./га	В - норма висіву насіння, млн/га				
	0,8 (к)	1,2	1,6	2,0	
Продуктивність рослин					
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (к)	9,63	8,66	6,74	5,24	7,57
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	13,64	12,83	11,12	8,88	11,62
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	18,02	14,39	11,39	8,93	13,18
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	19,47	16,10	11,71	9,47	14,19
Середнє для В	15,19	13,00	10,24	8,13	11,64
Кількість насіння					
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	11,63	11,04	9,88	8,41	10,24
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	16,44	16,24	16,36	14,24	15,82
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	19,80	17,53	15,13	13,69	16,54
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	20,07	18,74	14,97	13,90	16,92
Середнє для В	16,99	15,89	14,09	12,56	14,88
Маса 1000 насінин					
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	82,77	78,59	68,15	62,14	72,91
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	83,03	79,11	67,89	62,40	73,11
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	91,12	81,98	75,20	65,27	78,39
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	97,13	85,90	78,33	68,15	82,38
Середнє для В	88,51	81,40	72,39	64,49	76,70

Аналіз таблиці показує селекційну та технологічну незбалансованість сучасної культури кіноа. Про це свідчить виражена різниця в реалізації генеративного потенціалу рослин за окремими показниками та їх реакції на збільшення норм добрив при різній нормі висіву насіння.

Так, середній для дослідів рівень реалізації генеративного потенціалу рослин за показником кількості насіння склав лише 14,9%, що є вкрай низьким, оскільки вважається, що при значеннях менше 10% частка рослин із нульовими показниками (які внаслідок пригнічення не сформували генеративні органи, або відбувся процес їх абортації) може складати до третини посіву.

Загалом для дослідів фактичний діапазон значень змінювався від 8,4% на ділянках із мінімальною нормою добрив та нормою висіву 2.0 млн/га до 20,1% на ділянках із найвищою нормою добрив, сформованих із нормою висіву 0,8 млн/га. Низький рівень реалізації потенціалу при використанні норми висіву 1,6 та 2,0 млн/га та відсутність виразної реакції на підвищення норм добрив вказують на наявність лімітуючого фактора, що блокує процеси саморегуляції посіву.

Подібна динаміка, але на суттєво вищому рівні значень, спостерігалася для показника МТН. Як і у першому випадку, мінімальне (62,14) та максимальне значення (97,13%) було відмічено на крайніх варіантах за показниками норми добрив та норми висіву насіння. Середнє значення показника для дослідів склало 76,7%, що не передбачає суттєвого підвищення МТН як реакції на додатковий життєвий простір.

Комплексний аналіз отриманих даних вказує на тяжіння сучасної культури кіноа (сортів Квартет) до зріджених посівів. Разом з тим це свідчить про відсутність ефективних механізмів регуляції генеративних функцій рослин у посівах, сформованих із нормою висіву 1,6 млн./га і вище. Причинами такого стану є більш раннє блокування процесів галушення стебла в загущених посівах та тісний зв'язок генеративних параметрів центрального суцвіття з процесами гілкування.

Близький до максимального рівень реалізації генеративного потенціалу за показником МТН вказує на необхідність розширення генетичного базису культури за цією ознакою.

4.3.2. Показники фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності

Основою алгоритму формування урожайності посівів сільськогосподарських культур є створення оптимальних умов для накопичення продуктів фотосинтезу (надземної фітомаси посіву) з умовою перетворення їх основної кількості в господарський урожай. Як перший, так і другий показник можуть суттєво змінюватися залежно від природи культури, сорту та конкретних умов вирощування. Для характеристики сортів та оцінювання умов вегетації в розрахунках використовують показник кількості повітряно-сухої надземної маси рослин на час збирання урожаю. За своїм значенням він є аналогічним терміну «біологічна урожайність», який використовується у кормовиробництві та біологічних дослідженнях для характеристики природних кормових ценозів.

Другий показник, а саме «коефіцієнт урожайності» вказує на процентну частку господарського урожаю в загальній масі рослин. У зв'язку зі складністю одночасного забезпечення однакового рівня вологості насіння та вегетативної маси значення показника визначають розрахунково, виходячи зі значень продуктивності рослин та їх загальної маси при 7-8 % вологості.

Інформативність використання саме цих показників при оцінюванні окремих варіантів та впливу факторів визначається вторинністю генеративних функцій рослин. Процеси утворення суцвіть, цвітіння та формування плодів відбуваються за фактом реалізації рослинами генетичної програми вегетативного розвитку. У загущених посівах або інших несприятливих умовах значна частина рослин (іноді до 30%) переходять у сенільні (квазісенільні) фази розвитку, минаючи генеративний період. Подібна стратегія може реалізуватися також на рівні окремих особин за рахунок абортивності квіток, зав'язей або молодих плодів, розвиток яких не

може бути забезпечений відповідною кількістю продуктів фотосинтезу та мінерального живлення. Процеси коригування розвитку генеративних органів рослин, відповідно до фактичного стану реалізації їх вегетативної програми відбуваються поетапно.

Для визначення базового алгоритму формування врожайності посіву залежно від кількості надземної маси рослин та значень коефіцієнта врожайності було розраховано регресійну модель, яка мала вигляд:

$$Y = - 1.73 + 0.05 * K_y + 0.31 * W_f, \text{ де}$$

Y – урожайність посіву (т/га);

K_y – коефіцієнт урожайності (%);

W_f – маса посіву, т/га.

Розрахована модель має високе значення коефіцієнта детермінації $R^2=0.99$, рівень достовірності кожного із параметрів склав $p=0.000$. Структура рівняння, невисоке та від'ємне значення вільного члена вказують на наявність «нульового» рівня формування урожаю. При сумарному перевищенні значень вільного члена зростання врожайності відбувається пропорційно збільшенню незалежних членів рівняння.

Різниця в діапазонах варіювання зумовила суттєву нерівнозначність змін у значеннях показників маси посіву, коефіцієнта врожайності та фактичної врожайності. Значення коефіцієнта кореляції між зміною показників врожайності та маси посіву та коефіцієнта врожайності склали $r=0.91$ та $r=-0.12$ відповідно. Таке співвідношення показників вказує, що фактично в умовах дослід, ділянки з найбільшою кількістю сформованої надземної фітомаси забезпечували вищий урожай навіть за умови зменшення показників коефіцієнта врожайності.

Більш інформативним є аналіз залежності між цими показниками в розрізі ділянок із різною нормою висіву та відповідно різними рівнями внутрішньовидової конкуренції. На рис. 4.5 наведено площину відгуку показника врожайності на зміну значень кількості фітомаси та коефіцієнта

врожайності при формуванні посіву з мінімальною у досліді нормою висіву насіння – 0,8 млн/га.

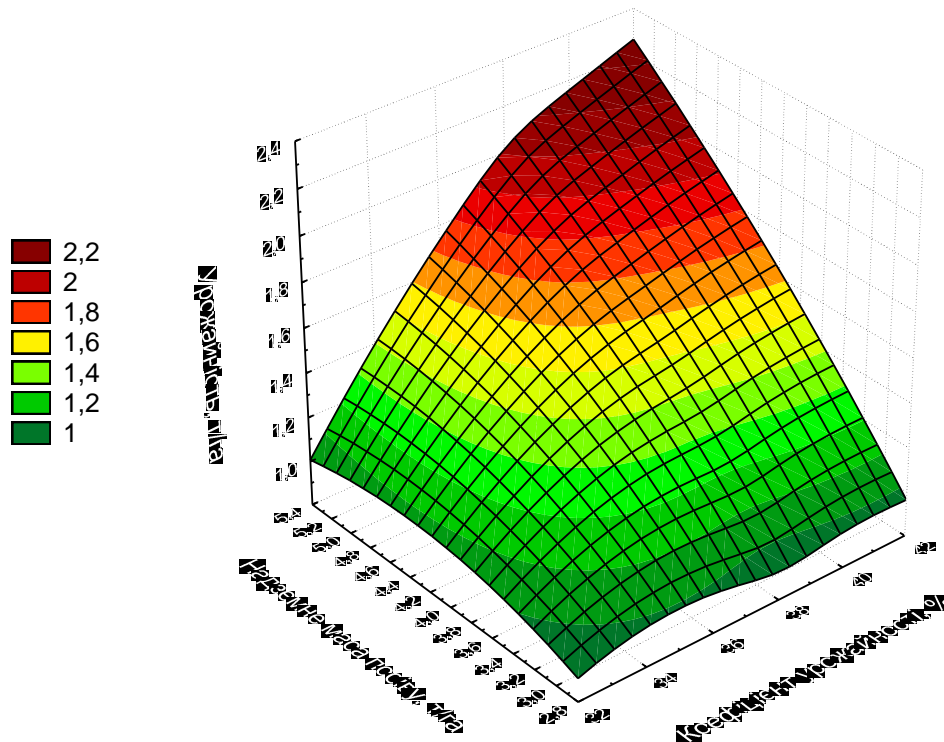


Рис. 4.5. Проекція значень показника урожайності (т/га), залежно від фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності, за норми висіву 0,8млн/га (2021-2023 рр.)

Аналіз показує, що площина проекції (Z) загалом відповідає близьким до нормального розподілу частот у площинах X та Y . Високі (більше середнього в досліді) значення показника врожайності було відмічено на ділянках із вищими за середні значення показниками надземної фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності. Разом із тим ця модель не передбачає можливості реалізації генеративного потенціалу на рівні, передбаченому для моделі сорту, а саме: $\leq 2,5$ т/га. Крім того, отримання найвищого для цієї моделі рівня – 2.2 т/га – реалізується за умов значень коефіцієнта врожайності більше 40%, що важко досягти в межах існуючого генотипу.

Більш оптимальною, як за діапазоном значень показника загальної фіто маси посіву (X), так і значень коефіцієнта врожайності (Y) є модель, сформована для ділянок із нормою висіву 1,2 млн/га, рис. 4.6.

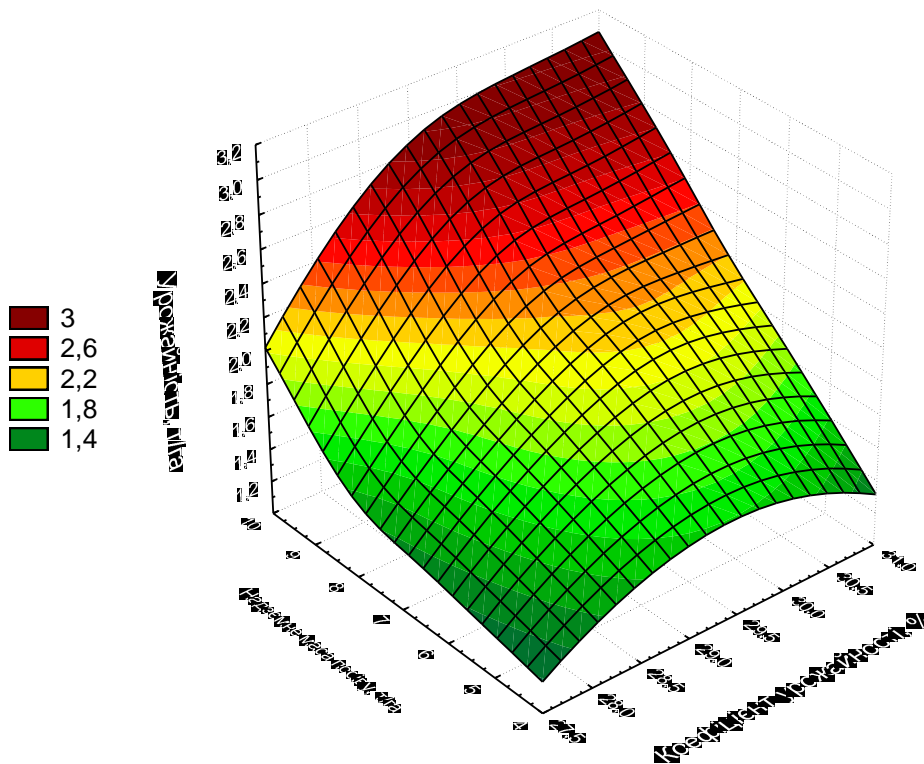


Рис. 4.6. Проекція значень показника урожайності (т/га), залежно від фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності, за норми висіву 1,2 млн/га (2021-2023 рр.).

Значна частина площі відгуку цієї моделі перебуває в зоні з урожайністю 2,6-3,0 млн/га, що передбачає можливість більш повної реалізації біологічного потенціалу сорту. На відміну від попередньої моделі вихід на базові показники для сорту є більш реалістичним, оскільки він відбувається при суттєво нижчих значеннях коефіцієнта врожайності: $\leq 29,0\%$. Також суттєво вищим за попередню модель є рівень мінімальних

значень (1,4 т/га) для площини **Z**, яка була притаманна ділянкам із мінімальним рівнем накопичення фітомаси (менше 7.0 т/га) та значеннями коефіцієнта менше 28%.

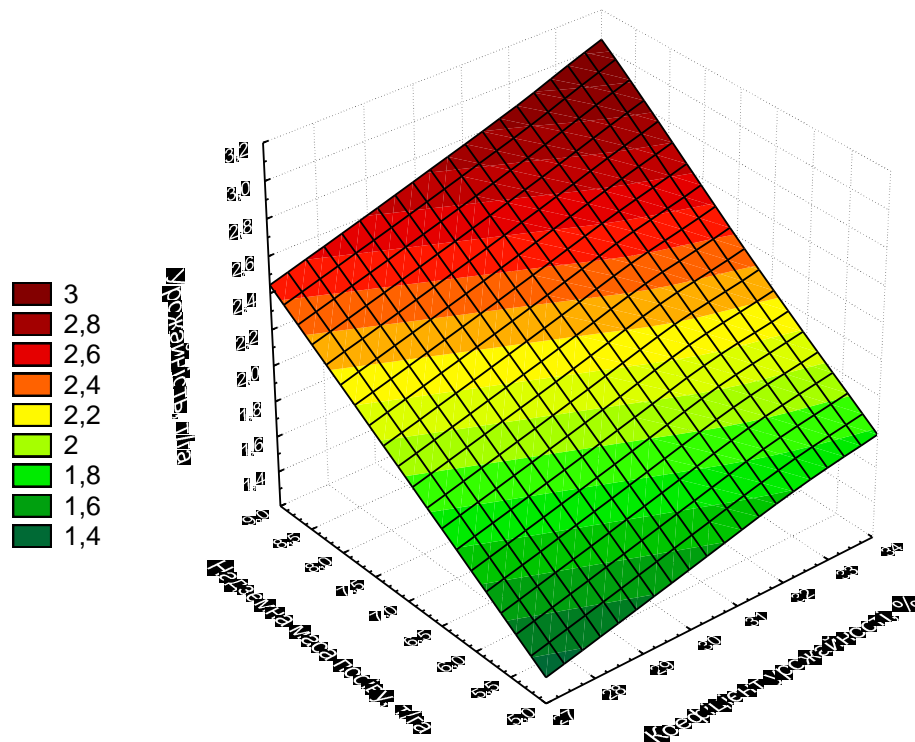


Рис. 4.7. Проекція значень показника урожайності (т/га), залежно від фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності, за норми висіву 1,6 млн/га (2021-2023 рр.).

Подібна схема реалізації біологічного потенціалу сорту відмічена також на ділянках, сформованих із нормою висіву 1.6 млн/га, рис. 4.7. Вихід на нормативні для сорту Квартет показники відбувається за умов утворення посівом 7 т/га і більше надземної маси та значеннях коефіцієнта врожайності понад 31%.

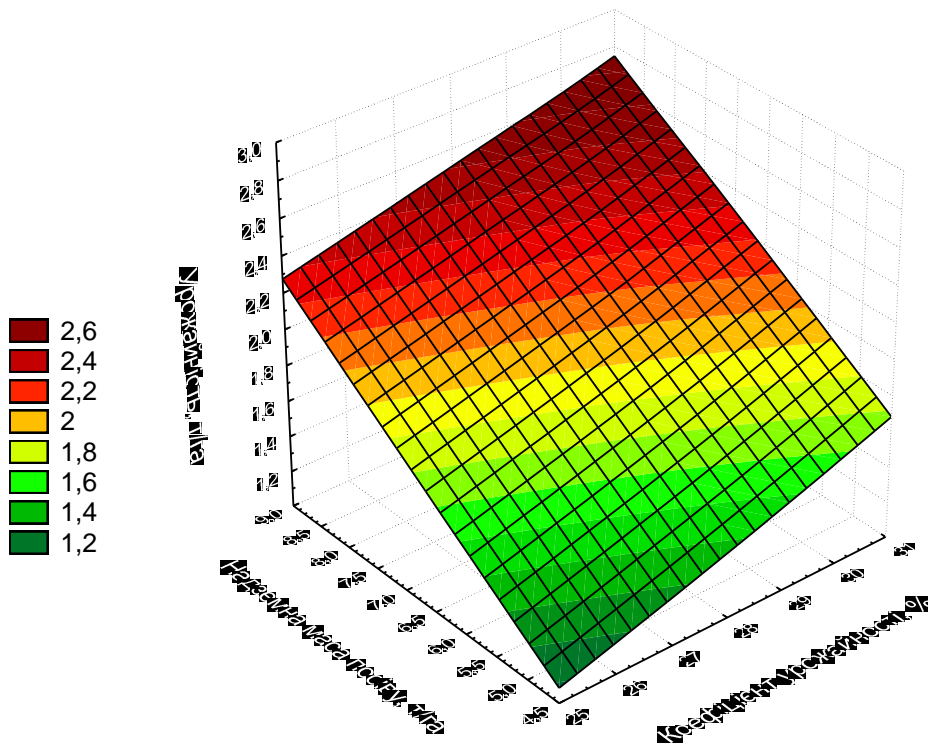


Рис. 4.8. Проекція значень показника урожайності (т/га), залежно від фітомаси посіву та коефіцієнта врожайності, за норми висіву 2,0 млн/га (2021-2023 рр.).

Суттєве звуження діапазону реалізації біологічного потенціалу досить чітко спостерігається в посівах, утворених із нормою висіву 2.0 млн/га, рис. 4.8. Має місце формування посівами 7,5 т/га надземної маси та утримання коефіцієнта врожайності на рівні вище 29%. Лише у цьому діапазоні показників розрахунковий рівень урожайності посіву може відповідати параметрам, передбаченим у моделі сорту.

4.7. Економічна ефективність вирощування кіноа

Рослинницька галузь, як і інші види господарської діяльності, передбачає наявність позитивного економічного ефекту. Основними показниками, що використовується, є собівартість одиниці (т) продукції,

прибуток (грн/га) та рентабельність. Останній показник відповідає нормативному терміну «рентабельність продукції», оскільки не враховує масштаби виробництва та суми початкових фінансових вкладень (рентабельність продажу, рентабельність інвестицій).

Завданням дослідження було розроблення та оцінювання економічних параметрів технології вирощування, що забезпечують реалізацію моделі сорту Квартет. Оцінювалися варіанти технології, які забезпечували статистично вищі показники врожайності, а саме: $2,86 \pm 0,29$ т/га. Таким чином, як базовий, статистично підтверджений рівень урожайності, був взято показник $2,58$ т/га отриманий на варіанті, сформованому нормою висіву $1,2$ млн/га із внесенням норми добрив $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$.

Відповідно до технології, задіяної при вирощуванні товарних посівів кіноа, загальна сума витрат на контрольному варіанті (за фактором А) із нормою висіву $1,2$ млн/га склала $30690,0$ грн/га, (рис. 4.9). Переважну частину цієї суми, а саме: $27007,2$ грн ($88,0\%$), - становили витрати, пов'язані з обробкою ґрунту (включно з паливно-мастильними матеріалами), витратами на ЗЗР та оренду землі. Частка витрат на добрива та їх внесення була $8,4\%$ ($2570,0$ грн/га), насіння – $3,6\%$ ($1120,0$ грн).

В інших варіантах частка витрат на застосування добрив поетапно зростала. Так, на варіанті з внесенням норми добрив $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$ витрати на добрива склали в середньому $13,4\%$; на варіанті з нормою добрив $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ – $19,6\%$, а також $24,8\%$ при внесенні норми добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$.

Треба зазначити зменшення частки витрат на насіння зі стабільністю цього показника та збільшенням загальної суми технологічних витрат.

