

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОСАДЧУК ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.5:633.85(477.41/.42)

ДИСЕРТАЦІЯ
ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ
АМАРАНТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО, КУНЖУТУ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА ОЛІЙ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

Спеціальність 201 Агрономія

Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ **В. В. Осадчук**

Науковий керівник: **Мойсієнко Віра Василівна**,
доктор сільськогосподарських наук, професор,
заслужений працівник сільського господарства України

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Осадчук В.В. Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія», галузі знань 20 – Аграрні науки та продовольство. – Поліський національний університет, Міністерство освіти і науки України, Житомир, 2026.

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано інноваційні методи дослідження процесів росту і розвитку амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту індійського за міжнародною шкалою BVCH, а також розроблено шляхи оптимізації основних елементів їх вирощування на насіння з метою виробництва олій в умовах Полісся.

Метою досліджень було експериментальне встановлення особливостей формування врожайності і якості насіння амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного залежно від удосконалення елементів технологій вирощування в агрокліматичних умовах Полісся. Відповідно до програми досліджень було сформульовано тему дисертації, обґрунтовано робочу гіпотезу та визначено ключові фактори експерименту.

Польові експериментальні дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів ФГ «ОФендП» Звягельського району Житомирської області. Агрокліматичні умови досліджень характеризувалися значною контрастністю – від дефіциту вологи під час сівби у 2023 році до надмірного зволоження влітку 2025 року, що дало змогу комплексно оцінити адаптивність олійних культур та визначити оптимальні гідротермічні параметри для отримання максимальної продуктивності в умовах сучасних змін клімату.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень, з урахуванням ґрунтових і погодних умов, полягає в оптимізації і науково-теоретичному

обґрунтуванні елементів технологій вирощування сортів гарбуза голозерного, кунжуту та амаранту, що мають адаптивні особливості і забезпечують найбільшу реалізацію генетичного потенціалу. Уперше встановлена врожайність насіння сортів амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного за традиційної зяблевої оранки на 18 см і Mini-till (4–6 см) та позакореневого підживлення олійних культур органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$). Досліджені якісні показники насіння та олії амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного залежно від обробітку ґрунту, сортів і удобрення.

Результати досліджень свідчать, що тривалість вегетації амаранту залежно від погодних умов року та агротехнічних заходів коливалася в межах від 100 до 130 діб. Сорт Студентський виявився на 3–4 доби більш пізньостиглим за сорт Лера. Позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) подовжувало вегетацію рослин на 5–11 діб, активізуючи фази інтенсивного росту (ВВСН 11–50) та наливу насіння (ВВСН 61–97).

Вегетаційний період гарбуза голонасінного варіював у межах 124–152 доби. У вологому 2025 році він тривав у середньому 147 діб, що на 12 діб довше, ніж у посушливому 2023-му. Застосування препарату Фулвіт Баланс подовжило вегетацію в середньому на 6,9 доби (зі 135,7 до 142,6 доби), зокрема фазу наливу насіння у сортів Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга до 138–146 діб. Найбільша пролонгація зафіксована на етапах бутонізації (ВВСН 46–50) та цвітіння-наливу (ВВСН 51–70), що сприяло вищій виповненості насіння та накопиченню олії. Вегетація кунжуту сортів Кадет і Гусар тривала 117–144 доби, досягаючи максимуму у 2025 році. Технологія Mini-till сприяла стабілізації періоду посів-поява сходів та подовжила фазу бутонізації до 19–23 діб (на 40–50% порівняно з оранкою). Підживлення рослин добривом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні оранки пролонгувало період цвітіння-наливу (ВВСН 51–70) на 3–5 діб. Сорт Кадет виявився найбільш пластичним за оранки з підживленням (134–144 доби вегетації), тоді як Гусар продемонстрував вищу стабільність розвитку за умов Mini-till.