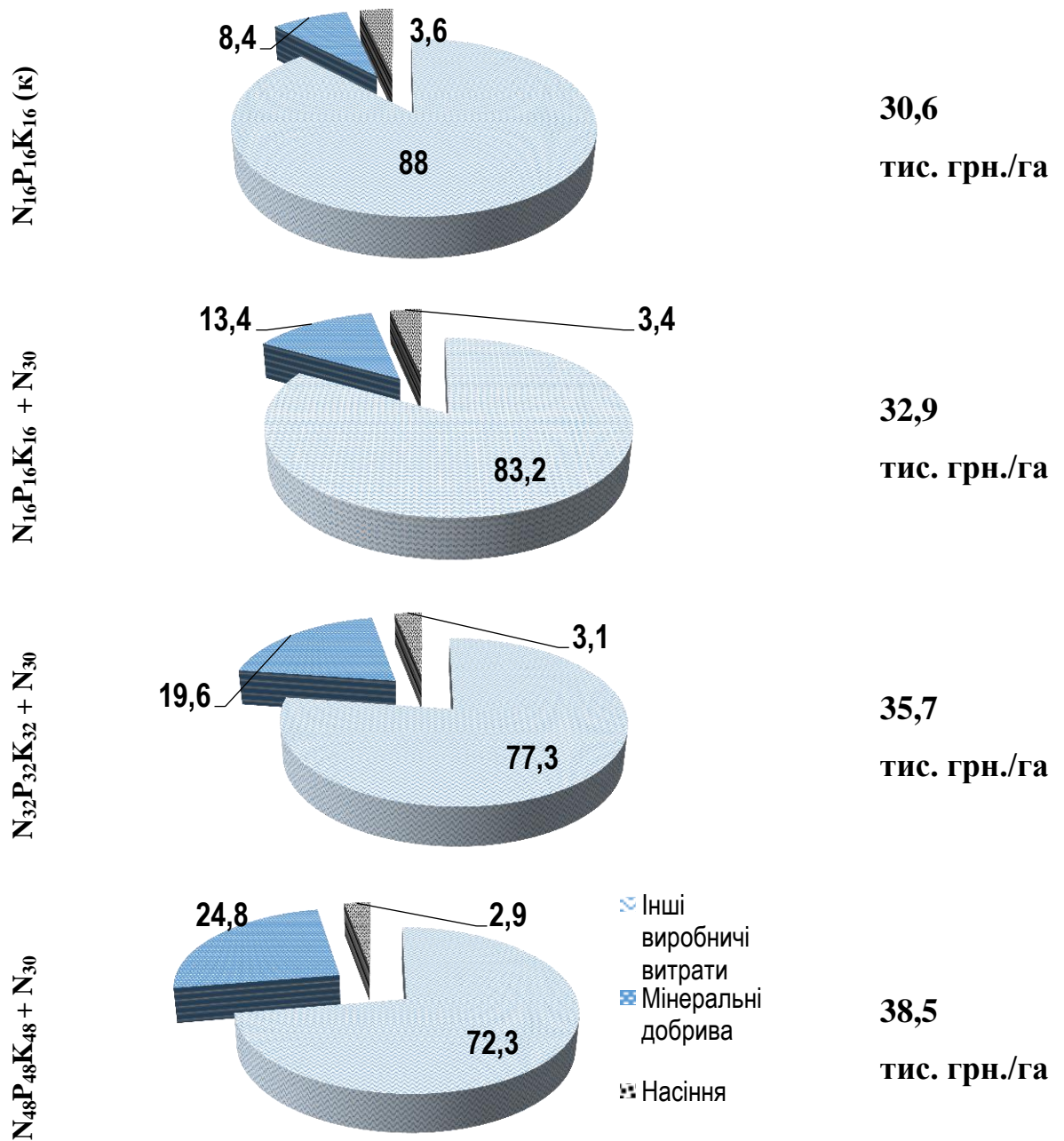


Рис. 4.9. Загальна сума та структура витрат на вирощування кіноа залежно від норми добрив (2021-2023 рр.).

Як і очікувалося, висока закупівельна ціна на врожай кіноа (56,0 грн/кг) зумовлювала пропорційне зростання прибутку та рентабельності виробництв зі збільшенням урожайності, а також відносно стабільні показники собівартості виробництва 1 т урожаю, (табл. 4.8).

Таблиця 4.8.

Економічна ефективність вирощування товарних посівів кіноа*

Варіанти дослідів	А – норма добрив, д. р. кг/га							
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (к)		N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀		N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀		N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	
	В – норма висіву насіння, млн./га							
	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6
Показники								
Урожайність, т/га	1,33	1,41	2,21	2,43	2,58	2,66	2,86	2,74
Усього затрат, грн./га	30690,0	31054,0	32950,0	33314,0	35720,0	36084,0	38590,0	38954,0
у т.ч.								
добрива	2570,0	2570,0	4430,0	4430,0	7000,0	7000,0	9570,0	9570,0
насіння	1120,0	1484,0	1120,0	1484,0	1120,0	1484,0	1120,0	1484,0
Ціна реалізації, грн/т	56000,0	56000,0	56000,0	56000,0	56000,0	56000,0	56000,0	56000,0
Дохід, грн/га	74480,0	78960,0	123760,0	136080,0	144480,0	148960,0	160160,0	153440,0
Собівартість 1 т, грн	23075,2	22024,1	14909,5	13709,5	13845,0	13565,4	13493,0	14216,8
Прибуток, грн/га	43790,0	47906,0	90810,0	102766,0	108760,0	112876,0	121570,0	114486,0
Рентабельність, %	142,7	154,3	275,6	308,5	304,5	312,8	315,0	293,9

* розраховано у цінах станом на 01.01.2024 року

Аналіз таблиці вказує, що мінімальний рівень прибутку (менше 50,0 тис/га) та рентабельності (менше 160.0%) виробництва мав місце на варіантах із внесенням добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ без проведення підживлень. Підвищення частки азотних добрив та зміна схеми внесення у варіанті $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$ забезпечувала зростання цих показників на ділянках, сформованих нормою висіву 1.6 млн/га до 102,8 тис. грн./га та 308,5% відповідно.

Варіанти, які забезпечували статистично близькі до моделі соту Квартет показники урожайності (2,58–2,86 т/га) також мали подібні значення показників економічної ефективності, а саме: собівартість однієї тонни врожаю на рівні 13.5-14.2 тис.грн/т, прибуток – 108,8-14,5 тис. грн./га та рентабельність на рівні 304,5- 315.0%.

Висновки до розділу 4.

- Найвищу урожайність – 2,58-2,86 т/га – відмічено на ділянках із внесенням норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ за норм висіву насіння 1,2-1,6 млн/га. Частка впливу фактора добрив на зміну показника урожайності склала 71,6%, норми висіву насіння 16,6%, погодних умов – 6,6%. Зі збільшенням норм внесення добрив та використанні вищих норм висіву насіння варіювання показника врожайності по рокам та окремим факторам зменшувалося.
- Визначено, що рентабельність вирощування кіноа при досягненні базового рівня врожайності 2,58 т/га складає 304,5%, прибуток – 108,76 тис/га. Збільшення врожайності, при використанні норми добрив $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ може супроводжуватися зростанням показників рентабельності та прибутку до 315,0% та 121,57 тис/га відповідно.

РОЗДІЛ 5.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕДЗБИРАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЄВИХ ПОСІВІВ КІНОА

Високоякісне насіння безпосередньо впливає на схожість та гарантує формування життєздатної популяції рослин; отже, насіння можна розглядати як основний гарант забезпечення ефективного впровадження технології в галузі рослинництва.

Більшість сучасних сортів кіноа мають нетривалий період спокою насіння або такий стан відсутній взагалі, а також звужений період життєздатності насіння після збору врожаю. В інших культур скорочення періоду спокою насіння є основним фактором ризику його проростання до початку збирання врожаю.

Насіння багатьох культур проходять процес, який полягає в «висиханні дозріванням», під час якої вони втрачають більшу частину тканинної води та переходять у рівновагу з відносною вологістю атмосфери. Таке насіння називають ортодоксальним, воно може зберігатися протягом тривалого періоду в контрольованих умовах. Одночасно з дозрівання та висушуванням насіння набуває стійкості до висихання. Існує кілька захисних процесів та механізмів, які сформувалися в рослин для набуття стійкості до висихання. Це підтримка фізичної цілісності клітин при видаленні води; внутрішньо-клітинна дедиференціація, зменшенням ендомембран та зниження внеску мітохондрій і пластид до площі поперечного перерізу клітини; уповільнення метаболізму - зниження частоти дихання; активність антиоксидантів для контролю активних форм кисню (АФК), що утворюються під час сушіння; присутність та активність ймовірно захисних молекул, таких як сахароза, певні олігосахариди та ембріогенні надлишкові білки.

Насіння кіноа за особливостями зберігання належить саме до ортодоксального типу, тобто йому притаманний короткий період спокою або практично повна його відсутність, за певних умов навіть здатність до

проростання на материнській рослині. Цьому процесу сприяє дощова, волога погода. Такі особливості насіння мають низку негативних наслідків: погіршення кількості та якості врожаю, зниження якості насіннєвого матеріалу. Встановлено, що порушення в балансі гормональної сигналізації призводить до розширення діапазону строків проростання насіння, і в цьому випадку ці строки стають не синхронізованими зі збиранням врожаю.

Доместикація та селективний добір загалом забезпечили рівномірне проростання насіння, синхронізацію появи сходів, що загалом призвело до скорочення періоду первинного спокою насіння у багатьох культур.

На фізіологічні особливості та міцність насіння в стані спокою у численних видів, зокрема й кіноа впливають фізичні властивості насіння, включаючи товщину, колір і форму насіннєвої оболонки. Сессато et al. [94] дослідили зв'язок між станом спокою насіння кіноа та такими параметрами, як товщина та колір насіннєвої оболонки. Визначено, що насіння сорту з більш товстою насіннєвою оболонкою, характеризується й більш тривалим періодом спокою, тоді як сорт із тоншою та світлішою насіннєвою оболонкою, відрізнявся скороченим періодом спокою.

З позиції виробництва, властивості, пов'язані з підвищеною пластичністю рослин, які допомагають пом'якшити абіотичний стрес, є позитивними для інтеграції кіноа в різноманітні системи вирощування культур. З точки зору менеджменту, скорочений стан спокою насіння або, в деяких випадках, відсутність періоду спокою, що спостерігається і в деяких екотипів кіноа, є бажаною характеристикою для включення культури в різні типи сівозмін. Це пов'язано з тим, що насіння, яке легко проростає, має меншу ймовірність утворити стабільні насіннєві банки в ґрунті, потребуючи тим самим мінімальних витрат для управління посівами.

Однак відсутність періоду спокою насіння призводить до потенційних проблем зі зниженням врожайності через передчасне проростання до початку збирання. Теоретично, збирання насіння в фазі фізіологічної зрілості забезпечить вищу його якість внаслідок надзвичайно низького рівня його

псування [249]. Однак на цій стадії насіння містить приблизно 54% вологи [271]. У цьому випадку очікування висихання рослин у полі може спричинити ушкодження насіння, під впливом навколишнього середовища та розвитку патогенів, що призведе до швидкого зниження якості. Високі температури, надмірна вологість повітря та підвищена кількість опадів на передзбиральних етапах активно сприяють прискоренню процесів псування насіння.

Основна проблема збирання деяких культур полягає в тому, що більшість насіння дозріває раніше повного старіння рослини. Ця проблема посилюється кількома факторами, насамперед погодними умовами. Вологий вегетаційний період зазвичай збільшує кількість листків, бур'янів та хвороб і затримує дозрівання насіння. Сильні вітри можуть призвести до вилягання посівів і ще більшого забур'янення. Вітри в посушливий період збирання врожаю можуть спричинити втрату насіння через його надмірне осипання.

Нерівномірне дозрівання врожаю на полі, головним чином через неоднорідність ґрунту та рельєфу, означає затримку строків збирання, до повного дозрівання посіву, із подальшим ризиком втрат або з отриманням насіння низької якості. Шкідники, особливо птахи, також можуть пошкоджувати зріле насіння.

Для покращення вирощування багатьох видів було розроблено інноваційні заходи для підвищення виробництва та якості насіння. У цьому сенсі використання гербіцидних десикантів є обґрунтованою альтернативою для виробників, з метою збереження врожаю та мінімізації процесу псування насіння в польових умовах [44]. Крім того, десикація та сеникація відіграють важливу роль у подоланні неодночасного дозрівання насіння в посіві [256].

Десикація передбачає застосування гербіциду в терміни, наближені до остаточної зрілості культури та призупиняє процеси росту. Цей прийом можна використовувати окремо або в поєднанні з іншими. Мета десикації полягає в тому, щоб забезпечити рівномірне дозрівання посівів і мінімальне забур'янення вегетуючими рослинами для полегшення збирання врожаю.

Десикація також може бути доцільним заходом для культур з дефіцитом марганцю (Mn), які не встигають дозрівати, або на полях, де бур'яни стали проблемою для збирання врожаю.

Для подолання проблем з дозрівання та збиранням врожаю багатьох культур наразі використовують хімічні десиканти, доступні з середини 1960-х років: фосфати, хлорати, сірчана кислота. Перші препарати мали такі недоліки, як повільна дія, висока токсичність для ссавців, стійкість до розкладення в ґрунті, залежність від погодних умов. З появою диквату аграрне виробництво отримало хімічну речовину з властивостями, які добре підходять для ролі осушувача. Важливі переваги полягають у його швидкій контактній дії на всі зелені частини рослин, незалежність від опадів та мінливості інших умов довкілля. Залишки препарату в рослинах є низькими і нешкідливі для худоби. Дикват практично негайно інактивується в ґрунті й не вимивається з нього. Спосіб висихання диквату було детально досліджено. Активний компонент відновлюється в рослині за допомогою енергії фотосинтезу і, меншою мірою, процесу дихання, до відносно стабільного вільного радикалу диквату. Далі повторно окислюється киснем, утворюючи перекис водню, який руйнує рослинні клітини.

Нині багато досліджень зосереджено на вивченні впливу передзбиральної десикації різних культур. Доведено, що хімічна десикація перед збиранням врожаю є доцільним та обґрунтованим агротехнічним заходом, який нині застосовують на таких культурах, як бавовник, рис, картопля, люцерна, соя, ріпак, соняшник. Техніка передзбиральної десикації відпрацьовується в регіонах розвиненого, високо механізованого сільського господарства, таких як північна, центральна та східна Європа та Північна Америка. Десикація насіння бобових культур і бадилля картоплі зараз є звичайною практикою, а з початку 1970-х років ця техніка поширилася й на олійні культури.

Дослідження з визначення впливу передзбиральної десикації та строків збирання на врожайність і якість насіння показали, що на практичні

аспекти збирання культур може впливати габітус рослини і обумовлює такі аспекти, як оптимальні строки збирання врожаю та особливості висушування й зберігання [256].

Проведення передзбиральної десикації посіву потребує попереднього визначення ефективності дії певного препарату, його дози та аналізу впливу факторів довкілля. Архітектоніка рослин також обумовлює визначення оптимальних строків для проведення десикації та збору врожаю [366].

Обов'язковою заходом є оцінка реакції сорту на активний інгредієнт, що застосовується для десикації, на різних стадіях розвитку рослин. Наразі в практиці аграрного виробництва використовуються гербіциди на основі Гліфосфату (суцільної дії) та Диквату (контактної дії, похідна біпіридилію). Переваги десикантів нового покоління полягають в їх екологічності, низькій токсичності, їх діюча речовина швидко руйнується в довкіллі. Проте цей захід має й певні недоліки: викликає незначне зниження врожайності в деяких культур та часткове погіршення посівних якостей насіння наступної генерації. Зниження врожайності може бути обумовлено зменшенням маси 1000 штук насінин внаслідок призупинення процесу реутилізації продуктів асиміляції з вегетативних органів рослин в насіння, пов'язаного з їх швидким висиханням під впливом препарату.

Проведення передзбиральної обробки посіву повинно забезпечувати прискорене досягання насіння шляхом повільного підсушування рослини та більш повну атракцію органічних речовин з вегетативних органів в генеративні, а також зростання врожайності та поліпшення якості насіння. Заходом подібної дії є прискорення старіння або сеникація. За механізмом дії на процеси росту сеникація займає проміжне місце між десикацією та позакореневим підживленням. Сеникацію можна розглядати як екологічно безпечний процес, проведення якого полягає в обприскуванні вегетативних органів рослин (листоків та стебел) за 2-3 тижні до початку збирання. На відміну від десикації для обробки використовують азотні добрива, які

покращують азотне живлення рослин, сприяють формуванню якісного насіння.

Механізми сеникації пов'язані з засвоєнням рослиною сполук азоту, які, зокрема, й прискорюють процес старіння. Старіння відбувається через послаблення синтезу білків та посилення їх гідролізу. Продукти гідролізу білків – рухомі амінокислоти – легко надходять до генеративних органів (насіння). Завдяки невисоким концентраціям іонів амонію в розчині процеси підсихання та старіння протікають одночасно та повільно. Треба відзначити певну послідовність локалізації цих процесів: листки-> стебла-> насіння.

Призначення сеникації – це підвищення врожайності насіння та його якості шляхом зменшення негативної післядії стресогенних факторів довкілля в найбільш важливий етап органогенезу – репродуктивний. Сеникація сприяє коректному відновленню фізіологічних процесів в рослині, а саме: поступовому переміщенню продуктів асиміляції до насіння.

5.1. Контроль вологості насіння при збиранні

Важливим аспектом десикації та сеникації є оцінка реакції культури (сорту) на активний інгредієнт, застосований для цього процесу, а також стадія розвитку рослин. [285] Оптимальний період для проведення передзбиральної обробки в багтьох випадках визначити досить складно.

Зазвичай десикацію проводять в фазі технологічної стиглості рослин. Саме в цей час відбувається процес постембріонального формування та наливу насіння. Після завершення процесу насіння починає втрачати вологу, а рослини ще залишаються зеленими. Десикація значно знижує вологість насіння, листків, суцвіть та стебел, прискорює дозрівання й забезпечує можливість проведення більш раннього збирання врожаю.

Втрати насіння при комбайнуванні, а також витрати на сушіння, пошкодження птахами та кількість бур'янів на полях зменшується. Позитивним аспектом передзбиральної десикації та сеникації є можливість

підготувати поле під наступну культуру в більш ранні строки, а також відсутність негативних наслідків щодо якості врожаю.

Особливо позитивний вплив десикації на рослини в роки з рясними опадами, коли можливість ураження грибними хворобами дуже висока. Тобто, крім позитивного впливу на врожайність насіння, десикація також покращує і його якість. Зазвичай на час збирання вміст вологи в зерні кіноа при дозріванні повинен становити 10-13%, а в рослині 16-20%. Ці характеристики можуть допомогти визначити правильний час збору врожаю. Затримка збору врожаю на 2–3 тижні може призвести до значних втрат зерна.

Основні напрямки досліджень кіноа зосереджені на покращенні стійкості до абіотичних стресів і хвороб, підвищенні врожайності та покращенні якості. Однак великою проблемою, що впливає на якість кінцевого використання насіння кіноа, може бути проростання насіння до збирання врожаю, коли насіння з невеликим періодом спокою або без нього проростає на волоті. Наразі небагато відомо про механізми, які регулюють стан спокою та життєздатність насіння кіноа.

У цьому контексті наші дослідження мали на меті визначити вплив передзбиральної десикації (та окремих препаратів) та сеникації на врожайність і якість насіння кіноа сорту Квартет.

Початкову вологість (перед проведенням передзбиральної обробки) визначали з використанням 4-х зразків відповідно до ДСТУ 4138-2002. [6] Вологість насіння перед початком обробки препаратами була 34,48 % .

Десикацію та сеникацію проводили 20-25 серпня залежно від року (2021-2023) і через 20 днів збирали рослини. Після збирання врожаю в кожному варіанті проводили визначення енергії проростання та лабораторної схожості з інтервалом в два місяці (в останній декаді місяця: жовтень, грудень, лютий, березень) (табл.5.1).

У табл. 5.1 представлено вологість насіння аналізованих обробок. Як ми й очікували, найвищу вологість насіння було виявлено в контролі (15,48%), потім в варіанті з обробкою Реглон Супер (4,75% нижче за

контроль), і статистично значуще нижчий вміст вологи, ніж у контролі було виявлено при обробці Гліфовітом Екстра (на 5,87 % менше порівняно до контролю) та проведенні сеникації (на 6,38% нижче за контроль), останній захід забезпечив найменший вміст вологи в насінні - 9,1%.

Таблиця 5. 1

Вологість насіння кіноа,
залежно від способів передзбиральної обробки посіву, % (2021-2023 рр.)

Варіанти	Вміст вологи, %
Контроль	15,48 ± 3,26
Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га	9,61 ± 2,12
Реглон Супер, 2,5 л/га	10,73 ± 2,61
Аміачна селітра, 50.0 кг/га	9,1 ± 0,86
НІР _{0.05}	1,05

Тобто, отримані дані показують, що збирання насіння через 20 днів після обробки забезпечує суттєве зниження вмісту вологи (до 9,1-10,73%), що дозволяє перейти до збирання врожаю в більш ранні строки і є суттєвою перевагою в умовах мінливих та вологих умов осіннього періоду.

Таким чином, в польовому досліді з різними варіантами передпосівної обробки було встановлено, що кожний із трьох варіантів обробки посіву забезпечував статистично суттєвий ефект із зниження вологості насіння.

5.2. Оцінювання якості посівного матеріалу кіноа після десикації та сеникації

Основна агрономічна вимога до насіння – це показники його біологічної якості, що обумовлюють можливість досягнення високого рівня продуктивності посіву, сталих врожаїв. Важливими характеристиками,

пов'язаними з посівними якостями насіння є також його виповненість, вміст запасних поживних речовин, які визначають можливості насіння до формування продуктивної рослини. Великий внесок в створення врожайності культури робить маса 1000 насінин. Аналіз маси 1000 насінин дає можливість зробити висновки саме про ці показники. У кіноа стабільність такого параметру підтримується не тільки фізіологічним гомеостазом, але й залежить від метеорологічних, едафічних, агротехнічних умов. Тому визначення значень цього показника залежно від впливу обробки посіву має високу інформаційну цінність. Насіння, отримане після передзбиральної обробки посіву в попередній вегетаційний період було проаналізовано на якісні показники, зокрема масу 1000 насінин. Провели також післязбиральну доробку насіння: пропустили через решето (1мм) і визначили вихід насіння з великою масою ($>3,5$ г), (табл. 5.2)

В наших дослідах встановлена відмінність за показником маси 1000 насіння в варіантах досліду. З наведених в таблиці результатів видно, що найбільша диференціація та перевага між варіантами за показником маси 1000 насінин була відмічена в варіанті з сеникацією посіву: 3,11 г (на 1,17 г або 32,9% за контроль). Статистично суттєве перевищення маси 1000 насінин фіксували і в варіанті з обробкою Реглоном Супер – 2,84 г. Обробка посіву Гліфовітом Екстра не забезпечила достовірного підвищення значень цього параметра.

Проведення сеникації покращує процеси заповнення клітин насінини: рівномірний розподіл пластичних речовин, що позитивно позначається на такому параметрі врожаю, як маса 1000 штук насіння. Встановлено, що високий вихід насіння з масою більше 3,5 г (65,3%) забезпечила сеникація посіву – на 17,9% більше за контроль. Десиканти також сприяли збільшенню частки насіння з високою масою від 50,6 до 52,8%. (перевищення контролю становить 3,2-5,4%).

За показником частки насінневої фракції з масою 1000 штук $>3,5$ г, кращий результат забезпечував варіант з сеникацією, а саме: 65,3% в урожаї

насіння. Позитивні результати відзначено і в варіанті з обробкою Реглоном Супер (52,8%, що на 5,4% перевищує контроль).

Завдяки своєму складу крохмалю та ліпідів, насіння кіноа має більшу стабільність при зберіганні, ніж інші культури [137]. Оскільки його насіння має пори в покриві, що полегшує отримання або втрату вологи, воно швидше втрачає життєздатність [350]. На якість насіння кіноа впливає низький відсоток схожості та зниження енергії проростання, що обумовлює його довговічність [228].

Таблиця 5. 2

Маса 1000 насінин та вихід насіннєвої фракції залежно від способів передзбиральної обробки посіву, (2021-2023 рр.)

Варіанти	Маса 1000 насінин, г	Вихід насіння з масою 1000 штук > 3,5 г, %
Контроль	2,34	47,4
Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га	2,66	50,6
Реглон Супер, 2,5 л/га	2,84	52,8
Аміачна селітра, 50.0 кг/га	3,51	65,3
НІР _{0.05}	0,31	3.11

При оцінюванні ефективності дії застосованих в досліді препаратів на здатність насіння до проростання та інтенсивність цього процесу, було виявлено серед варіантів передпосівної обробки статистично достовірні відмінності в енергії проростання та лабораторній схожості. (табл. 5.3) Щодо показників якості насіння, статистично суттєве покращення рівня енергії проростання забезпечував варіант із десикацією препаратом Реглон Супер та сеникацією аміачною селітрою. Останній варіант також

забезпечував незначне, але статистично суттєве покращення (+2,1%) показників лабораторної схожості.

Порівняно з контролем на варіанті десикації препаратом Гліфовіт Екстра зафіксовано статистично достовірно вищі значення енергії проростання (5,01%) та лабораторної схожості (на 3,92 %). Дія препарату Реглон Супер продемонструвала також позитивний ефект на схожість насіння: зафіксовано вищі значення енергії проростання та схожості порівняно до контролю - на 6,62% і 6,15% відповідно.

Таблиця 5.3

**Лабораторна схожість насіння кіноа залежно від способів
передзбиральної обробки посіву (2021-2023 рр.)**

Варіанти	Енергія проростання, %	Лабораторна схожість,%
Контроль	87,02 ± 1,89	90,15± 1,89
Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га	92,21 ± 1,89	94,07± 1,89
Реглон Супер, 2,5 л/га	93,64 ± 1,89	96,30 ± 1,89
Аміачна селітра, 50.0 кг/га	94,87 ± 1,89	98,34 ± 1,89
НІР _{0.05}	2,03	1,86

Проте найкращі результати значень посівних якостей насіння було досягнуто в варіанті при проведенні передзбиральної сеникації: 85,72 та 88,34%, перевищення контролю становило 7,85% та 8,19% відповідно.

Наступного року після збирання врожаю насіння висівали та визначали польову схожість. В польових умовах насіння з високою лабораторною схожістю швидше проростає та формує рівномірні й дружні сходи. Польова схожість може істотно відрізнятись від значень показників, отриманих в

лабораторних умовах в тих випадках, коли лабораторна схожість і енергія проростання насіння низькі.

Загалом, насіння високої якості, за виключенням випадків, коли воно перебуває в стані спокою, повинно проростати швидко. Проте, інколи умови насіннєвого ложа можуть гальмувати проростання одразу після сівби. В цьому випадку насіння з якісними характеристиками здатне витримати несприятливий період та в подальшому, при покращенні умов, проростати й утворити здорові проростки та забезпечити формування високого рівня врожаю. Визначення польової схожості показало суттєво достовірний вплив передзбиральної обробки на проростання насіння кіноа (табл 5.4).

Таблиця 5.4

**Польова схожість насіння кіноа залежно
від передзбиральної обробки посіву (2021-2023 рр.)**

Варіанти	Польова схожість, %
Контроль	67,13
Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га	70,21
Реглон Супер, 2,5 л/га	72,62
Аміачна селітра, 50.0 кг/га	79,40
НІР _{0.05}	1,3

Препарати, які використовували в досліді, показали різну ефективність щодо польової схожості насіння. Як речовини вибрані для десикації (Гліфовіт Екстра та Реглон Супер), так і сеникація аміачною селітрою показали статично достовірні значення показника польової схожості насіння кіноа: вони були вищими порівняно до контролю. Проте серед варіантів обробки найвищу польову схожість відмітили в варіанті з проведеною сеникацією -

79,40%. Загалом, в наших дослідах використання десикації та сеникації, як заходів передзбиральної обробки посіву, не викликало негативних наслідків щодо схожості насіння як в лабораторних, так і в польових умовах.

Таким чином, застосування передзбиральної обробки посівів кіноа з метою прискореного дозрівання є доцільним та ефективним. Десикація препаратами Гліфовіт Екстра та Реглон Супер не призводить до погіршення посівних властивостей насіння, а сеникація впливає позитивно, покращує схожість як в лабораторних, так і в польових умовах. В досліджах He, et al (2015) застосування хімікатів на культурі рису не мало негативного впливу на масу 1000 насінин, відсоток схожості або індекс схожості, але негативно позначалося на кількості нормальних сходів. Проте в досліджах Toledo et al. [365] на сої виявлено, що прискорення старіння рослин призводить до отримання насіння з нижчою схожістю та зниженням розвитку сходів, хоча відсоток аномальних сходів зменшується після 8 місяців зберігання, можливо, через деградацію токсичних залишків гліфосату. Дослідження, пов'язані з десикацією проводилися в основному на таких культурах, як рис [188], соя [228] і пшениці [217]. Щодо врожаю сої кілька авторів повідомляють, що передзбиральна десикація забезпечує рівномірність дозрівання, сприяння рівномірному висиханню бобів і насіння, щоб передбачити збір урожаю без шкоди для врожаю та якості насіння, оскільки вони не викликають розкриття стручків [228, 285] .

Однак у системі виробництва насіння слід враховувати деякі важливі аспекти, коли використовуються десиканти, зокрема: спосіб дії та доза десиканту, умови навколишнього середовища, фенологічна стадія культури на момент застосування препарату, можливість токсичних залишків у зібраному матеріалі та вплив на проростання та силу насіння.

В наших дослідах проведення сеникації покращує якісні параметри насіння: збільшується маса 1000 насінин до 3,51 г, та вихід насіння з великою масою (до 65%). При аналізі всіх показників на варіанті з сеникацією вони мали статистично достовірні значення. На підставі

отриманих результатів, виявлено загальний позитивний вплив десикації та сеникації на посівні на якісні властивості насіння і ці заходи можуть бути рекомендовані в практичному насінництві кіноа.

Висновки до розділу 5.

- Препарати, які використовували для проведення сеникації та десикації, виявили різну ефективність щодо польової схожості насіння кіноа. Десиканти Гліфовіт Екстра та Реглон Супер, як і аміачна селітра (для сеникації) показали статично достовірні значення показника польової схожості насіння кіноа: вони були вищими порівняно до контролю;
- Серед варіантів обробки найвищу польову схожість відмітили в варіанті з проведеною сеникацією - 79,40%. Загалом, в наших дослідках використання десикації та сеникації як заходів передзбиральної обробки посіву не викликало негативних наслідків щодо схожості насіння як в лабораторних, так і в польових умовах;
- Таким чином, застосування передзбиральної обробки посівів кіноа з метою прискореного дозрівання є доцільним та ефективним. Десикація препаратами Гліфовіт Екстра та Реглон Супер не призводить до погіршення посівних властивостей насіння, а сеникація впливає позитивно, покращує схожість як в лабораторних, так і в польових умовах.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення й нове вирішення важливого науково-практичного завдання з інтродукції культури кіноа в рослинницьку галузь України, а саме: визначення параметрів базової технології вирощування в зоні північно-східного Лісостепу України.

1. Встановлено середній рівень польової схожості насіння кіноа, який складає 84,5%, зрідженість сходів та ювенільних рослин – 13,2%, змінюючись від 5,3 до 25,4%. Найвищий рівень виживаності рослин відмічено на ділянках із нормою висіву 1,2 та 1,6 млн./га.
2. Розраховано поправковий коефіцієнт норм висіву насіння на кінцеву густоту, який склав $0,73 \pm 0,2$. Зі збільшенням норми добрив значення коефіцієнта зростало.
3. За умов мінімальних норм добрив ($N_{16}P_{16}K_{16}$ д.р. кг/га) та мінімальної норми висіву насіння в досліді (0,8 млн/га) тривалість періоду «сходи-збирання» склала 117 днів. Збільшення норм висіву скорочувало цей період до 115 днів. Покрокове збільшення норм добрив супроводжувалося пропорційним зростанням тривалості догенеративного й генеративного періодів розвитку, а також фази технологічної стиглості на +3, +3 та +4 дні відповідно.
4. Визначено, що зі збільшенням норм висіву насіння висота рослин кіноа зменшувалася з 118,4 до 104,8 см. Підвищення норм добрив забезпечувало протилежний ефект - з діапазоном зміни показника від 96,3 до 119,7 см.
5. Виявлено динаміку зміни коефіцієнта листкової поверхні посіву. Стабілізація значень коефіцієнта (за рахунок відмирання нижніх ярусів листків) відбувається на рівні $3,9 - 4,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ на ділянках, сформованих нормою висіву ≥ 1.6 млн/га та використанні норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$.

6. Встановлено істотно суттєве зростання показників концентрації хлорофілу при збільшенні норм мінеральних добрив із 1,65 мг/г (на контролі) до 1,89; 2,04 та 2,14 мг/г на варіантах із внесенням: $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ та $N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$ д. р. кг/га, відповідно. Відмічено тренд до збільшення частки тіншовитривалого хлорофілу “b” зі збільшенням норм добрив та норм висіву насіння в діапазоні від 32,6% до 40,6%.
7. Встановлено, що протягом вегетації посів кіноа формує в середньому 6,73 т/га повітряно сухої надземної фітомаси з діапазоном значень показника від 3,04 до 9,43 т/га. Зі збільшенням норм добрив та норм висіву насіння значення показника зростає. Відмічено стабілізацію обсягів накопичення фітомаси на рівні 8,5-9,4 т/га при нормах висіву ≥ 1.2 млн/га та максимальних нормах добрив у досліді.
8. Значення показника продуктивності рослин змінюється в діапазоні від 1,8 до 3,64 при середньому значенні 2,17. Річний діапазон коливання середнього значення склав 2,07-2,27 г. Вплив фактора норми висіву на зміну показників урожайності склав 46,6%, норми добрив – 42,0%, спільна дія факторів – 1,5%.
9. Найвищу урожайність – 2,58-2,86 т/га – відмічено на ділянках із внесенням норми добрив $\geq N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$ за норм висіву насіння 1,2-1,6 млн/га. Частка впливу фактора добрив на зміну показника урожайності склала 71,6%, норми висіву насіння 16,6%, погодних умов – 6,6%. Зі збільшенням норм внесення добрив та використанні вищих норм висіву насіння варіювання показника врожайності по рокам та окремим факторам зменшувалося.
10. Виявлено статистично достовірний ефект зниження вологості насіння з 15,48% на контролі до 9,61 % за рахунок передзбиральної обробки посіву препаратом Гліфовіт Екстра, 2,5 кг/га; 10,73% Реглоном Супер, 2,5 л/га, 9,1% аміачною селітрою, 50,0 кг/га. Останній варіант, також

забезпечував вищі показники маси 1000 насінин, та збільшення частки насінневої фракції: до 65,3%.

11. Визначено, що рентабельність вирощування кіноа при досягненні базового рівня врожайності 2,58 т/га складає 304,5%, прибуток – 108,76 тис/га. Збільшення врожайності, при використанні норми добрив $N_{48}P_{48}K_{48+} N_{30}$ може супроводжуватися зростанням показників рентабельності та прибутку до 315,0% та 121,57 тис/га відповідно.

ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення ефективності процесів поширення культури кіноа, підвищення економічної ефективності рослинницької галузі України пропонуємо:

- **фермерським господарствам зони північно-східного Лісостепу України** застосовувати параметри базової технології вирощування, що передбачають сівбу суцільним способом нормою 1,2 млн./га з внесенням основного добрива $N_{32}P_{32}K_{32}$ та підживлення N_{30} у фазі 6 справжніх листків. Проводити передзбиральну синекацію насінневих посівів 16 % розчином аміачної селітри;
- **селекційним установам** використовувати сорти лободи кіноа Квартет та Комиза, як вихідну форму для адресного створення генотипів, орієнтованих на умови північно-східного Лісостепу України;
- **вищим навчальним закладам із підготовкою фахівців в галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство** активізувати селекційні та технологічні дослідження з культурою кіноа, сприяти популяризації вітчизняних сортів та базової технології вирощування культури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алмашова, В. С., Скок, С. В. (2022). Ефективність використання біологічних та рістрегулюючих препаратів для вирощування сільськогосподарських культур у зоні південного степу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронімія і біологія. 47(1). С. 11-17.
2. Вовкодав, В. В., Андрущенко, А. В., Пількевич, А. В. (2000). Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск перший /За ред. Волкодава В. В. – К.: ДКУ ПВТОСР. – 100 с.
3. Волкогон, В. В., Заришняк, А. С., Гриник, І. В. [та ін.] (2011). Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур; за ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука. 156 с.
4. Грицаєнко, З. М., Грицаєнко, А. О., Карпенко, В. П. (2003). Методика біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів, – К. : ЗАТ «НІЧЛАВА». – 320 с.
5. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Наказ № 135 від 15.02.2022 року).
6. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держспоживстандарт України. 2003. 173 с.
7. Ермантраут, Е. Р., Присяжнюк, О. І., Шевченко, І. Л. (2007). Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica–6 : Методичні вказівки. Київ. 55 с.
8. Іутинська, Г. О. (2017). Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. Агроекологічний журнал. 2. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220171>

9. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) / за ред. Волкодава, В. В. Київ, 2001. 69 с.
10. Методика наукових досліджень в агрономії [текст]: навч. посіб. /Дідора, В. Г., Смаглій, О. Ф., Ермантраут, Е. Р. [та ін.]. К.: «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.
11. Підпригора, В. С., Писаренко, П. В. (2003). Практикум з основ наукових досліджень в агрономії. – Полтава : Інтер Графіка. 138 с.
12. Огурцов, Є. М., Міхєєв, В. Г., Белінський, Ю. В., Клименко, І. В. (2016). Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія (за ред. д-ра с.-г. наук, професора, чл.-кор. НААН України М.А. Бобро. – Х.: ХНАУ. 268 с.
13. Савченко, П. В., Кожушко, Н. С. (2013). Методи визначення площі листової поверхні рослини картоплі. Вісник Сумського національного аграрного університету. 11 (26). С. 191–195.
14. Троценко, В. І., Коваленко, І. М., Ільченко, В. О. (2017). Стан та перспективи культури кіноа в північно-східному Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. - Сер. "Агрономія і біологія " / Сумський національний аграрний університет. - Суми : СНАУ. 9 (34). С. 78-82
15. Abdalla, D., Jorge, A., Abdou, G., Amidou, G., Louis, N., & Jacob, S. (2020). Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research*. 16. 1325–1333. doi:10.5897/AJAR2020.14904
16. Abdolahpour, H., Nejad E. T., & Pour A. P. (2021). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on morpho-physiological characteristics and seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(1). doi: 10.30495/jcep.2021.681006
17. Abou-Amer, A. I., & Kamel, A. S. (2011). Growth, yield and nitrogen utilization efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under different rates and

- methods of nitrogen fertilization Egypt. J. Agrion, statistics, 2 edition, Mc Graw-Hill Book Company. 33(2). 155-166. doi: 10.1016/j.eja.2003.11.002
18. Abugoch, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. *Adv. Food Nutr. Res.* 58. 1-31. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02023.x
19. 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
20. Adolf, V. I., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environ. Exp. Bot.* 92. 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.004>
21. 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. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1133-7>
22. Aellen P., & Just T. (1943). Key and synopsis of the American species of the genus *Chenopodium* L. *Amer. Midl. Nat.*30(1):47–76. doi:10.2307/2421263
23. Ahmad, I., & Maathuis, F. (2014). Cellular and tissue distribution of potassium: Physiological relevance, mechanisms and regulation. *Journal of Plant Physiology.* 171(9). 708–714. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.10.01>
24. Al-asadi, W. A. J., & Al-dogagy, K. A. (2021). The effect of nitrogen fertilizer levels and planting dates on some growth traits and yield of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa* Wild). *Al-Muthanna Journal for Agricultural Sciences.* doi: 10.52113/mjas04/8.2/2
25. Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Glob. Food Sec.* 26, 100429. doi:10.1016/j.gfs.2020.100429
26. Al-Barakah, F., & Sohaib, M. (2019). Evaluation the germination response of *Chenopodium quinoa* seeds to bacterial inoculation under different

- germination media and salinity conditions. *Seed Science and Technology*, 47. 161-169.
27. Albert, V. (2017). King Quinoa: The development of the modern export market and its implications for the Andean People. *Graduate Journal of Food Studies*. 04(01). <https://doi.org/10.21428/92775833.7f0c7e46>
28. Ali, S., Hassan, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Iqbal, B., Rehman, M., Nawaz, M., & Amin, M. Z. (2020). Growth, biomass production, and yield potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as affected by planting techniques under irrigated conditions. *International Journal of Plant Production*. 1-15. doi:10.1007/s42106-020-00094-5
29. Almadini A. M., Badran A. E., & Algozaibi, A. M. (2019). Evaluation of efficiency and response of quinoa plant to nitrogen fertilization levels. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 9(4). 839–849. doi: 10.36632/mejas/2019.9.4.1
30. Aluwi, N. A., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2017). Physicochemical characterization of different varieties of quinoa. *Cereal Chem*. 94, 847–856. doi: 10.1094/CCHEM-10-16-0251-R
31. Alvar-Beltrán, J., Saturnin, C., Dao, A., Dalla, M. A., Sanou, J., & Orlandini, S. (2019). Effect of drought and nitrogen fertilisation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions in Burkina Faso. *Italian Journal of Agrometeorology* 1. 33-43. doi: 10.13128/ijam-289
32. Alvar-Beltrán, J., Napoli, M., Dao, A., Amoro, O., Verdi, L., Orlandini, S., & Marta, A. D. (2021). Nitrogen, phosphorus and potassium mass balances in an irrigated quinoa field. *Italian Journal of Agronomy*, 16, 1788. doi: 10.4081/ija.2021.1788
33. Alvar-beltrn, J., Dao, A., Marta, A. D., Saturnin, C., Casini, P., Sanou, J., & Orlandini, S. (2019). Effect of drought, nitrogen fertilization, temperature and photoperiodicity on quinoa plant growth and development in the Sahel. *Agronomy*, 9(10), 607. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100607>

34. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Int J. Food Sci. Nutr.* 60. 240-2 57. doi:10.1080/09637480902950597
35. Anabalón-Rodríguez, L., & Thomet-Isla, M. (2009) Comparative analysis of genetic and morphologic diversity among quinoa accessions (*Chenopodium quinoa* Willd.) of the south of Chile and highland accessions. *J. Plant Breed Crop Sci.* 1.210–216.
36. Anaya, R. B., De La Cruz, E., Muñoz-Centeno, L. M., Córdor, R., León, R., & Carhuaz, R. (2022). Food and medicinal uses of ancestral Andean grains in the districts of quinua and acos vinchos (Ayacucho-Peru). *Agronomy.* 12. 1014. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy12051014>
37. Andreotti, F., Bazile, D., Biaggi, M.C., CalloConcha, D., Jacquet, J., Jemal, O.M., King, O. I., Mbosso, C., Padulosi, S., Speelman, E. N., & Van Noordwijk, M. (2022). When neglected species gain global interest: lessons learned from quinoa's boom and bust for teff and minor millet. *Global Food Security* 32, 100613. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100613>
38. Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “Golden Grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2). 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
39. Aranda, M., López, J., Marín, R., Vega-Gálvez, A., Martínez, E. A., Fuentes, F., & Miranda, M. (2013). Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 73(2). 06–07. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392013000200004>
40. 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
41. Asao, M., & Watanabe, K. (2010). Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. *Food Sci Technol Res* 16: 163-8. doi:10.3136/fstr.16.163
 42. Asher, A., Dagan, R., Galili, S., & Rubinovich, L. (2022). Effect of row spacing on quinoa (*Chenopodium quinoa*) growth, yield, and grain quality under a Mediterranean climate. *Agriculture* 12. 1298. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091298>
 43. Asher, A., Galili, S., Whitney, T., & Rubinovich, L. (2020). The potential of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dualpurpose crop for grain production and livestock feed. *Sci. Hortic.*, 272, 109534. doi:10.1016/j.scienta.2020.109534
 44. Assis, M. O. et al. (2019). Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds *Planta Daninha*; 37:e019177741
 45. Astier, C., Moneret-Vautrin, D. A., Puillandre, E., & Bihain, B. E. (2009). First case report of anaphylaxis to quinoa, a novel food in France. *Allergy* 64. 819-820. doi:10.1111/j.1398-9995.2009.01980.x
 46. Auf 'm Erley, G. S., Kaul, H.-P., Kruse, M., & Aufhammer, W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *Eur. J. Agron.* 22. 95–100. doi: 10.1016/j.eja.2003.11.002
 47. Awadalla, A., & Morsy, A. S. M. (2017). Influence of planting dates and nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under Toshka conditions, *Egypt Journal of Agronomy*. 39(1). 2.
 48. Aydoğdu, M., & Koç, A. (2021). Screening quinoa. *Crop and Pasture Science*, doi: 10.1071/CP20508, 72. 6. 416-425
 49. Bakht, J., Shafi, M., Rehman, H., Uddin, R., & Anwar, S. (2011). Effect of planting methods on growth, phenology and yield of maize varieties. *Pakistan Journal of Botany*. 43(3). 1629-1633. doi : 10.3389/fpls.2021.699085

50. Baloch, A. W., Soomro, A. M., Javed, M. A., Ahmed, M., Bughio, H. R., Bughio, M. S., & Mastoi, N. (2002). Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 1(1). 25-27. doi: 10.3923/ajps.2002.25.27
51. Barbieri, G. F., Stefanello, R., Menegaes, J. F., Denardi, J. M., & Ubirajara, R. N. (2019). Seed germination and initial growth of quinoa seedlings under water and salt stress *Journal of Agricultural Science*. 11(15). doi:10.5539/jas.v11n15p153
52. Bascunan-Godoy, L., Sanhueza, C., Pinto, K., Cifuentes, L., Reguera, M., Briones, V., Zurita-Silva, A., Alvarez, R., Morales, A., & Silva, H. (2018). Nitrogen physiology of contrasting genotypes of *Chenopodium quinoa* Willd. (Amaranthaceae). *Sci. Rep.*, 8, 17524. doi: 10.1038/s41598-018-34656-5
53. Basra, S. M. A., Iqbal S., & I. Afzal. (2014). Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes, *International Journal of Agriculture & Biology*, 16(5). 886-892.
54. Bazile, D., Bertero, H. D., & Nieto, C. (eds). (2015). *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*. Roma: FAO & CIRAD. 589.
55. Bazile, D., Fuentes F., & Mujica, A. (2013). Historical perspectives and domestication. Ch. 2. *Quinoa: botany, production and uses*. Eds A. Bhargava, S. Srivastava. Wallingford, CABI.; 16–35. doi:10.1079/9781780642260.0016
56. Bazile, D., Jacobsen, S.E., & Verniau, A. (2016). The global expansion of quinoa: Trends and limits. *Front. Plant. Sci.* 7. 622. doi: 10.3389/fpls.2016.00622
57. Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi M. S, Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M. I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand N. A., Shams, A., Souici, D., Miri, K., & Padulosi, S. (2016 b). Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Front. Plant Sci.* 7. 850. doi: 10.3389/fpls.2016.00850

58. Beaman, A., Gladon, R., & Schrader, J. (2009). Sweet basil requires an irradiance of 500 $\mu\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ for greatest edible biomass production *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 44(1). 64-67. doi:10.21273/hortsci.44.1.64
59. 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 doi:http://hdl.handle.net/11336/44200
60. Beccari, G., Quaglia, M., Tini, F., Pannacci, E., & Covarelli, L. (2021). Phytopathological threats associated with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivation and Seed Production in an Area of Central Italy. *Plants*. 10(9). 1933. doi: 10.3390/plants10091933, 10, 9
61. Becker, V. I., Goessling, J. W., Duarte, B., Caçador, I., Liu, F., Rosenqvist, E., & Jacobsen, S.-E. (2017). Combined effects of soil salinity and high temperature on photosynthesis and growth of quinoa plants (*Chenopodium quinoa*). *Functional Plant Biology*. 44(7). 665. https://doi.org/10.1071/fp16370
62. Bedoya-Perales, N. S., Pumi, G., Mujica, A., Talamini, E., & Domingos Padula, A. (2018). Quinoa expansion in Peru and its implications for land use management. *Sustainability* 10. 532. https://doi.org/10.3390/su10020532
63. Bedoya-Perales, N. S., Pumi, G., Talamini, E., & Padula, A. D. (2018). The quinoa boom in Peru: will land competition threaten sustainability in one of the cradles of agriculture? *Land Use Policy*. 79. 475–480. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.08.039
64. Belachew, T., & Abera, Y. (2010). Response of maize (*Zea mays* L.) to tied ridges and planting methods at Goro, Southeastern Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 3. 21-24.
65. Belmonte, C., Soares de Vasconcelos, E., Lorenzetti, E., Alexandra da Silva Martinez, Pan, R., & Tauane Santos Brito (2019). Germination of quinoa seeds

- prevenient from agroecological and conventional crop systems
Communications in Plant Sciences. 9. 6–12. doi: 10.26814/cps2019002
66. Bertero, H. D. (2003) Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19, 87-97. <http://dx.doi.org/10.1081/FRI-120018870>
67. Bertero, H. D., de La Vega, A.J., Correa, G., Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2004). Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) as Revealed by Pattern Analysis of International Multi-Environment Trials. *Field Crops Res.* 89. 299–318. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.006>
68. Bertero, H. D. & Ruiz R. A. (2008) Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European Journal of Agronomy*, 28(3). 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.07.002>
69. Berti, M., Wilckens, R., Hevia, F., Serri, H. & Vidal I. (2000). Application on N uptake by wheat from N15 C. Mendez. Nitrogen Fertilization in quinoa labelled ammonium nitrate and urea. *Expti. Agric., (Chenopodium quinoa Willd).* *Cien. Investig. Agr.*, 27(2). 81-90.
70. Berti, M., Wilckens, R., Hevia, F., Serri, H., Vidal, I., & Méndez, C. (2000). Nitrogen fertilization in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ciencia e Investigación Agraria* 2000. 27. 81–90. doi: 10.7764/rcia.v27i2.999
71. Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa* An Indian perspective, *Industrial Crops and Products.* 23. 73–87. doi: 10.1016/j.indcrop.2005.04.002
72. Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crop Res.* 101. 104-116. doi:10.1016/j.fcr.2006.10.001
73. Bhargava, A. & Srivastava, S. (2013). *Quinoa: Botany, Production and Uses.* Oxfordshire DOI:10.1079/9781780642260.0000.

74. Bhargava, A. & Ohri, D. (2016). Origin of genetic variability and improvement of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Rajpal, V., Rao, S., Raina, S. (eds) Gene Pool Diversity and Crop Improvement. Sustainable Development and Biodiversity. 10. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27096-8_8
75. 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
76. Bilalis, D. I., Kakabouki, A., Karkanis, G., Zervas, E., & Tsiplakou, H. D. (2014). Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. *Emir. J Food Agric*. 26(1). 18-24. doi: 10.9755/ejfa.v26i1.16831
77. Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V., & D. Hela, D. (2012). Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 40(1). 42–46. doi: 10.15835/nbha4017400
78. Bioversity International FAO, Proinpa, I., & Ifad, A. (2013). Descriptors for quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) and wild relatives, in Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF and IFAD. (Rome: Bioversity International and FAO).
79. Bois, J. F., Winkel, T., Lhomme, J. P., Raffailac, J. P., & Rocheteau, A. (2006). Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. *European Journal of Agronomy*. 25(1). 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.06.007>
80. Bonifacio, A., Gomez-Pando, L., & Rojas, W. (2015). Quinoa breeding and modern variety development. In D. Bazile, D. Bertero, & C. Nieto (Eds.). State of the art report of quinoa in the world in 2013, FAO and CIRAD, 172–191.

81. Borrell, A., Hammer, G., & Oosterom, E. (2001). Stay-green: A consequence of the balance between supply and demand for nitrogen during grain filling? *Ann. Appl. Biol.*, 138. 91–95. doi: 10.3390/ijms20235837
82. Bosque, Sanchez, H., Lemeur, R., Van Damme, P., & Jacobsen, S. E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.* 19.111-119. doi:10.1081/fri-120018874
83. 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
84. Brinegar, C., & Goundan, S. (1993). Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 41. 182– 185. doi:10.1021/JF00026A006
85. Buckland, K. R., Reeve, J. R., Creech, J. E., & Durham, S. L. (2018). Managing soil fertility and health for quinoa production and weed control in organic systems. *Soil & Tillage Research.* 184. 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.07.001>
86. Buckland, K., Rasmussen, A., & Smith, E. (2020). Quinoa production for the Willamette Valley. Oregon State University Extension Service. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9300/html>
87. Burrieza, H. P., Lopez-Fernández, M. P., & Maldonad, S. (2014). Analogous reserve distribution and tissue characteristics in quinoa and grass seeds suggest convergent evolution. *Plant Sci.* (5). 1-11. doi: 10.3389/fpls.2014.00546
88. Bvenura, C., & Kambizi, L. (2022). “Future grain crops,” in future foods global trends, opportunities, and sustainability challenges, ed.R. Bhat (London: Academic Press), 81–105. doi: 10.1016/B978-0-323-91001-9.00032-3

89. Calvache U., M., & Valle, L. (2021). Índice de cosecha con macro-nutrientes en grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev. Alfa*, 5. 15–28. doi: 10.33996/revistaalfa.v5i13.95
90. Callisaya, V., Roly, A., Sea, Y., & Edwin E. (2015). Assessment of change in quinoa expansion in a year child using Landsat images. *RIIARn* [online]. 2 (1), 35-44.
91. Carvalho N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal 590).
92. 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.
93. Ceccato, D. V., Bertero, H. 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. <https://doi.org/10.1017/S096025851100002X>
94. 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
95. Cepková, P. H., Dostalíková, L., Viehmannová, I., Jágr, M., & Janovská, D. (2022). Diversity of quinoa genetic resources for sustainable production: A survey on nutritive characteristics as influenced by environmental conditions. *Front. Sustain. Food Syst.* 6. 501. doi: 10.3389/fsufs.2022.960159
96. Cha, J. S., Park, S. H., Sang-Chul, J., Ryu, C., Jong-Ki, J., Min-Chul, S., & Young-Kwon, P. (2016). Production and utilization of biochar: A review, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 40. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.06.002>

97. Chevarria-Lazo, M., Bazile, D., Dessauw, D., Louafi, S., Trommetter, M., & Hocdé, H. (2015). Quinoa and the exchange of genetic resources: improving the regulation systems, in State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013, eds D. Bazile, H. D. Bertero, and C. Nieto (Roma: FAO & CIRAD). 83–105. doi:10.13140/RG.2.1.5076.4249
98. Choukr-Allah, R., Rao, N. K., Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A., Toderich, K., & Butt, K. (2016). Quinoa for Marginal Environments: Toward Future Food and Nutritional Security in MENA and Central Asia Regions. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00346>
99. Christensen, S. A., Pratt, D. B., Pratt, C., Nelson, P. T., Stevens, M. R., Jellen, E. N., Coleman, C. E., Fairbanks, D. J., Bonifacio, A., & Maughan, P.J. (2007). Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genet Resour*, 5. 82–95. doi: 10.3390/plants10122802
100. Christiansen, J. L., Jacobsen, S.-E., & Jørgensen, S. T. (2010). Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Act Agric. Scand.* 60. 539–544. doi:10.1080/09064710903295184
101. Clemants, S. E., Mosyakin, S. L., & Dysphania, R. (2003). Brown *Chenopodium* Linnaeus. *Flora of North America north of Mexico*. Ed. by FNA Editorial Committee. New York, Oxford Univ. Press. 4. 267–99.
102. 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:<https://doi.org/10.1111/jac.12012>
103. Craine, E. B., & Murphy, K. M. (2020). Seed composition and amino acid profiles for quinoa grown in Washington State. *Front. Nutr.* 7, 126. doi: 10.3389/fnut.2020.00126

104. Crawford, D. J., & Wilson, H. D. (1979). Allozyme variation in several closely related diploid species of *Chenopodium* in the Western United States. *Amer J Bot.*66(3). 237–44. doi: 10.13140/RG.2.2.16009.85601
105. Critchley, C. S. A. (2001). Physiological Explanation for the Canopy Nitrogen Requirement of Winter Wheat. Ph.D. Thesis, University of Nottingham, Nottingham, UK. <http://eprints.nottingham.ac.uk/12834/1/368341.pdf>
106. Christensen, S. A., Pratt, D. B., Pratt, C., Nelson, P. T., Stevens, M. R., Jellen, E. N., Coleman, C. E., Fairbanks, D. J., Bonifacio, A., & Maughan, P. J. (2007). Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genet Resour*, 5, 82–95. doi: 10.3390/plants10122802
107. Cruz Díaz, I., Chaparro, H., Diaz, L., & Romeero, G. (2021). Effect of sowing density on the agronomic performance of Quinoa Nariño cultivar and the transmissivity of photosynthetically active radiation in the high tropics of Colombia *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 74(2). <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90040>
108. Curti, R. N., de la Veja, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2016). Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in Northwest Argentina. *Field Crops Research*. 189. 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.014>
109. De Arco, S. N. (2015). Quinoa's Calling. In *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*; Murphy, K., Matanguihan, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc: Hoboken, NJ, USA. 211–226.
110. De Bock, P., Daelemans, P., Selis, L., Raes, L., Vermeir, K., & Eeckhout, P. M. (2021). Comparison of the chemical and technological characteristics of whole meal flours obtained from amaranth (*Amaranthus* sp.), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and buckwheat (*Fagopyrum* sp.) seeds. *Foods*. 10. 651. doi: 10.3390/foods10030651

111. Delatorre, J., Lanino, M., & Bar, Y. (2001). Ensayo de fertilización con nitrógeno y fósforo en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev. Agric. Desierto*. 2. 31–38. doi: 10.3390/plants10112479
112. De Bock, P., Van Bockstaele, P., Muylle, F., Quataert, H., Vermeir, P., Eeckhout, P. M., et al. (2021). Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties grown in north-west Europe-part I. *Plants*. 10. 689. doi: 10.3390/plants10122689
113. De Santis G., Ronga, D., Caradonia F., Ambrosio, T., Troisi, J., Rascio, A., Fragasso, M., Pecchioni, N., & Rinaldi, M. (2018). Evaluation of two groups of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) accessions with different seed colours for adaptation to the Mediterranean environment. *Crop and Pasture Science*. 69. 12, (1264). doi: 10.1071/CP18143
114. Dinh T. H., Dang T. P. A., Luu H. N., & Nguyen V. L. (2021). Effects of nitrogen application on the growth and yield of quinoa under saline conditions in Northern Vietnam. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*. 4(1). 903–911. doi: 10.31817/10.31817/ vjas.2021.4.1.01
115. Dinh T. H., Nguyen T. C., & Nguyen V. L. (2015). Effect of nitrogen on growth and yield of quinoa accessions. *Journal of Science and Development*. 13(2). 173–182. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/146515>
116. 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
117. Dost, M. (2015). Field evaluation results across locations and identification of suitable quinoa varieties. In *Wrap up Workshop of Regional Quinoa Project (TCP/RAB/3403–FAO)*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
118. Drew, J., Dickinson, A., Sueiro, C., & Stepp, J. (2017). Ancient Grains and New Markets: The selling of quinoa as story and substance, corporate social

- responsibility and corporate governance (Developments in Corporate Governance and Responsibility; Emerald Publishing Limited: Bingley, UK. 11. 251–274.
119. Drucker, A. G., Pascual, U., Narloch, U., Midler, E., Soto, J. L., Pinto, M., Valdivia, E., & Rojas, W. (2015). Voluntary payments for the conservation of quinoa diversity: Exploring the role of payments for ecosystem services in the Andes. In State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013; FAO & CIRAD: Rome, Italy. 106–119. <http://www.fao.org/3/a-i4042e.pdf>
120. Eisa S. S., Abd El-Samd E. H., Hussin S. A., Ali E. A., Ebrahim M., González J. A., Ordano M. Erazzú L. E., El-Bordeny N. E., & Abdel-Ati A.A. (2018). Quinoa in Egypt – Plant density effects on seed yield and nutritional quality in Marginal regions. Middle East Journal of Applied Sciences. 8(2). 515–522.
121. Eisa, S., Hussin, S., Geissler, N., & Koyro, H. W. (2012). Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte. Australian Journal of Crop Science. 6(2). 357–368. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01599>
122. 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
123. El-Assiuty, E., Taha, E., Fahmy, Z., & Fahmy, G. (2019). Histological and molecular detections of *Peronospora variabilis* Gäum oospores in seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* L.). The Egyptian Society of Experimental Biology. 15.197-203.
124. El-Serafy, R. S., El-Sheshtawy, A. N. A., Abd El-Razek, U. A., Abd El-Hakim, A. F., Hasham, M. M. A., Sami, R., & Al-Mushhin, A.M. (2021). Growth, yield, quality, and phytochemical behavior of three cultivars of quinoa

- in response to moringa and azolla extracts under organic farming conditions. *Agronomy*, 11. 186. doi: 10.3390/agronomy11112186
125. Erazzú, L.E., González, J.A., Buedo, S.E., & Prado, F. E. (2016). Effects of sowing density on *Chenopodium quinoa* (quinoa) Incidence on morphological aspects and grain yield in Var. CICA growing in Amaicha del Vall (Tucumán, Argentina). *Lilloa*. 53(1). 12-22. FAO- Food Agriculture Organ. doi: 10.15446/rfnam.v74n2.90040
 126. Erley, G. S., Kaul, H. P., Kruse, M., & Aufhammer, W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization, *European Journal of Agronomy*. 22 (1). 95-100. doi: 10.1016/j.eja.2003.11.002
 127. Esmailpour, A., & Van Damme, P. (2014). Evaluation of Seed Soaking Times on Germination Percentage, Germination Rate and Growth Characteristics of Pistachio Seedlings. *Acta Horticulturae*. 10.17660/ActaHortic.2016.1109.17.
 128. Etchevers, J. & Avila, P. (1981) Efecto de la siembra, distancia entre surcos y dosis de siembra sobre el comportamiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Chilla'n, Cie. Investig. Agraria. 8(1). 19–26.
 129. Eurisco (2022). The European Search Catalogue for Plant Genetic Resources (EURISCO). Available online at: https://eurisco.ipkgatersleben.de/apex/f?p=10357:::P57_NATIONAL_INVENTORY,P57_INCLUDE_SYNONYMS.12. (accessed February 11, 2022).
 130. Fageria, N.K., & Baligar, V.C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv. Agron.* 97–185. doi: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6
 131. FAO (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics. Retrieved 2019 September 2 from <http://faostat.fao.org>.
 132. FAOSTAT (2021). Total production and yield of quinoa in 1961–2017. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

133. Fan Zhu (2023). Development of quinoa grain as a sustainable crop. *Quinoa Chemistry and Technology*. 1-15. doi :10.1016/B978-0-323-99909-0.00011-8
134. Fawy, H. A., Attia, M. F., & Hagab, R. H. (2017). Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of Ras Sadersinai. *Egyptian Journal of Desert Research*. 67(1). 171–185. doi: 10.21608/ejdr.2017.5851
135. Fghire, R., Anaya, F., Ali, O. I., Benlhabib, O., Ragab, R., & Wahbi, S. (2015). Physiological and photosynthetic response of quinoa to drought stress. *Chilean journal of agricultural research*. 75(2). 174-183. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000200006>
136. 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.
137. Filho, M. (2015). *Fisiología de semillas de plantas cultivadas*. 2^a ed. Londrina, Abrates. 58-76.
138. Flívia, 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.
139. Flórez-Martínez, D. H., Rodríguez-Cortina, J., Chavez-Oliveros, F. L., Aguilera-Arango, G. A., & Morales-Castañeda, A. (2023). Current trends and prospects in quinoa research: An approach for strategic knowledge areas. *Food Science & Nutrition* doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3891>
140. Fuentes, F. F., Martinez, E. A., Hinrichsen, P. V., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. (2009). Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conserv Genet.*, CHAPTER: 1.5 QUINOA genetic resources and ex situ conservation References. 80. 10. (2). 369-377. doi:10.1007/s10592-008-9604-3

141. Fuentes, F. F., Maughan, P. J., & Jellen, E. N. (2009). Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev Geogr Valpso*. 42. 20-33.
142. Fuentes, F., & Bhargava, A. (2011). Morphological analysis of quinoa germplasm grown under low land desert conditions. *J. Agron. Crop Sci*. 197. 124–137. doi: 10.1111/j.1439-037X.2010.00445.x
143. Fuentes-Bazan, S., Mansion, G., & Borsch, T. (2012). Towards a species level tree of the globally diverse genus *Chenopodium* (Chenopodiaceae). *Mol. Phylogenet. Evol.*;62(1):359-74. doi: 10.1016/j.ympev.2011.10.006
144. Fuentes, F., Bazile, D., Bhargava, A., & Martinez, E. A. (2012). Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science*. 150. 702–716. doi:10.1017/S0021859612000056
145. Fuentes-Bazan, S., Uotila P., & Borsch, T. (2012). A novel phylogenybased generic classification for *Chenopodium sensu lato*, and a tribal rearrangement of *Chenopodioideae* (Chenopodiaceae). *Willdenowia*. 42. 5–24. doi: 10.3372/wi.42.42101
146. Fuentes, F., & Paredes-Gonzales, X. (2015). Nutraceutical perspectives of quinoa: Biological properties and functional applications. In *State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*; Bazile, D., Bertero, D., Nieto, C., Eds.; FAO & CIRAD: Rome, Italy. 286–299. <http://www.fao.org/3/a-i4042e.pdf>
147. Galluzzi, G., & Noriega, I. L. (2014). Conservation and use of genetic resources of underutilized crops in the Americas - a continental analysis. *Sustainability*. 6. 980–1017. doi: 10.3390/su6020980
148. Galvez Ranilla L., Apostolidis, E., Genovese, M. I., Lajolo, F. M., & Shetty, K. (2009). Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. *J. Med. Food*. 12. 704-713. doi: 10.1089/jmf.2008.0122

149. Galwey, N. W. (1993). The potential of quinoa as a multipurpose crop for agricultural diversification: a review. *Ind. Crops Prod.* 1. 101–106. doi : 10.1016/0926-6690(92)90006-H
150. Galwey, N. W., Leakey, C. L. A., Price, K. R., & Fenwick, G. R. (1990). Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sci.Nutr.* 42.245-261. doi: 10.1080/09543465.1989.11904148
151. Gandarillas, A., W., Rojas, A., Bonifacio, N., & Ojeda. (2015). Quinoa in Bolivia: The PROINPA Foundation's Perspective.”In D. Bazile, D. Bertero, and C. Nieto, eds. *State of the Art: Report on Quinoa in the World in 2013*. Rome, Italy: FAO and CIRAD.344–36.
152. García-Parra, M., J. García-Molano, D. Melo-Ortiz, & Y. Deaquiz Oyola. (2017). Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad dulce de Soracá a la fertilización en V Cultura Científica. 15. 66-77.
153. García-Parra, M., García-Molano, J., & Deaquiz-Oyola, Y. (2019). Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 37(2). 160–168. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.76219>
154. Garcia, M., Raes, D., & Jacobsen S. E. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agric Water Manag.* 60.119-134. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00162-2
155. Gawlik-Dziki, U., Åšwieca, M., Suakowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., et al. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts - in vitro study. *Food Chem Toxicol.* 57. 154-160. doi: 10.1016/j.fct.2013.03.023
156. Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Del Castillo, C., & Buytaert, W. (2006). Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. *Agric. For. Meteorol.* 139. 399–412. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.08.018

157. Geren, H. (2015). Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turk. J. Field Crop.* 20. 59–64. doi: 10.17557/.39586
158. Gesinski, K., & Nowak, K. (2011). Comparative analysis of the biological value of protein of *Chenopodium quinoa* Willd. and *Chenopodium album* L. Part I Amino acid composition of the seed protein. *Acta Sci Pol Agricultura.* 10. 47-56. doi:10.4172/2155-9600.1000497
159. Gesinski, K. (2012). Evaluation of the development and yielding potential of *Chenopodium quinoa* Willd. under the climatic conditions of Europe. Part one: accomodation of *Chenopodium quinoa* (Willd.) to different conditions. *Acta Agrobotanica.* 61(1). doi:10.5586/aa.2008.025
160. 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
161. Gill, S., Alshankiti, A., Shahid, S. A., & Rodriguez, J. P. (2020). Amending soil health to improve productivity of alternate crops in marginal sandy soils of the UAE. In *Emerging Research in Alternative Crops*; Hirich, A., Choukr-Allah, R., Ragab, R., Eds.; Environment & Policy; Springer International Publishing: Cham, Switzerland. 93–123. doi: 10.1007/978-3-319-90472-6_4
162. Golicz, A., Steinfert, U., Arya, H., Singh, M., & Bhalla, P. (2019). Analysis of the quinoa genome reveals conservation and divergence of the flowering pathways. *Functional & Integrative Genomics.* 1–14. doi: 10.1007/s10142-019-00711-1
163. Gomaa, E. F. (2013). Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on quinoa plant, *Journal of Applied Sciences Research.* 9(8). 5210-5222.
164. Gomez-Caravaca A. M., Iafelice G., Lavini A., Pulvento C., Caboni M. F., & Marconi, E. (2012). Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown under different saline and nonsaline

- irrigation regimens. *J. Agric. Food Chem.* 60. 4620-4627. doi:10.1021/jf3002125
165. Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chem.* 157. 174-178. doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.023
166. Gómez-Ramírez, A., López-Santos, C., Cantos, M., García, J. L., Molina, R., Cotrino, J., & González-Elipe, A. R. (2017). Surface chemistry and germination improvement of Quinoa seeds subjected to plasma activation. *Scientific Reports.* 7(1). 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06164-5>
167. Gomez-Roldan, V., Femas, S., Brewer, P. B., Puech-Pages, V., Dun, E. A., Pillot, J. P., Letisse, F., Matusova, R., Danoun, S., Portais, J. C. et al. (2008). Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature.* 455. 189–194. doi: 10.1038/nature07271
168. Gonzalez, J.A., Roldan, A., Gallardo, M., Escudero, T., & Prado, F.E. (1989.) Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* (“quinoa”). *Plant Foods Hum. Nutr.* 39. 331-337. doi: 10.1007/BF01092070
169. Gonzalez, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M., & Prado, F. E. (2009). Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. *Bot Stud.* 50. 35-42. doi: 10.3390/plants7040106
170. Gonzalez, J. A., Rosa, M., Parrado, M. F., Hilal, M., & Prado, F. E. (2009). Morphological and physiological responses of two varieties of a highland species (*Chenopodium quinoa* Willd.) growing under near-ambient and strongly reduced solar UV-B in a lowland location. *J. Photochem Photobiol.* 96. 151. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2009.05.003
171. Gonzalez, J. A., Bruno, M., Valoy, M., & Prado, F. E. (2011). Genotypic variation of gas exchange parameters and leaf stable carbon and nitrogen

- isotopes in ten quinoa cultivars grown under drought. *J. Agron. Crop Sci.* 197. 81-93. doi:10.1111/j.1439-037X.2010.00446.x
172. Gonzalez, J. A., Konishi, Y., Marcela Bruno, M., Valoy, M., Fernando, E., & Prado, F.E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(6).1222-9. doi:10.1002/jsfa.4686
173. González, J. A., Buedo, S. E., Bruno, M., & Prado, F. E. (2017). Quantifying cardinal temperatures in quinoa (*Chenopodium quinoa*) Cultivars. *Lilloa*, 54(2), 179–194. doi:10.30550/j.lil/2017.54.2/8
174. González, J., Mercado, M., Martínez-Calsina, L., Erazzú, L., Buedo, S., González, D., & Ponessa, G. (2022). Plant density effects on quinoa yield, leaf anatomy, ultrastructure and gas exchange. *The Journal of Agricultural Science*. 160(5). 349-359. doi:10.1017/S0021859622000533
175. González, J. A.; Yousif, S. K.M.; Erazzu, L. E.; Martínez Calsina, L.; Lizarraga, E. F.; Omer, R. M.; Bazile, D.; Fernandez-Turiel, J. L.; Buedo, S. E.; Rejas, M. (2023) . Effects of goat manure fertilization on grain nutritional value in two contrasting quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties Cultivated at High Altitudes. *Agronomy*. 1. 918. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030918>
176. Gordillo-Bastidas, E., Díaz-Rizzolo, D. A., Roura, E., Massanés, T., & Gomis, R. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits: An Integrative Review. *J Nutr Food. Sci* 6. 497. doi:10.4172/2155-9600.100049
177. Gorinstein, S., Pawelzik, E., Gelgado-Licon, E., Haruenkit, R., Weisz, M., & Trakhtenberg, S. (2002). Characterization of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analysis. *J. Sci. Food Agric.* 82. 886–891. doi:10.1002/jsfa.1120
178. Graf, B. L., Poulev, A., Kuhn, P., Grace, M. H., Lila, M. A., et al. (2014). Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food Chem.* 163. 178-185. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.088

179. Grahmann, K., Verhulst, N., Buerkert, A., Ortiz-Monasterios, I., & Govaerts, B. (2013). Nitrogen use efficiency and optimization of nitrogen fertilization in conservation agriculture. *CAB Rev.* 53. 6. doi: 10.1079/PAVSNNR20138053
180. Granado-Rodriguez, S., Aparicio, N., Matias, J., Perez-Romero, L. F., Maestro, I., Graces, I., et al. (2021). Studying the impact of different field environmental conditions on seed quality of quinoa: the case of three different years changing seed nutritional traits in southern Europe. *Front. Plant Sci.* 12. 649132. doi: 10.3389/fpls.2021.649132
181. Granado-Rodriguez, S., Vilarino-Rodriguez, S., Maestro-Gaitan, I., Matias, J., Rodriguez, M. J., Calvo, P., et al. (2021). Genotype-dependent variation of nutritional quality-related traits in quinoa seeds. *Plants*, 10. 128. doi: 10.3390/plants10102128
182. Graziano, S., Agrimonti, C., Marmioli, N., & Gulli, M. (2022). Utilisation and limitations of pseudocereals (quinoa, amaranth, and buckwheat) in food production: A review, *Trends in Food Science & Technology.* 125. 154-165. doi: 10.1016/j.tifs.2022.04.007
183. Grimberg, A., Ganapathi, V. S., Ritva A. M., Bengtsson, T., Alandia, G., & Anders S. C. (2022). Transcriptional regulation of quinoa seed quality: identification of novel candidate genetic markers for increased protein content. *Frontiers in Plant Science.* 13. doi: 10.3389/fpls.2022.816425
184. 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
185. 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

186. Hajizadeh, 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
187. Hager, A., Taylor, J., Deborah, W., & Elke, A. (2014). Gluten free Beer-A review. *Trends in Food Science & Tecnology*. 36. 44-54.
188. He, Y. G., Cheng, J. P, Liu, L. F., Li, X. D., Yang, B., Zhang, H. S., & Wang, Z. F. (2015). Effects of pre-harvest chemical application on rice desiccation and seed quality. *Journal of Zhejiang University-Science B*. 16(10). 813-823. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1500032>
189. Hevia, F. H., Wilckens, R. E., Berti, M., & Badilla, R. B. Características del almidón y contenido de proteína de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillán Agro Sur. 29(1). 40-51. doi:10.4206/agrosur.2001.v29n1-06
190. Hildebrandt, U., Janetta, K., Ouziad, F., Renne, B., Nawrath, K., & Bothe, H. (2001). Arbuscular mycorrhizal colonization of halophytes in Central European salt marshes. *Mycorrhiza*. 10. 175–183. doi: 10.1093/aob/mcp251
191. Hinojosa, L., González, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., & Murphy, K. (2018). Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. *Plants*. 7(4). 106. <https://doi.org/10.3390/plants7040106>
192. Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., Castell, C., Murillo, A., Villacréz, E., Monar, C., Pichazaca, N., & Murphy, K. (2021). Quinoa in Ecuador: recent advances under global expansion. *Plants*. 10. 298. doi: 10.3390/plants10020298
193. Hinojosa, L., Matanguihan, J. B., & Murphy, K. M. (2019). Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(1). 33–45. <https://doi.org/10.1111/jac.12302>
194. Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Sven-Erik, J. (2014). The combined effect of deficit irrigation by treated wastewater and organic amendment on quinoa

- (*Chenopodium quinoa* Willd.) productivity, *Desalination and Water Treatment*, 52. 10-12. 2208-2213, doi: 10.1080/19443994.2013.777944
195. Hokmalipour, S., & Darbandi, M. H. (2011). Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). *World Applied Sciences Journal*. 15. 1780-1785.
196. Hou, W. F., Yan, J. Y., Jákli, B., Lu, J. W., Ren, T., Cong, R. H., & Li, X. K. (2018). Synergistic effects of nitrogen and potassium on quantitative limitations to photosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(20). 5125–5132. doi: 10.1021/acs.jafc.8b01135
197. Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al-Ghamdi, & Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants*. 10. 2258. doi: 10.3390/plants10112258
198. Ibrahim, J. F., Seif, S. A., El-Deepah, H. R.A& Saad A. M. (2020). Impact of Different Rates and Split Application of NPK Fertilizer on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) In Sandy Soil . *American-Eurasian Journal of Agronomy*. 13 (3). 70-77. doi: 10.5829/idosi.aeja.2020.70.77
199. 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/2296>
200. Ioanna P. et al. (2013). Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.), *J Soil Sci Plant Nutri*. 8(1). 220-235. doi: 10.4067/S0718-95162018005000901
201. Isam, A., Mohamed, A., Fahad, Al J., & Mehmet, M. Ö. (2021). Insights into the nutritional value and bioactive properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*): past, present and future prospective, *International Journal of Food Science & Technology International Journal of Food Science & Technology*

- International Journal of Food Science & Technology. 56. 8. 3726-3741. doi: 10.1111/ijfs.15011
202. Isobe, K., Sato, R., Sakamoto, S., Arai, T., Miyamoto, M., Higo, M., & Torigoe, Y. (2015). Studies on optimum planting density of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) variety NL-6 considering efficiency for light energy utilization, matter production yield. *Jpn J Crop Sci.* 84(4). 369-377. doi: 10.1626/jcs.84.369
203. Isobe, K., Sugiyama, H., Okuda, D., Murase, Y., Harada, H., Miyamoto, M., Koide, S., Higo, M., & Torigoe, Y. (2016). Effects of sowing time on the seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in South Kanto, Japan. *Agricultural Science.* 7. 146–153. doi: <https://doi.org/10.4236/as.2016.73014>
204. Israel, D., & Bilsborrow, P. (2022). Optimizing quinoa growth cycle duration in northeast England by varying the sowing date. *Agronomy Journal.* 114. 4. 2186-2199. doi: <https://doi.org/10.1002/agj2.21131>
205. Jacline, F., Ibrahim, S. A., Seif, H. R., El-Deepah A., & Saad, A. M. (2020). Impact of Different Rates and Split Application of NPK Fertilizer on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) In Sandy Soil *American-Eurasian Journal of Agronomy.* 13 (3). 70-77. doi: 10.5829/idosi.aeja.2020.70.77
206. Jacobsen, S. E., Jørgensen, I., & Stølen, O. (1994). Cultivation of quinoa (*Chenopodium Quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *J. Agric. Sci.* 122. 47–52. doi:10.17557/tjfc.485617
207. Jacobsen, S. E. (1997). Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern. *Euphytica.* 96. 41–48. doi: 10.1023/A:1002992718009
208. Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2000). New elaborated products from quinoa: protein concentrates and colorants. In, *Proceedings of COST 814 Conference, Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe, Pordenone, 10-13 May, Italy,* 44. doi:10.1081/FRI-120018880

209. Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Rev. Int.* 19. 99–109. doi: 10.3390/plants7040106
210. Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.* 19. 167–177. doi: 10.1081/FRI-120018883
211. Jacobsen, S. E., Monteros, C., Corcuera, L. J., Bravo, L. A., Christiansen, J. L., & Mujica, A. (2007). Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Eur. J. Agron.* 26. 471-475. doi: 10.3390/plants7040106
212. Jacobsen, S. E., Liu, F., & Jensen, C. R. (2009.) Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Sci Hort.* 12. 281-287. doi:10.1016/j.scienta.2009.05.019
213. Jacobsen, S. E. (2015). Adaptation and scope for quinoa in northern latitudes of Europe, in *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*, eds D. Bazile, H. D. Bertero, and C. Nieto (Roma: FAO & CIRAD). 436–446. doi: 10.1111/jac.12228
214. Jacobsen, S. E., & Christiansen, J. L. (2016). Some agronomic strategies for organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 202. 454–463. doi:10.1111/JAC.12174
215. Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., & Song, S. (2019). Quinoa: In Perspective of Global Challenges. *Agronomy*, 9(4). 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040176>
216. Jancurová, M., Minarovicova, L., & Dandar, A. (2009). Quinoa - A Review. *Czech J Food Sci.* 27. 71-79.
217. Jaskulski, D., & Jaskulska I. The effect of pre-harvest glyphosate application On grain quality and volunteer winter wheat. *Romanian Agricultural Research.* 2014. 31. 283-289.
218. Jellen, E. N., Kolano, B. A., Sederberg, M. C., Bonifacio, A., & Maughan, P. J. (2011). *Chenopodium*. In: Kole, C. (eds) *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer, Berlin, Heidelberg.35–61. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14387-8_3

219. 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.
220. Jensen, C. R., Jacobsen, S. E., Andersen, M. N., Nunez, N., Andersen, S. D., Rasmussen, L., & Mogensen, V.O. (2000). Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *Eur. J. Agron.* 13. 11- 25. doi: 10.1016/S1161-0301(00)00055-1
221. Jovanovic, Z., Stikic, R., & Jacobsen, S. E. (2022). Climate Change: challenge of introducing quinoa in Southeast European Agriculture. In book: *Biology and Biotechnology of Quinoa*. 345-371. doi:10.1007/978-981-16-3832-9_16
222. 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.
223. Kadereit, G., Gotzek, D., Jacobs, S., & Freitag, H. (2005). Origin and age of Australian Chenopodiaceae. *Org Divers Evol.* 5(1). 59–80. doi:10.1016/j.ode.2004.07.002
224. Kakabouki, I. P., Roussis, I., Hela, D., Papastylianou, P., Folina, A., & Bilalis, D. (2019). Root growth dynamics and productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to fertilization and soil tillage. *Folia Hort.* 31. 285–299. doi: 10.2478/fhort-2019-0023
225. Kakabouki, I. P., Roussis, I. E., Papastylianou, P., Kanatas, P., Hela, D., Katsenios, N., & Fuentes, F. (2019). Growth analysis of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to fertilization and soil tillage. *Not. Bot. Horti Agrobot.* 47. 1025–1036. doi: 10.15835/nbha47411657
226. Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G. Tsiplakou, E., & Hela D. (2014). Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein

- content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop, *Emir. J. Food Agric.* 26(1). 18-24.
227. Kansomjet P., Thobunluepop P., Lertmongkol S., Sarobol E., Kaewsuwan P., Junhaeng P., Pipattanawong N., & Iván M. T. (2017). Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference of nitrogen fertilizer management. *American Journal of Plant Physiology.* 12(1). 20–27. doi: 10.3923/ajpp.2017.20.27
228. 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
229. Karley, A., & White, P. (2009). Moving cationic minerals to edible tissues: Potassium, magnesium, calcium. *Current Opinion in Plant Biology.* 12(3). 291–298. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.013>
230. Karyotis, T., Iliadis, C., Noulas, C., & Mitsibonas, T. (2003). Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline–sodic soil. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 189(6). 402–408.
231. Kaul H. P., Kruse M., & Aufhammer W. (2005). Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. *European Journal Agronomy.* 22(1). 95–100. doi: 10.1016/j.eja.2003.11.002
232. 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
233. Kitaguchi, T., Ogra, Y., Iwashita, Y., & Suzuki, K. T. (2008). Speciation of selenium in selenium-enriched seeds, buckwheat (*Fagopyrum esculentum*

- Moench) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow). *Eur Food Res Technol.*, 227(5). 1455–6067.
234. Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H., & Wada, M. (2004). Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Biosci Biotechnol Biochem.* 68. 231-234. doi: 10.1271/bbb.68.231
235. Kristensen, L., Olsen, J., & Weiner, J. (2008). Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. *Weed Science.* 56(1). 97-102. doi: 10.1614/WS-07-065.1
236. Kuljanabhagavad, T., & Wink, M. (2009). Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochem Rev.* 8. 473-490. doi:10.1007/s11101-009-9121-0
237. Kuljanabhagavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat W., & Wink, M. (2008). Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochem.* 69. 1919-1926. doi: 10.1016/j.phytochem.2008.03.001
238. Lack, H. W., & Fuentes, S. (2013). The discovery, naming and typification of *Chenopodium quinoa* (Chenopodiaceae). *Willdenowia.* 43(1). 143–9. doi:10.3372/wi.43.43117
239. Lamothe, L. M., Srichuwong, S., Reuhs, B. L., & Hamaker, B. R. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chem.* 167. 490-496. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.022
240. Lescovar, D., Stein, L., & Daniello, F. (2000). Planting systems influence growth dynamics and quality of fresh market spinach. *Science.* 35(7). 1238-1240. doi:10.21273/HORTSCI.35.7.1238
241. Lesjak, J., & Calderini, D. F. (2017). Increased night temperature negatively affects grain yield, biomass and grain number in Chilean quinoa. *Frontiers in Plant Science.* 8(352). 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00352>
242. Lin, J. M., & Sung, J. H. (2001). Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter melon seedlings under optimal and sub-optimal temperatures. *Seed Science and Technology.* 29. 39-50.

243. López-Marqués R. L., Nørrevang, A. F., Ache, P., Moog, M., Visintainer, D., Wendt, T., Østerberg, J. T., Dockter, C., Jørgensen, M. E., Salvador, A. T., Rainer, H., Gao, C., Jacobsen, S. E., Shabala, S., & Palmgren, M. (2020). Prospects for the accelerated improvement of the resilient crop quinoa. *Journal of Experimental Botany*. 71. 18. 5333-5347. doi: 10.1093/jxb/eraa285
244. Mäkinen, O., Hager, A., & Arendt, E. (2014). Localisation and development of proteolytic activities in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds during germination and early seedling growth. *Journal of Cereal Science*. 60. 484-489.
245. Maliro, M. F. A., Guwela, V. F., Jacinta, N., Murphy, K. M. (2017). Preliminary studies of the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes under irrigated and rainfed conditions of central Malawi. *Front. Plant Sci.*. 8. 227.
246. Mamedi, A., Tavakkol, R., & Oveisi, M. (2017). Cardinal temperatures for seed germination of three Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 1(1). 89–100. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.206204.654106>
247. 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/microorganisms10091836
248. Maradini Filho, A. M., Ribeiro Pirozi M., Da Silva Borges, J. T., Pinheiro Sant 'Ana, H. M., Paes Chaves, J. B., et al. (2015). Quinoa: Nutritional, functional and anti-nutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (ahead of print). doi:10.1080/10408398.2014.1001811
249. Marcos-Filho, J. (2015). *Seed Physiology of Cultivated Plants*. 2nd Edition, ABRATES, Londrina, 660 p.
250. Mastebroek, H. D., Limberg, H., Gilles, T., & Marvin, H. J. P. (2000). Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa*

- Willd.). *J. Sci. Food Agric.* 80 (1). 152–156. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(20000101)80:13.0.CO;2-P
251. Mastebroek, H. D., Van Loo, E. N., & Dolstra, O. (2002). Combining ability for seed yield traits of *Chenopodium quinoa* breeding lines. *Euphytica*. 125. 427–432. doi: 10.1023/A:1016030129541
252. McKenzie, R. (2010). Wheat nutrition and fertilizer requirements: nitrogen. Adapted from the Canada Grains Council's Complete Guide to Wheat Management. Extracted on 19.10.2013 [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/crop1273/](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/crop1273/)
253. McGinty, E. M., Murphy, K. M., & Hauvermale, A. L. (2021). Seed dormancy and preharvest sprouting in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Plants*. 10 (3). 458. doi: 10.3390/plants10030458
254. McGinty, E. M., Craine, E. B., Miller, N. D., Ocana-Gallegos, C., Spalding, E. P., Murphy, K. M., & Hauvermale, A. L. (2023). Evaluating relationships between seed morphological traits and seed dormancy in *Chenopodium quinoa* Willd.. *Front. Plant Sci.* 14. 1161165. doi: 10.3389/fpls.2023.1161165
255. Mendoza Nieto, E., Luis Olivas, D., Mejía Domínguez, C. M., & García C. (2016). Fertilización nitrogenada en el rendimiento de dos variedades de quinua. *Infinitem*. 6. 11–15. doi: 10.51431/infinitem.v6i1.3
256. Menezes Junior, J. A. N., Rocha, M. M., Silva, K. J. D., & Bertini, C. H. C. M. (2017). Colheita. p.244-267. In DoVale, J.C., C. Bertini, and A. Borém (Eds.). *Feijão-caupi: do plantio à colheita*. Editora UFV, Viçosa, Brasil.
257. Minh, N. V., Hoang, D. T., Anh, D. T. P., & Long, N. V. (2022). Effect of Nitrogen and Potassium on Growth, Yield, and Seed Quality of Quinoa in Ferralsols and Acrisols under Rainfed Conditions. *Journal of Ecological Engineering*. 23(4). 164-172. doi:10.12911/22998993/146515
258. Miranda, R., Carlesso, R., Huanca, M., Mamani, P., & Borda, A. (2012). Yield and nitrogen accumulation in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) produced with manure and supplementary irrigation. *Venesuelos*. 20. 21–29. doi: 10.3390/plants10112479

259. Mohan P., Singh, A. K., Dwivedi, B. S., Nitin S., & Yati, R. K. (2022). Response of NPK levels and biofertilizers on growth, yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa*) *The Pharma Innovation Journal*. 11(11). 642-645.
260. Morales-Díaz et al. (2017). Application of nanoelements in plant nutrition and its impact in ecosystems *Adv. Nat. Sci: Nanosci. Nanotechnol.* 8 (1) 3001/ doi: 10.1088/2043-6254/8/1/013001
261. Mosyakin, S. L., & Schwartau, V. V. (2015). Quinoa as a promising pseudocereal crop for Ukraine *Agricultural Science and Practice*. 2(1). doi:10.15407/agrisp2.01.003
262. Mosyakin, S. L. (2013). Families and orders of angiosperms of the flora of Ukraine: a pragmatic classification and placement in the phylogenetic system. *Ukr Bot Zh.* 70(3). 289–307. doi:10.15407/ukrbotj70.03.289
263. Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J., & Rahmanian, M. (2016). Seeds without Borders: development of a worldwide consortium on evolutionary participatory breeding in quinoa. *Front. Plant Sci.* 7. 608. doi: 10.3389/fpls.2016.00608
264. Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J., & Rahmanian, M. (2016). Development of a worldwide consortium on evolutionary participatory breeding in quinoa. *Frontier in Plant Science*. 7. 608. doi: 10.3389/fpls.2016.00608
265. Naik, S. R., Paramesh, R., Siddaraju, P., Ravi, S., & Mudalagiriappa, N. (2020). Studies on growth parameters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Journals of Chemical Studies*. 8(1). 393-397. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i1f.8278
266. 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

267. Naneli, I., Tanrikulu, A., & Dokuyucu, T. (2017). Response of the quinoa genotypes to different locations by grain yield and yield components. *Int J Agri Innov Res.* 6(3). 447-451.
268. Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifao, S., Santos, M., et al. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chem.* 148. 420-426. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.09.155
269. Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science.* 69. 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
270. Nguyen, Van M., Dinh, T. H., Nguyen, Van Loc., & Nguyen, V. L. (2020). Effects of plant density on growth, yield and seed quality of quinoa genotypes under rain-fed conditions on red basalt soil regions *AJCS.* 14(12). 1977-1982. ISSN:1835-2707. doi: 10.21475/ajcs.20.14.12.2849
271. Nogueira, F. C. B., Gallão, M. I., Bezerra, A. M. E., & Medeiros Filho, S. (2014). Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Dalbergia cearensis* Ducke. *Ciência Florestal.* 24(4). 997-1007. doi: 10.1590/1980-509820142404019
272. 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:<https://doi.org/10.1007/s00344-017-9728-0>
273. Noulas C., Tziouvalekas, M., Vlachostergios, D., Baxevanos, D., Karyotis, T., & Iliadis, C. (2017). Adaptation, agronomic potential, and current perspectives of quinoa under Mediterranean conditions: case studies from the Lowlands of Central Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 48 (22). 2612-2629. doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1416129>

274. 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
275. Noulas, C., Tziouvalekas, M., Vlachostergios, D., Baxevanos, D., Karyotis, T., & Iliadis, C. (2017). Adaptation, agronomic potential, and current perspectives of quinoa under Mediterranean conditions: Case studies from the lowlands of central Greece. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 48. 2612–2629. doi:10.1080/00103624.2017.1416129
276. 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.
277. 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
278. Oyoo, M., Khaemba, J., Githiri, S., & Ayiecho, O. (2015). Production and utilization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) outside its traditional growing areas: a case of Kenya. In: Bazile Didier (ed.), Bertero Hector Daniel (ed.), Nieto Carlos (ed.). *State of the art report on quinoa around the world in 2013.* Santiago du Chili: FAO, CIRAD. 534-548. doi:10.5897/AJAR2020.14904
279. Paradkar, M., Singh, AK Dwivedi, BS, Singhai, N. & Yati Raj Khare (2022) Response of NPK levels and biofertilizers on growth, yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa*) *The Pharma Innovation Journal.* 11(11). 642-645.
280. Parwada, C., Mandumbu, R., Tibugari, H., Badze, D., & Mhungu, S. (2020). Effect of soil fertility amendment, planting density and growing season on *Chenopodium quinoa* Willd (*Quinoa*) in Zimbabwe. *Cogent Food & Agriculture.* 6. 1. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1792668>

281. Pasko, P., Zagrodzki, P., Barton, H., Chlopicka, J., & Gorinstein, S. (2010). Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats. *Plant Foods Hum Nutr.* 65. 333-338. doi:10.1007/s11130-010-0197-x
282. Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds, *Industrial Crops and Products.* 111. (38-46). doi:10.1016/j.indcrop.2017.10.006
283. 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.
284. Peñas, E., Uberti, F., di Lorenzo, C., Ballabio, C., Brandolini, A., et al. (2014). Biochemical and immunochemical evidences supporting the inclusion of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a gluten-free ingredient. *Plant Foods Hum Nutr.* 69. 297-303. doi: 10.1007/s11130-014-0449-2
285. Pereira, T., Coelho, C. M. M., Sobiecki, M., & Souza, C. A. (2015). Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. *Planta Daninha.* 33(3). 441-450. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000300007>
286. Peterson, A., Jacobsen, S.-E., Bonifacio, A., & Murphy, K. (2015). A crossing method for quinoa. *Sustainability.* 7. 3230–3243. doi: 10.3390/su7033230
287. Phara, B., Bockstaele, F., Muylle, H., Quataert, P., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Cnops, G. (2021). Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties Grown in North-West Europe—Part I, *Plants.* 10. 12. 2689. doi: 10.3390/plants10122689
288. Phara, B., Cnops, G., Muylle, H., Quataert, P., Eeckhout, M., & Bockstaele, F. (2022). Physicochemical characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium*

- quinoa Willd.) Varieties Grown in North-West Europe—Part II, *Plants*. 11. 3, 265. doi: 10.3390/plants11030265
289. Pinto-Irish, K., Coba de la Pena, T., Ostría-Gallardo, E., Ibanez, C., Briones, V., Vergara, A., Alvarez, R., Castro, C., Sanhueza, C., Castro, P.A., et al. (2020). Seed characterization and early nitrogen metabolism performance of seedlings from Altiplano and coastal ecotypes of Quinoa. *BMC Plant Biol.* 20. 343. doi: 10.1186/s12870-020-02542-w
290. Pinto, A. A., Fischer, S., Wilckens, R., Bustamante, L., & Berti, M. T. (2021). Production efficiency and total protein yield in quinoa grown under water stress. *Agriculture*. 11. 1089. doi: 10.3390/agriculture11111089
291. 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
292. Piva, G., Brasse, C., & Mehinagic, E. (2015). Quinoa d'Anjou: the beginning of a French quinoa sector. In: Bazile Didier (ed.), Bertero Hector Daniel (ed.), Nieto Carlos (ed.). *State of the art report on quinoa around the world in 2013*. Santiago du Chili: FAO, CIRAD. 447- 453.
293. Planella, M. T., López, M. L., & Bruno, M. C. (2015). Domestication and prehistoric distribution. In: Bazile Didier (ed.), Bertero Hector Daniel (ed.), Nieto Carlos (ed.). *State of the art report on quinoa around the world in 2013*. Santiago du Chili: FAO, CIRAD. 29-41.
294. Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*. 8(10). 197. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>
295. Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P.M., Mast, B., & Graeff, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*. 8. 197. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>

296. Prager, A., Boote, K. J., Munz, S., & Graeff-Hönninger, S. (2019). Simulating growth and development processes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): adaptation and evaluation of the CSM-CROPGRO Model, *Agronomy*. 9. 12. 832. doi: 10.3390/agronomy9120832
297. 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
298. Prommarak, S. (2014) Response of quinoa to emergence test and row spacing in Chiang Mai-Lumphun Valley Lowland Area. *Khon Kaen Agric. J.* 42. 8-14.
299. Pulvento, C., Jacobsen, S.-E., Alandia, G., Prins, U., d'Andria, R., Sellami, M. H., Grimberg, A., Carlsson, A.S., Capannini, S., & Lavini, A. (2016). Evaluation of quinoa adaptability under European conditions to enhance high quality food protein production. In *Proceedings of the Quinoa for Future Food and Nutrition Security in Marginal Environments Conference*, Dubai, United Arab Emirates. 28.
300. Rachid, F., Said, W., Fatima, A., Oudou, I. A., Ouafae, B., & Ragab, R. (2015). Response of quinoa to different water management strategies: Field experiments and Saltmed model application results. *Irrig. Drain.* 64. 232–238.
301. Rahut, D. B., Aryal, J. P., Manchanda, N., & Sonobe, T. (2022). Expectations for household food security in the coming decades: A global scenario, in *Future Foods. Global Trends, Opportunities, and Sustainability Challenges*, ed. R. Bhat. (London: Academic Press). 107–131.
302. 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
303. Ranilla, L. G., Kwon, Y. I., Apostolidis, E., & Shetty, K. (2010). Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key

- enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. *Bioresour Technol.* 101(12).4676-89. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.093
304. Razzaghi, F., Jacobsen, S.-E., Jensen, C. R., & Andersen, M. N. (2015). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought – mechanisms of tolerance. *Functional Plant Biology.* 42. 136-148. <https://doi.org/10.1071/FP1413>
305. Razzaghi, F., Bahadori-Ghasroldashti, M. R., Henriksen, S., Sepaskhah, A. R., & Jacobsen, S. E. (2020). Physiological characteristics and irrigation water productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to deficit irrigation imposed at different growing stages—A field study from Southern Iran. *J. Agro. Crop Sci.* 206(3). 390-404.
306. Rêgo V. M., Koetz M., Bonfim-Silva E. M., da Silva T. J. A., & Dourado L. G. A. (2017). Productive characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under irrigation and potassium fertilization. *Australian Journal of Crop Sciences.* 11(11). 1438–1443. doi: 10.7764/rcia.v46i2.2151
307. Reguera, M., Peleg, Z., Abdel-Tawab, Y. M., Tumimbang, E. B., Delatorre, C. A., & Blumwald, E. (2013). Stress-induced cytokinin synthesis increases drought tolerance through the coordinated regulation of carbon and nitrogen assimilation in rice. *Plant Physiol.* 163. 1609–1622. doi: 10.1104/pp.113.227702
308. Reguera, M., Conesa, C. M., Gil-gómez, A., Haros, C. M., Pérez-Casas, M. Á., Briones-Labarca, V., & Bascuñán-Godoy, L. (2018). The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. *PeerJ*, 14(6), 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.4442>
309. Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellstrom, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*chenopodium pallidicaule*) and

- kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*. 120. 128-133. doi:10.1016/j.foodchem.2009.09.087
310. Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev Intern*. 19. 179-189. doi: 10.1081/FRI-120018884
311. Repo-Carrasco-Valencia, R., Basilio-Atencio, J., Isabel Luna-Mercado, G., Pilco-Quesada, S., & Vidaurre-Ruiz, J. (2022). Andean Ancient Grains: nutritional value and novel uses. *Biology and Life Sciences Forum*, 8. 1 (15). doi: 10.3390/blsf2021008015
312. Rimac Mendez, L. (2015). Determinacion optima de niveles de fertilizacion para incrementar el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) Cultivar Hualhuas en el Callejon de Huaylas. Engineering Thesis, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Peru.
313. Risi, J., & Galwey, N. W. (1991). Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. *The Journal of Agricultural Science*. 117(3). 325-332. <https://doi.org/10.1017/S002185960006706X>
314. Rodriguez, J. P., Rahman, H., Thushar, S., & Singh, R. K. (2020). Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: molecular advances for improving nutrient bioavailability. *Front. Genet*. 11. 49. doi: 10.3389/fgene.2020.00049
315. 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

316. Rojas, W. (2003). Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. *Food Reviews International*. Vol. 19 (1-2). 9-23. doi: 10.1081/FRI-120018864
317. Rojas, W., & Pinto, M. (2013). La diversidad genética de quinua de Bolivia. In M. Vargas, ed. *Congreso Científico de la Quinoa (Memorias)*. La Paz, Bolivia. 77-92.
318. Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gomez Pando, L., Leon-Lobos, P., Alercia, A., et al. (2015). Quinoa genetic resources and ex situ conservation,” in *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*, eds D. Bazile, H. D. Bertero, and C. Nieto (Roma: FAO & CIRAD). 56–82.
319. Romero, G., Heredia, A., & Chaparro-Zambrano, H. (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.
320. Rosa, W. B., Duarte Junior, J. B., Perego, I., de Almeida, B.H., da Costa, A. C. T., & Tomm, G. O. (2019). Agronomic performance of canola submitted to desiccation with herbicides at different maturation stages. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 23(6). 419-424. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p419-424>.
321. Roussis, I., Travlos, I., Bilalis, D., & Kakabouki, I. (2017). Influence of seed rate and fertilization on yield and yield components of *Nigella sativa* L. cultivated under Mediterranean semi-arid conditions. *AgroLife Sci J*. 6 (1). 218–223. ISSN:2286–0126.
322. Ruiz, R. A., & Bertero, H. D. (2008). Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European Journal of Agronomy*. 29. 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.05.003>
323. Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez Mosqueira, E. A., et al. (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
324. Ruiz, K. B., Biondi, S., Martínez, E. A., Orsini, F., Antognoni, F., & Jacobsen, S.-E. (2015). Quinoa – a model crop for understanding salt tolerance mechanisms in halophytes. *Plant Biosyst.* 150, 357–371. doi: 10.1080/11263504.2015.1027317
325. Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuna-Rodriguez, I. S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E. A., et Schmidt, D., Verruma-Bernardi, M. R., Forti, V. A., & Borges, M. (2021). Quinoa and amaranth as functional foods: a review. *Food Rev. Int.* 37. 1–20. doi: 10.1080/87559129.2021.1950175
326. 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. doi:<http://www.academicjournals.org/AJB> ISSN
327. Salim S. A., Al-Hadeethi I. K., & Alobaydi S. A. J. (2019). Role of irrigation scheduling and potassium fertilization on soil moisture depletion and distributino of quinoa root (irrigation schedulling fertilization and their effect on moisture depletion and yield). *Plant Archives.* 19(2). 3844–3852.
328. Sangoi, L., Ender, M., Guidolin, A.F., et al. (2000). Evolução da resistência a doenças de híbridos de milho de diferentes épocas em três populações de planta. *Revista Ciência Rural, Santa Maria.* 30(1).17-21.
329. 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.
330. Schlick, G., & Bubenheim, D. L. (1993). (Ames Research Center, Moffett Field, California). Quinoa: An Emerging “New” Crop with Potential for CELSS.NASA (US). Report No.3422.1-6.

331. Sellami, M. H., Pulvento, C., & Lavini, A. (2021). Agronomic practices and performances of quinoa under field conditions: A Systematic Review. *Plants* 10, 72. doi: 10.3390/plants10010072
332. 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
333. Shah S. S., Shi L., Li Z., Ren G., Zhou B., & Qin P. (2020). Yield, agronomic and forage quality traits of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes in Northeast China. *Agronomy.* 10. 1908. doi: 10.3390/agronomy10121908
334. Shams, A. S. (2012). Response of quinoa to nitrogen afectan el crecimiento de quinua (*Chenopodium* fertilizer rates under sandy soil conditions, Proc. International Conf. Agron., Fac. of Agric., Benha th American meeting of Agricultural Sciences. Univ., Egypt. 195-205.
335. Sharifi, R. S., Sedghi, M., & Gholipouri, A. (2009). Effect of population density on yield and yield attributes of maize hybrids. *Research Journal of Biological Sciences* 4(4). 375-379. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=rjbsci.2009.375.379>
336. Shoman, H. A. (2018). Effect of sowing dates and nitrogen on productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Plant Production.* 9(4). 327-332. doi: 10.21608/jpp.2018.35702
337. 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.
338. Shokry, A. M. (2016). The usage of quinoa flour as a potential ingredient in production of meat burger with functional properties. *Middle East Journal of Applied Sciences.* 6. 1128–1137.
339. Singh, M. P., Soni, K., Bhamra, R., & Mittal, R. K. (2022). Superfood: value and need. *Curr. Nutr. Food Sci.* 18. 65–68. doi: 10.2174/1573401317666210420123013

340. Singh, U., Praharaj, C. S., Ram, D., Jat, N. K., & Kumar, M. (2021). Agronomic manipulations for cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Varma, A. (eds) *Biology and Biotechnology of Quinoa*. Springer, Singapore. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-3832-9_6
341. Sief, A. S., El-Deepah, H. R. A., Kamel, A. S. M., & Ibrahim, J. F. (2015). Effect of various inter and intra spaces on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Plant Product*. 6(3). 371-383. doi: 10.21608/JPP.2015.49331
342. 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
343. Songül, Ç., Gülay, Z., Melek, S. G., Elif, K., Elif, B., & Leyla, İ. (2020). The effect of row distances on quinoa yield and yield components in the late planting period international. *Journal of Research Publication and Reviews*.1 (4). 37-42.
344. Sosa, V., Brito, V. H., Fuentes, F., & Steinfort, U. (2017). Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*. 170. 8. doi: 10.1111/aab.12358
345. 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
346. Souza, F. F. J., de Souza, J. E. A., Souza, N. O. S., Spehar, C. R., & de Jesus, T. F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*. 12(3). 155-160. doi: 10.5897/AJAR2016.11820
347. Spehar, C. R., & Santos, R. L. B. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 40. 609-612. doi: 10.1590/S0100-204X2005000600012
348. Spehar, J., Evangelista, D. A., & Silva, R. C. R. (2009). Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the

- brazilian savannah highlands / Efeito da densidade de sementeira no crescimento e desenvolvimento de quinoa, genótipo 4.5, no planalto central. *Bioscience Journal* [online]. 25(4). 53-58. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6952>
349. 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>
350. Spehar, C. R. (2015). Advances and challenges for quinoa production and utilization in Brazil. Chapter XX., 562-583. In: . In: FAO & CIRAD State of the art report on quinoa around the world in 2013., by D. Bazile, D. Bertero & C. Nieto, 605 p., Rome.
351. Stanschewski, C. S., Rey, E., Fiene, G., Craine, E. B., Wellman, G., Melino, V.J., Patiranage, D. S. R., Johansen, K., Schmöckel, S. M., Bertero, H. D., Oakey, H., Afzal, I., Raubach, S., Miller, N., Streich, J., Buchvaldt Amby, D., Emrani, N., Warmington, M., Moussa, M.A.A., Wu, D., Jacobson, D., Andreasen, C., Jung, C., Murphy, K., Bazile, D., & Tester, M. (2021). Quinoa phenotyping methodologies: an international consensus. *Plants*. 10. 1759. 1–52. doi: <https://doi.org/10.3390/plants10091759>.
352. 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. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i1.30989>
353. 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
354. Tabatabaei, I., Alseekh, S., Shahid, M., Leniak, E., Wagner, M., & Mahmoudi, H. (2022). The diversity of quinoa morphological traits and seed metabolic composition. *Sci. Data*. 9. 1–7. doi: 10.1038/s41597-022-01399-y
355. Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., et al. (2015). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions

- and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food chemistry*. 174. 502-508. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.040
356. Tanwar, B., Goyal, A., Irshaan, S., Kumar, V., Sihag, M.K., Patel, A., & Kaur, I. (2019). Quinoa. In *Whole Grains and Their Bioactives*; John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK. 269–305.
357. Tapia M. (2013). The Long Journey of Quinoa: Who wrote its history. In: Bazile D., Bertero H.D., Nieto C., editors. *State of the Art Report on Quinoa around the World Volume 1*. FAO; Santiago, Chile: CIRAD; Montpellier, France, 2015, 1–7.
358. 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
359. Thanapornpoonpong, Sa-N., Vearasilp, S., Pawelzik, E., & Gorinstein, S. (2008). Influence of Various Nitrogen Applications on Protein and Amino Acid Profiles of Amaranth and Quinoa *J. Agric. Food Chem.* 56. 23. 11464–11470 .<https://doi.org/10.1021/jf802673x>
360. Thanapornpoonpong, S. (2004). Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Doctoral Dissertation, Doctor of Agricultural Sciences of the Faculty of Agricultural Sciences, Institute of Agricultural Chemistry, Georg-August-University of Göttingen.
361. The Angiosperm Phylogeny Group. An ordinal classification for the families of Flowering plants. *Ann Missouri Bot Gard.*1998. 85(4).531–53.
362. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of Flowering plants: APG III. *Bot J Linnean Soc.* 2009; 161(2). 105–21. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
363. Thiam, E., Allaoui, A., & Benlhabib, O. (2021). Quinoa productivity and stability evaluation through varietal and environmental interaction. *Plants*. 10. 714. doi: 10.3390/plants10040714

364. Toledo, Z. M., & Ceccon, G. (2023). Pre-harvest desiccation for producing high quality cowpea seeds. *Chil. j. agric. anim. sci.* [online]. 39. (3). 266-275. ISSN 0719-3882. <http://dx.doi.org/10.29393/chjaa39-23pdmg20023>
365. Toledo, M. Z., Ishizuka, M. S., Cavariani, C., França-Neto, J. de B., & Picoli, L. B. (2014). Pre-harvest desiccation with glyphosate and quality of stored soybean seeds. *Semina: Ciências Agrárias*. 35(2). 765–774. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p765>
366. Tränkner, M., Tavakol, E., & Jákli, B. (2018). Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiologia Plantarum*. 163. 414–431. <https://doi.org/10.1111/ppl.12747>
367. Trotsenko, N., Zhatova, H., & Radchenko, M. (2023). Growth and yield capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) depending on the sowing rate in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 12(2). 206–213. **doi:** <https://doi.org/1017930/AGL2023226>
368. Triboï, E., Martre, P., & Triboï-Blondel, A. (2003). Environmentally- induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content, *Journal of Experimental Botany*. 54(388). 1731–1742. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg183>
369. Triboi, E., Martre, P., Girousse, C., Ravel, C., & Triboi-Blondel, A.-M. (2006). Unravelling environmental and genetic relationships between grain yield and nitrogen concentration for wheat. *Eur. J. Agron.* 25. 108–118. **doi:** 10.1016/j.eja.2006.04.004
370. Tschopp, M., Bieri, S., & Rist, S. (2018). Quinoa and production rules: how are cooperatives contributing to governance of natural resources? *J. Commons*. 12. 402–427. **doi:** 10.18352/ijc.826
371. Turcios A., Papenbrock J., & Tränkner, M. (2021). Potassium, an important element to improve water use efficiency and growth parameters in quinoa (*Chenopodium quinoa*) under saline conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 207. **doi:** 10.1111/jac.12477
372. Umehara, M., Hanada, A., Yoshida, S., Akiyama, K., Arite, T., Takeda-Kamiya, N., Magome, H., Kamiya, Y., Shirasu, K., Yoneyama, K., et al.

- (20089). Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature*. 455. 195–200.
373. Van Minh, N., Hoang, D. T., Anh, D. T. P., & Long, N. V. (2022). Effect of Nitrogen and Potassium on Growth, Yield, and Seed Quality of Quinoa in Ferralsols and Acrisols under Rainfed Conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 23(4). 164-172. <https://doi.org/10.12911/22998993%2F146515>
374. Van Minh, N., Hoang, D.T., van Loc, N., & Long, N.V.(2020). Effects of Plant Density on Growth, Yield and Seed Quality of Quinoa Genotypes under Rain-Fed Conditions on Red Basalt Soil Regions. *Aust. J. Crop Sci.* 14. 1977–1982. doi: 10.21475/ajcs.20.14.12.2849
375. Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., et al. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric.* 90. 2541-2547. doi: 10.1002/jsfa.4158
376. Vidueiros, S. M., Curti, R. N., Dyner, L. M., Binaghi, M. J., Peterson, G., Bertero, H. D., & Pallaro, A. N. (2015). Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. *J. Cereal Sci.* 62. 87–93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.01.001>
377. Wali, A. M., Kenaway, M. K., Ibrahim, O. M., & El Lateef, E.M.A. (2022). Productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) under new reclaimed soil conditions at north-western coast of Egypt. *Bull. Natl. Res. Cent.* 46. 38.
378. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences.* 14(4). 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
379. Wang, S. & Zhu, F. (2016). Formulation and Quality Attributes of Quinoa Food Products. *Food Bioprocess Technol.* 9. 49–68.
380. Wang, N., Wang, F., Shock, C., Meng, C., & Qiao, L. (2020). Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy*, 10. 445-449. doi: 10.3390/agronomy10030445

381. Wilson, H. D. (1988). Allozyme variation and morphological relationships of *Chenopodium hircinum* (s.l.). *Syst. Bot.* 13(2). 215–28. <https://doi.org/10.2307/2419100>
382. Wilson, H. D. (1980). Artificial hybridization among species of *Chenopodium* sect. *Chenopodium*. *Syst. Bot.* 5(3). 253–63. <https://doi.org/10.2307/2418450>
383. Wilson, H. D. (1985). *Chenopodium quinoa* Willd.: variation and relationships in southern South America. *Nat. Geogr. Soc. Res. Reports.*, 19. 711–21.
384. Wilson, H. D. (1981). Domesticated *Chenopodium* of the Ozark Bluff dwellers. *Econ Bot.* 35(2). 233–9. doi: 10.1093/aob/mcm193
385. Wilson, H. D. (1981). Genetic variation among South American populations of tetraploid *Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*. *Syst Bot.* 6(4). 380–98. <https://doi.org/10.2307/2418450>
386. Wilson, H. D. (1988). Quinoa biosystematics I: Domesticated populations. *Econ Bot.* 1988;42(4):461–77. doi: 10.1079/9781780642260.0016
387. Winkel, A., Visser, E. J. W., Colmer, T. D., Brodersen, K. P., Voesenek, L. A. C. J., Sand-Jensen, K., & Pedersen, O. (2016). Leaf gas films, underwater photosynthesis and plant species distributions in a flood gradient. *Plant, Cell & Environment.* 39. 1537–1548. doi: 10.1111/pce.12717
388. Woldemichael, G. M., & Wink, M. (2001). Identification and Biological Activities of Triterpenoid Saponins from *Chenopodium quinoa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 49. 2327-2332. <https://doi.org/10.1021/jf0013499>
389. Yao, Y., Yang, X., Shi, Z., & Ren, G. (2014). Anti-Inflammatory Activity of Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds in Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Macrophages Cells. *J Food Sci.* 79. 1018-1023. doi: 10.1111/1750-3841.12425
390. Zevallos, V. F., Herencia, L. I., Chang, F., Donnelly, S., Ellis, H. J., et al. (2014). Gastrointestinal effects of eating quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in celiac patients. *Am J Gastroenterol.* 109. 270-278. doi: 10.1038/ajg.2013.431
391. 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
392. Zuidmeer, L., Goldhahn, K., Rona, R. J., Gislason, D., Madsen, C., Summers, C., Sodergren, E., Dahlstrom, J., Lindner, T., Sigurdardottir, S. T., McBride, D., & Keil, T. (2008). The prevalence of plant food allergies: a systematic review. *J Allergy Clin Immunol*.121(5).1210-1218.e4. Epub 2008 Apr 18. PMID: 18378288. doi: 10.1016/j.jaci.2008.02.019
393. Zulkadir, G., Çiftçi, S., Selenay Gökçe, M., Karaburu, E., Bozdağ, E., & İdikut, L. (2020). The Effect of Row Distances on Quinoa Yield and Yield Components in The Effect of Row Distances on Quinoa Yield and Yield Components in the Late Planting Period. *Int. J. Res. Publ. Rev.* 1. 37–42. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091298>
394. Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. E., & Schwember, A. (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Mol.Breed.* 34. 13–30. doi: 10.1007/s11032-014-0023-5

ДОДАТКИ

Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду 2021 року (метеостанція Інституту СГПС НААН)

№ п/п	Показники	Травень									Червень									Листопад									Серпень								
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна								
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III									
1	Середня місячна температура повітря, °С	13,3			15,6			21,4			18,8			25,1			20,2			22,3									19,2								
2	Середня декадна температура повітря, °С	11,1	13,5	15	13,9	15,9	17	16,4	21,5	26,4	18,4	18,7	19,4	24,1	26,9	24,3	19,7	20,5	20,5	23,6	23,4	20,2	20,2	20,3	19,6	17,9											
3	Максимальна температура повітря, °С	22	28	25	31,9	31,4	34	25	28	35	34,3	36,5	33,3	30	35	34	36,8	33	36,5	34	34	32	36	36	24,4	32,8											
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	5	4	-6,6	-1,5	-1	6	14	16	3,4	3,2	2,4	16	17	14	6,5	5,8	5,1	16	16	11	8,3	8,3	3,7	9,3											
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-6	-2	0	-3	-4	-3	3	12	16	0	2	5	15	17	13	5	8	6	14	14	6	6	6	3	2											
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	9,9	12,7	14	12,9	15,6	18	17,2	21,6	24,5	20,6	21,6	22,5	24,5	26,8	25,4	22,9	23,1	23	24,7	24,8	20,7	22,5	21,6	20,4												
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	9,2	11,3	13	14	15,4	18	16,4	20,9	23,8	16,9	18,8	20	23,6	25,9	24,5	21,2	21,6	21,4	23,8	23,6	20,1	20,3	18,1	18,3												
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	8,3	10,3	12	11,6	14,4	17	15,7	19,5	22,9	17,8	18,9	20,3	22,6	24,2	23,1	20,4	21,9	22	22,8	22,2	19,2	21,2	19,9	19,4												
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	81	76	77	62	61	64	92	92	87	62	67	70	90	84	87	71	70	70	89	87	85	68	68	68												
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	66	59	51	22	20	24	86	83	72	23	24	20	74	73	79	21	21	22	79	82	59	19	20	21												
11	Кількість опадів за місяць, мм	26			54			102			67			7			76			60					57												
12	Кількість опадів за декаду	-	4	22	4	4	4	26	46	30	19	22	26	7	-	-	26	24	26	20	12	28	19	18	20												
13	Кількість днів з опадами	-	3	5	16	14	24	4	4	3	5	4	6	2	-	-	4	4	4	3	4	3	4	4	5	4											

Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду 2022 року (метеостанція Інституту СГПС НААН)

№	Показники	Травень									Червень									Листопад									Серпень								
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна								
		І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ						
1	Середня місячна температура повітря, °С	13,3			15,6			21			18,8			21,3			20,2			21,3			23,3			19,2											
2	Середня декадна температура повітря, °С	11,1	13,5	15	13,9	15,9	17	20	20,4	22,7	18,4	18,7	19	23,6	18,9	21,4	19,7	20,5	21	23	23,7	23,9	20,3	20,3	19,6	18											
3	Максимальна температура повітря, °С	22	28	25	31,9	31,4	34	29	30	36	34,3	36,5	33	32	27	30	36,8	33	37	31	30	32	36	36	24,4	33											
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	5	4	-6,6	-1,5	-1	10	8	13	3,4	3,2	2,4	10	12	9	6,5	5,8	5,1	15	17	14	8,3	8,3	3,7	9,3											
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-6	-2	0	-3	-4	-3	0	7	8	0	2	5	9	8	5	5	8	6	14	14	13	6	6	3	2											
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	9,9	12,7	14	12,9	15,6	18	20,6	21,6	22,1	20,6	21,6	23	23,4	18,5	21,2	22,9	23,1	23	22,6	22,6	21,8	22,5	21,6	20												
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	9,2	11,3	13	14	15,4	18	19,1	20,7	21,3	16,9	18,8	20	22,9	18,1	20,7	21,2	21,6	21	22,2	22,3	21,5	20,3	20,3	18,1	18											
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	8,3	10,3	12,2	11,6	14,4	17	17,9	19,7	20,3	17,8	18,9	20	22,1	17,6	20	20,4	21,9	22	21,4	21,5	20,3	21,2	21,2	19,9	19											
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	81	76	77	62	61	64	65	66	69	62	67	70	63	88	75	71	70	70	65	55	51	68	68	68												
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	66	59	51	22	20	24	34	37	27	23	24	20	34	75	35	21	21	22	27	27	23	19	20	21												
11	Кількість опадів за місяць, мм	26			54			155			67			82			76			24					57												
12	Кількість опадів за декаду	-	4	22	4	4	4	5	94	56	19	22	26	5	70	7	26	24	26	19	5	-	19	18	20												
13	Кількість днів з опадами	-	3	5	16	14	24	1	3	4	5	4	6	1	6	3	4	4	4	3	1	-	4	5	4												

Метеорологічна характеристика вегетаційного періоду 2023 року (метеостанція Інституту СППС НААН)

№ п/п	Показники	Травень									Червень									Листопад									Серпень								
		фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна			фактично			багаторічна								
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III									
1	Середня місячна температура повітря, °С	15,5			15,6			19,3			18,8			21,6			20,2			22,8			19,2														
2	Середня декадна температура повітря, °С	10,7	17,4	18,3	13,9	15,9	16,8	19,2	19,5	19,3	18,4	18,7	19,4	22,7	20,6	21,5	19,7	20,5	23,5	22,4	22,5	20,3	19,6	17,9													
3	Максимальна температура повітря, °С	22	25	25	31,9	31,4	34,4	26	29	29	34,3	36,5	33,3	32	30	28	36,8	33	36,5	36	33	29	36	24,4	32,8												
4	Мінімальна температура повітря, °С	0	4	8	-6,6	-1,5	-1	4	10	13	3,4	3,2	2,4	14	11	9	6,5	5,8	5,1	15	14	13	8,3	3,7	9,3												
5	Мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С	-4	-3	6	-3	-4	-3	0	5	10	0	2	5	13	8	8	5	8	6	13	12	12	6	3	2												
6	Температура ґрунту на глибині 05см, °С	9,8	16,4	18,1	12,9	15,6	18,1	18,3	18,7	19,2	20,6	21,6	22,5	22,1	20,1	21,5	22,9	23,1	23	22,8	22,4	22,3	22,5	21,6	20,4												
7	Температура ґрунту на глибині 10см, °С	9	15,1	16,9	14	15,4	17,6	17,5	18,1	18,6	16,9	18,8	20	21,2	19	20,6	21,2	21,6	21,4	22,2	21,8	21,8	20,3	18,1	18,3												
8	Температура ґрунту на глибині 20см, °С	8,4	13,2	15,9	11,6	14,4	16,6	15,8	17,1	17,8	17,8	18,9	20,3	20,5	17,7	19,6	20,4	21,9	22	21,3	21	20,8	21,2	19,9	19,4												
9	Середня декадна відносна вологість повітря, %	84	67	76	62	61	64	59	64	73	62	67	70	57	59	79	71	70	73	63	57	68	68	68													
10	Мінімальна відносна вологість повітря, %	71	31	35	22	20	24	25	24	21	23	24	20	25	23	40	21	21	22	22	22	21	19	20	21												
11	Кількість опадів за місяць, мм	17			54				71			67			80			76						57													
12	Кількість опадів за декаду	-	-	17	16	14	24	5	20	46	19	22	26	18	10	52	26	24	26	43	79	-	19	18	20												
13	Кількість днів з опадами	-	-	4	4	4	4	2	3	5	5	4	6	3	1	6	4	4	4	2	3	-	4	5	4												

Додаток Б

Річна динаміка передзбиральної густоти посіву кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння

А - норма добрив д. р. кг/га	2021		2022		2023		Х	± до контролю				
	Х	± до контролю		Х	± до контролю			Х	± до контролю			
		А	В		А	В			А	В	А	Б
В - норма висіву насіння, млн/га - 0,8												
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	0,52			0,61			0,52			0,55		
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	0,56	0,04		0,63	0,02		0,56	0,04		0,58	0,03	
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	0,62	0,10		0,62	0,01		0,54	0,02		0,59	0,04	
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	0,62	0,10		0,62	0,01		0,54	0,02		0,59	0,04	
Х	0,58			0,62			0,54			0,58		
В - норма висіву насіння, млн/га - 1,2												
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	0,76		0,24	0,81		0,20	0,9		0,38	0,82		0,27
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	0,86	0,05	0,30	0,96	0,15	0,33	0,93	0,03	0,37	0,92	0,08	0,33
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	0,96	0,15	0,34	0,96	0,15	0,34	0,95	0,05	0,41	0,96	0,12	0,36
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	0,95	0,14	0,33	0,95	0,14	0,33	0,94	0,04	0,40	0,95	0,11	0,35
Х	0,88		0,30	0,92		0,30	0,93		0,39	0,91		0,33
В - норма висіву насіння, млн/га - 1,6												
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	1,04		0,52	1,15		0,5	1,17		0,65	1,12		0,57
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	1,09	-0,08	0,53	1,22	-0,11	0,6	1,19	-0,26	0,63	1,17	-0,15	0,58
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	1,28	0,11	0,66	1,28	-0,05	0,7	1,2	-0,25	0,66	1,25	-0,07	0,66
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	1,27	0,10	0,65	1,28	-0,05	0,7	1,20	-0,25	0,66	1,25	-0,07	0,66
Х	1,17		0,59	1,23		0,6	1,19		0,65	1,20		0,62
В - норма висіву насіння, млн/га - 2,0												
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	1,19		0,67	1,45		0,8	1,34		0,82	1,33		0,78
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	1,39	0,20	0,83	1,49	0,04	0,9	1,39	-0,16	0,83	1,42	0,02	0,84
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	1,38	0,19	0,76	1,49	0,04	0,9	1,42	-0,13	0,88	1,43	0,03	0,84
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	1,40	0,21	0,78	1,49	0,04	0,9	1,42	-0,13	0,88	1,44	0,04	0,84
Х	1,34		0,76	1,48		0,9	1,39		0,85	1,40		0,82
Середнє для фактора - В												
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	0,88			1,01			0,98			0,96		
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	0,98	0,05		1,08	0,02		1,02	-0,09		1,02	-0,01	
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	1,06	0,14		1,09	0,04		1,03	-0,08		1,06	0,03	
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	1,06	0,14		1,09	0,04		1,03	-0,09		1,06	0,03	
Середнє за рік	0,99			1,06			1,01			1,02		

Додаток Б1

Річна динаміка урожайності кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння

А - норма добрив д. р. кг/га	2021		2022		2023		Х	± до контролю				
	Х	± до контролю		Х	± до контролю			Х	± до контролю			
		А	В		А	В			А	В		
В - норма висіву насіння, млн/га - 0,8												
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	0,92			1,24			0,82			0,99		
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1,37	0,45		1,76	0,52		1,30	0,48		1,48	0,49	
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,14	1,22		2,28	1,04		1,56	0,74		1,99	1,00	
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,29	1,37		2,44	1,20		1,72	0,90		2,15	1,16	
Х	1,68			1,93			1,35			1,65		
В - норма висіву насіння, млн/га -1,2												
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	1,09		0,17	1,48		0,24	1,42		0,60	1,33		0,34
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	2,31	1,22	0,94	2,37	0,89	0,61	1,96	0,54	0,66	2,21	0,88	0,73
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,54	1,45	0,40	2,67	1,19	0,39	2,54	1,12	0,98	2,58	1,25	0,59
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,82	1,73	0,53	2,84	1,36	0,40	2,92	1,50	1,20	2,86	1,53	0,71
Х	2,19		0,51	2,34		0,41	2,21		0,86	2,25	0,60	0,60
В - норма висіву насіння, млн/га -1,6												
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	1,36		0,44	1,51		0,27	1,36		0,54	1,41		0,42
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	2,39	1,03	1,02	2,51	1,00	0,75	2,39	1,03	1,09	2,43	1,02	0,95
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,64	1,28	0,5	2,8	1,29	0,52	2,53	1,17	0,97	2,66	1,25	0,67
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,69	1,33	0,4	2,86	1,35	0,42	2,68	1,32	0,96	2,74	1,33	0,59
Х	2,27		0,59	2,42		0,49	2,24		0,89	2,31	0,66	0,66
В - норма висіву насіння, млн/га -2,0												
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	1,32		0,4	1,28		0,04	1,29		0,47	1,30		0,31
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	2,24	0,92	0,87	2,52	1,24	0,76	2,31	1,02	1,01	2,36	1,06	0,88
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,21	0,89	0,07	2,58	1,30	0,3	2,37	1,08	0,81	2,39	1,09	0,40
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,59	1,27	0,3	2,62	1,34	0,18	2,43	1,14	0,71	2,55	1,25	0,40
Х	2,09		0,41	2,25		0,32	2,10		0,75	2,15	0,50	0,50
Середнє для фактора - В												
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ (К)	1,17			1,38			1,22			1,26		
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	2,08	0,91		2,29	0,91		1,99	0,77		2,12	0,86	
N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂ + N ₃₀	2,38	1,21		2,58	1,20		2,25	1,03		2,41	1,15	
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈ + N ₃₀	2,60	1,43		2,69	1,31		2,44	1,22		2,58	1,32	
Середнє за рік	2,06			2,24			1,98			2,09		

Додаток Б2

Річна динаміка показника маси 1000 насінин кіноа залежно від норми добрив та норми висіву насіння

А - норма добрив д. р. кг/га	2021			2022			2023			Х	± до контролю		
	Х	± до контролю		Х	± до контролю		Х	± до контролю			Х	± до контролю	
		А	В		А	В		А	В			А	Б
В - норма висіву насіння, млн/га - 0,8													
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	3,11			3,27			3,12			3,17			
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	3,17	0,06		3,26	-0,01		3,11	-0,01		3,18	0,01		
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	3,44	0,33		3,62	0,35		3,42	0,30		3,49	0,32		
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3,56	0,45		3,93	0,66		3,67	0,55		3,72	0,55		
Х	3,32			3,52			3,33			3,39			
В - норма висіву насіння, млн/га - 1,2													
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	2,93		-0,18	3,11		-0,16	2,98		-0,14	3,01		-0,16	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	2,96	0,03	-0,21	3,12	0,01	-0,14	3,01	0,03	-0,10	3,03	0,02	-0,15	
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	3,12	0,19	-0,32	3,2	0,09	-0,42	3,11	0,13	-0,31	3,14	0,13	-0,35	
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3,35	0,42	-0,21	3,29	0,18	-0,64	3,22	0,24	-0,45	3,29	0,28	-0,43	
Х	3,09		-0,23	3,18		-0,34	3,08		-0,25	3,12		-0,27	
В - норма висіву насіння, млн/га - 1,6													
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	2,67		-0,44	2,74		-0,53	2,42		-0,7	2,61		-0,56	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	2,67	0,00	-0,5	2,72	-0,02	-0,54	2,4	-0,02	-0,71	2,60	-0,01	-0,58	
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	2,94	0,27	-0,5	2,9	0,16	-0,72	2,81	0,39	-0,61	2,88	0,27	-0,61	
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3	0,33	-0,56	3,08	0,34	-0,85	2,93	0,51	-0,74	3,00	0,39	-0,72	
Х	2,82		-0,5	2,86		-0,66	2,64		-0,69	2,77		-0,62	
В - норма висіву насіння, млн/га - 2,0													
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	2,45		-0,66	2,49		-0,78	2,21		-0,91	2,38		-0,78	
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	2,47	0,02	-0,7	2,49	0,00	-0,77	2,2	-0,01	-0,91	2,39	0,01	-0,79	
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	2,59	0,14	-0,85	2,56	0,07	-1,06	2,36	0,15	-1,06	2,50	0,12	-0,99	
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	2,73	0,28	-0,83	2,58	0,09	-1,35	2,51	0,30	-1,16	2,61	0,23	-1,11	
Х	2,56		-0,76	2,53		-0,99	2,32		-1,01	2,47		-0,92	
Середнє для фактора - В													
$N_{16}P_{16}K_{16}(K)$	2,79			2,90			2,68			2,79			
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	2,82	0,03		2,90	0,00		2,68	0,00		2,80	0,01		
$N_{32}P_{32}K_{32} + N_{30}$	3,02	0,23		3,07	0,17		2,93	0,25		3,01	0,22		
$N_{48}P_{48}K_{48} + N_{30}$	3,16	0,37		3,22	0,32		3,08	0,40		3,15	0,36		
Середнє за рік	2,95			3,02			2,84			2,94			

Додаток В

Передзбиральна густина, тис./га

Дисперсійний аналіз двофакторного дослід (4x4x3)

La	Lb	P	N	K			
4	4	3	48	50,2457			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця до контролю
La	Lb	I	II	III			
1	1	0,52	0,61	0,52	1,7	0,6	-
	2	0,76	0,81	0,9			
	3	1,04	1,15	1,17			
	4	1,19	1,45	1,34			
2	1	0,56	0,63	0,56	1,8	0,6	-
	2	0,86	0,96	0,93			
	3	1,09	1,22	1,19			
	4	1,39	1,49	1,39			
3	1	0,62	0,62	0,54	1,8	0,6	-
	2	0,96	0,96	0,95			
	3	1,28	1,28	1,2			
	4	1,38	1,49	1,42			
4	1	0,62	0,62	0,54	1,8	0,6	-
	2	0,95	0,95	0,94			
	3	1,27	1,28	1,2			
	4	1,4	1,49	1,42			
Сума		15,9	17,0	16,2	49,1	1,0	

Результати дисперсійного аналізу

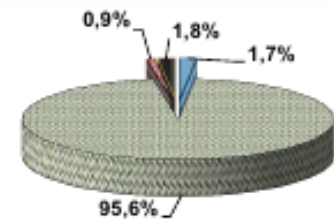
Дисперсія	Сума квадратів	Степінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _p	F ₀₅
Загальна	Sy	5	47		
Повторень	Sr	0,0	2		
Варіантів	Sv	5	15	0,3	135,48
Фактору А	Ca	0	3	0,0	12,08
Фактору В	Cb	5	3	1,5	663,05
Фактору АВ	Cab	0,0	9	0,0	0,75
Похибки	Cz	0,1	30	0,0	

Ефективність дії факторів

Фактор А (сівозмін)	Фактор В (добрива)			Середнє фактору А	Різниця
	Контроль	7	10		
1	0,6	0,8	1,1	1,3	1,0
2	0,6	0,9	1,2	1,4	1,0
3	0,6	1,0	1,3	1,4	1,1
4	0,6	0,9	1,3	1,4	1,1
Середнє фактору В	0,6	0,9	1,2	1,4	
Різниця	-	0,3	0,6	0,8	
НІР₀₅ загальна	0,08 факторів А і В			0,04	t₀₅ 2,04
Точність дослід, %	2,7%				

Частка впливу факторів, %:

А - норма добрив	1,7
В - норма насіння	95,6
АВ	0,9
Інші	1,8



■ А - норма добрив
 ■ В - норма насіння

Додаток В1

УРОЖАЙНІСТЬ, т/га

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження (4x4x3)

La	Lb	P	N	K			
4	4	3	48	209,502			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця до контролю
La	Lb	I	II	III			
1	1	0,92	1,24	0,82	3,0	1,0	-
	2	1,09	1,48	1,42	4,0	1,3	0,3
	3	1,36	1,51	1,36	4,2	1,4	0,4
	4	1,32	1,28	1,29	3,9	1,3	0,3
2	1	1,37	1,76	1,3	4,4	1,5	-
	2	2,31	2,37	1,96	6,6	2,2	0,7
	3	2,39	2,51	2,39	7,3	2,4	1,0
	4	2,24	2,52	2,31	7,1	2,4	0,9
3	1	2,14	2,28	1,56	6,0	2,0	-
	2	2,54	2,67	2,54	7,8	2,6	1,6
	3	2,64	2,8	2,53	8,0	2,7	1,7
	4	2,21	2,58	2,37	7,2	2,4	1,4
4	1	2,29	2,44	1,72	6,5	2,2	-
	2	2,82	2,84	2,92	8,6	2,9	1,4
	3	2,69	2,86	2,68	8,2	2,7	1,3
	4	2,59	2,62	2,43	7,6	2,5	1,1
Сума		32,9	35,8	31,6	100,3	2,1	

Результати дисперсійного аналізу

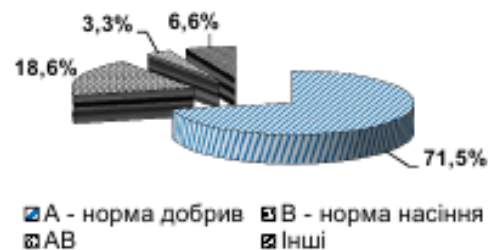
Дисперсія	Сума квадратів	Степінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F _φ	F _{тб}
Загальна	Sy	17	47		
Повторень	Sp	0,6	2		
Варіантів	Sv	16	15	1,1	49,14
Фактору А	Ca	12	3	4,1	189,13
Фактору В	Cb	3	3	1,1	49,07
Фактору АВ	Cab	0,5	9	0,1	2,50
Похибки	Cz	0,7	30	0,0	

Ефективність дії факторів

Фактор А (сівозмін)	Фактор В (добрива)			Середнє фактору А	Різниця фактору А
	Контроль	7	10		
1	1,0	1,3	1,4	1,3	1,3
2	1,5	2,2	2,4	2,4	2,1
3	2,0	2,6	2,7	2,4	2,4
4	2,2	2,9	2,7	2,5	2,6
Середнє фактору В	1,7	2,2	2,3	2,1	
Різниця	-	0,6	0,7	0,5	
НІР₀₅ загальна	0,25 факторів А і В			0,12	t_{тб} 2,04
Точність дослідів, %	4,1%				

Частка впливу факторів, %:

А - норма добрив	71,5
В - норма насіння	18,6
АВ	3,3
Інші	6,6



Додаток В2

Маса 1000 насінин (МТН), г

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідю (4x4x3)

La	Lb	P	N	K			
4	4	3	48	414,716			
Варіанти		Повторність, P			Сума	Середнє	Різниця до контролю
La	Lb	I	II	III			
1	1	3,11	3,27	3,12	9,5	3,2	-
	2	2,93	3,11	2,98			
	3	2,67	2,74	2,42			
	4	2,45	2,49	2,21			
2	1	3,17	3,26	3,11	9,5	3,2	-
	2	2,96	3,12	3,01			
	3	2,67	2,72	2,4			
	4	2,47	2,49	2,2			
3	1	3,44	3,62	3,42	10,5	3,5	-
	2	3,12	3,2	3,11			
	3	2,94	2,9	2,81			
	4	2,59	2,56	2,36			
4	1	3,56	3,93	3,76	11,3	3,8	-
	2	3,35	3,29	3,22			
	3	3	3,08	2,93			
	4	2,73	2,58	2,51			
Сума		47,2	48,4	45,6	141,1	2,9	

Результати дисперсійного аналізу

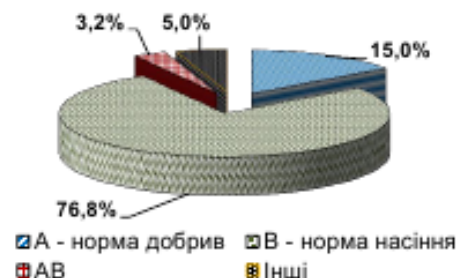
Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь свободи	Середній квадрат	Відношення дисперсій	
				F ₀	F ₀₅
Загальна	Sy	8	47		
Повторень	Sp	0,2	2		
Варіантів	Sv	7	15	0,5	68,37
Фактору А	Ca	1	3	0,4	54,50
Фактору В	Cb	6	3	2,0	279,06
Фактору АВ	Сав	0,2	9	0,0	2,77
Похибки	Cz	0,2	30	0,0	

Ефективність дії факторів

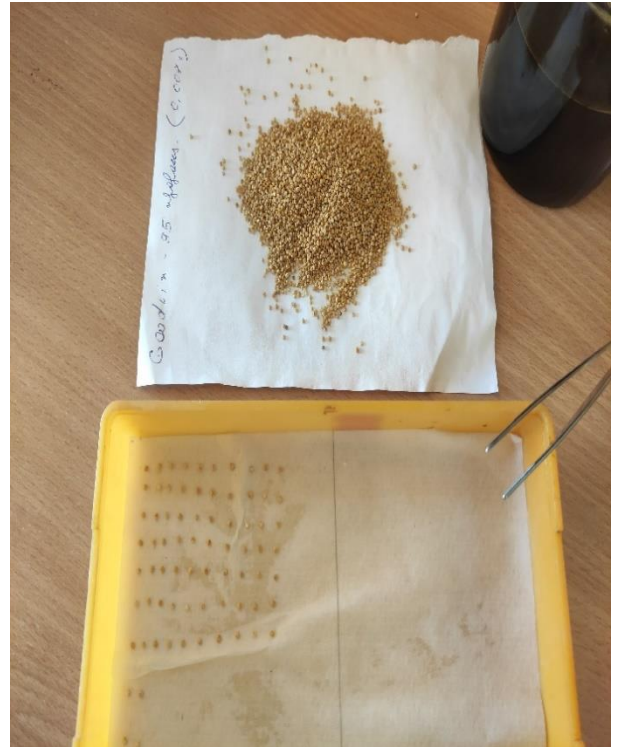
Фактор А (сівозмін)	Фактор В (добрива)			Середнє фактору А	Різниця
	Контроль	7	10		
1	3,2	3,0	2,6	2,4	2,8
2	3,2	3,0	2,6	2,4	2,8
3	3,5	3,1	2,9	2,5	3,0
4	3,8	3,3	3,0	2,6	3,2
Середнє фактору В	3,4	3,1	2,8	2,5	
Різниця	-	-0,3	-0,6	-0,9	
<i>NIP</i>₀₅ загальна	0,14 факторів А і В			0,07	t₀₅ 2,04
Точність дослідю, %	1,6%				

Частка впливу факторів, %:

А - норма добрив	15,0
В - норма насіння	76,8
АВ	3,2
Інші	5,0



Додаток Д



Оцінювання показників енергії проростання та лабораторної схожості насіння кіноа сотру Квартет, лютий 2021 року.



Планування ділянок польового дослідження та сівба кіноа, квітень 2022 року

Додаток Д1



Оцінювання фактичної густоти посіву кіноа у фазі 2-х та 8 справжніх листків, травень 2023 року.



Ділянки польового дослідження кіноа. Кінець фази цвітіння (червень, 2023 року) та закінчення вегетації (серпень, 2023 р)

УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
та міжнародної діяльності
Сумського НАУ.....Юрій ДАНЬКО
..... 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
СТОВ «ІНТЕР»..... Михайло БОНДАР
..... 2024 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ, ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКИХ
ТА ТЕХНІЧНИХ РОБІТ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Замовник : СТОВ «Інтер», м. Ічня, Прилуцького району Чернігівської області

Керівник господарства: Бондар Михайло Миколайович

Цим актом підтверджується, що результати роботи «Розробка технології вирощування товарних та насінневих посівів кіноа в умовах північно-східного Лісостепу України» яка виконана аспіранткою кафедри садово-паркового та лісового господарства Сумського національного аграрного університету Троценко Надією Володимирівною впроваджені у виробничих умовах СТОВ «ІНТЕР».

1. Вид впровадження : Оптимізація параметрів густоти посіву та норм добрив у технології вирощування кіноа сорту Квартет
2. Характеристика масштабів впровадження : 18,0 га.....
3. Новизна науково дослідних робіт: оптимізація технології вирощування
4. Впроваджені у сільськогосподарське виробництво: в галузі рослинництва
5. Річний економічний ефект:
 - очікуваний – 1512,0 тис. грн (84 000 грн/га)
 - фактичний – 1699,5 тис. грн (94,400 грн/га)
6. Питома економічна ефективність впровадження: 187,5 тис. грн (12,4 %)
7. Соціально-науковий ефект: підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва за рахунок збільшення урожайності.

Від ВНЗ

Начальник НДЧ

Керівник теми (А. Мельник)

Виконавець (Н. Троценко)

Від підприємства

Відповідальний за впровадження

.....



УІЕСР
Український інститут експертизи сортів рослин

Троценко Володимир Іванович
Профіль користувача
ВКІД

СЕРВІС-ОФІС "КАБІНЕТ ЗАЯВНИКА"

Залишки коштів: пошук за номером заявки

Квартет пошук за назвою сорту

Про сорт: Дії за заявкою | Платежі | Формальна експертиза | Експертиза ВОС | Експертиза ПСП | Документи

НОМЕР ЗАЯВКИ	СОРТ	СЕЛЕКЦІЙНИЙ НОМЕР	БОТАНІЧНИЙ ТАКСОН	ДАТА ЗАЯВЛЕННЯ СОРТУ	МЕТА ПОДАВАННЯ СОРТУ
21661001	Квартет	(С-14/К025)/С4	Лобода кіноа	2021-01-25	Майнове право інтелектуальної власності на сорт рослини, майнове право інтелектуальної власності на поширення сорту рослин та особисті немайнові права інтелектуальної власності на сорт рослин

Заявники		Власники	
Номер заявки	Назва заявника	Порядок подачі	Назва заявника
1	Сумський національний аграрний університет	1	Сумський національний аграрний університет

Автори		Володільці	
Номер пп ПІБ	Назва заявника	Порядок подачі	Назва володільця
1	Троценко Володимир Іванович	1	Сумський національний аграрний університет
2	Ільченко Володимир Олександрович		
3	Ярмак Андрій Анатолійович		
4	Жагова Галина Олександрівна		
5	Троценко Надія Володимирівна		

ПРЕДСТАВНИК

НАЙМЕНУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКА	ТЕРМІН ДІЇ ДОРУЧЕННЯ

17:10 01.04.2024

Додаток К2



Троценко Володимир Іванович
Профіль користувача Вихід

СЕРВІС-ОФІС "КАБІNET ЗАЯВНИКА"

УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН
УЕСР

ЗГЕНЕРУВАТИ РАХУНОК ЗА ПІДТРИМКУ СОРТІВ
ЗАЛИШКИ КОШТІВ
пошук за номером заявки
пошук за назвою сорту

КОМИЗА

Про сорт

НОМЕР ЗАЯВКИ	СОРТ	СЕЛЕКЦІЙНИЙ НОМЕР	БОТАНІЧНИЙ ТАКСОН	ДАТА ЗАЯВЛЕННЯ СОРТУ	МЕТА ПОДАВАННЯ СОРТУ
23661001	Комиза	K235/19	Лобода кіноа	2023-02-20	Майнові права інтелектуальної власності на сорт рослин на території України та поширення сорту рослин та особисті майнові права інтелектуальної власності на сорт рослин

Дії за заявкою

Номер заявки	Назва заявки	Заявники	Власники
1	Сумський національний аграрний університет	Троценко Володимир Іванович	Назва заявника

Платіжки

Номер підпису	ПІБ	Автори	Володільці
1	Троценко Володимир Іванович	Сумський національний аграрний університет	Сумський національний аграрний університет
2	Жглова Галина Олександрівна		Назва володільця
3	Троценко Надія Володимирівна		Сумський національний аграрний університет
4	Радченко Микола Володимирович		
5	Ільченко Володимир Олександрович		

Експертиза ВОС

НАЙМЕНУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКА	ТЕРМІН ДІЇ ДОРУЧЕННЯ

Експертиза ПОП

Документи

17:20 01.04.2024



Міністерство аграрної політики та продовольства України

ПАТЕНТ

№ 230287

на сорт рослини
Квартет
назва сорту
Лобода кіноа
Chenopodium quinoa Willd.
ботанічний таксон

Заявка № : **21661001**
Дата пріоритету: **25.01.2021**

Дата державної реєстрації майнових прав
інтелектуальної власності на сорт рослин: **09.05.2023**

Строк дії майнових прав інтелектуальної власності на сорт
рослин: **Встановлюється у відповідності до статті 41 Закону**
України "Про охорону прав на сорти рослин"

Володілець(ьці):
Сумський національний аграрний університет

Директор Департаменту
аграрного розвитку  **Ігор ВІШТАК**





Міністерство аграрної політики та продовольства України

ПАТЕНТ

№ 240105

на сорт рослини

Комиза
назва сорту
Лобода кіноа
Chenopodium quinoa Willd.
ботанічний таксон

Заявка № : **23661001**

Дата пріоритету: **20.02.2023**

Дата державної реєстрації майнових прав інтелектуальної власності на сорт рослин: **05.02.2024**

Строк дії майнових прав інтелектуальної власності на сорт рослин: Встановлюється у відповідності до статті 41 Закону України "Про охорону прав на сорти рослин"

Володілець(льці):
Сумський національний аграрний університет

Директор Департаменту аграрного розвитку  **Ігор ВІШТАК**