Висота рослин амаранту залежала переважно від обробітку ґрунту та удобрення: традиційна оранка забезпечила приріст на 22,6 см порівняно з Mini-till, а підживлення препаратом Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ збільшило висоту рослин в середньому на 19,4 см. Сортові відмінності (Лера та Студентський) на цей параметр суттєво не вплинули. Установлено, що оранка забезпечила приріст рослин кунжуту на 11,1 см відносно Mini-till. Сорт Кадет виявився вищим за сорт Гусар у середньому на 3,4 см. Оранка у поєднанні з підживленням препаратом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га забезпечила максимальну площу листової поверхні гарбуза (33,0 тис. $m^2/га$), при цьому застосування фульвокислот додало 2,5–3,0 тис. $m^2/га$, що дозволило компенсувати меншу ефективність Mini-till (який поступався оранці на 3,8 тис. $m^2/га$), а сорт Гляйсдорфер Олжурбіс проявив найвищу стабільність за мінімального обробітку ґрунту.

Максимальна врожайність насіння амаранту отримана на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га за звичайної оранки на 18 см, яка становила у сортів Лера і Студентський – 0,86 т/га. Маса 1000 насінин амаранту коливалася в межах 0,74–0,81 г. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину становила за оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у сорту Лера – 6,50%, а у сорту Студентський відповідно 6,56%, що перевищує варіант з внесенням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) на 0,63 і 0,56%. Середній вихід амарантової олії на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ становив 36,73 л/га. А на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га середній показник зріс до 44,70 л/га. Застосування Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ стабільно стимулювало формування суцвіть амаранту. За оранки довжина волоті сорту Лера зросла з 52,7 до 61,3 см, а сорту Студентський – з 52,9 до 64,5 см. Підживлення рослин сорту Студентський за оранки забезпечило максимальну масу насіння з однієї рослини – 13,0 г.

Сорти гарбуза голозерного (Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга) позитивно реагували на вдосконалення елементів технології вирощування. Оранка на 18 см забезпечила врожайність насіння 0,65–0,89 т/га, тоді як за Mini-till (4–6 см) показники становили 0,56–0,67 т/га. Найпродуктивнішим виявився сорт

Гляйсдорфер Олжурбіс із урожайністю 0,81–0,89 т/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га). Врожайність насіння сорту Ольга за цих умов становила 0,65–0,78 т/га. Маса 1000 насінин гарбуза різнилася між варіантами і становила для сорту Гляйсдорфер Олжурбіс – 192,89–222,78 г, а для сорту Ольга – 181,56–208,67 г. Найвищу індивідуальну продуктивність гарбуза щодо маси насіння з однієї рослини зафіксовано у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс за оранки – 401,1 г. Масова частка олії у гарбуза голозерного становила 33,89–46,22% з максимумом у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс. Умовний вихід олії варіював у межах 261,87–379,81 л/га, найвищі значення забезпечив сорт Гляйсдорфер Олжурбіс за оранки та підживлення на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$.

Незалежно від сорту та удобрення середня врожайність насіння кунжуту варіювала в межах 1,14–1,28 т/га за проведення оранки та 0,74–0,86 т/га мінімального обробітку. Врожайність сортів відрізнялася між собою незначно, особливо на фоні Mini-till. На фоні оранки та удобрення приріст урожаю насіння у сорту Кадет становив 0,3–0,5 ц/га порівняно із сортом Гусар. Найбільша врожайність насіння отримана за внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у позакореневе підживлення, яка становила 1,28 т/га (сорт Кадет) і 1,25 т/га (сорт Гусар). Маса 1000 насінин кунжуту варіювала в межах 2,02–2,57 г із найбільшою залежністю від живлення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га. Вміст олії у насінні становив 50,52–56,90%. Умовний вихід олії, завдяки вдосконаленню технології, досяг 341,72–650,03 л/га. Застосування Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ суттєво підвищило формування коробочок на рослинах кунжуту. У сорту Кадет кількість коробочок зросла з 83,8 до 96,0 шт. Сорт Гусар продемонстрував зростання середньої кількості коробочок з 82,3 до 91,2 шт.

Лабораторний аналіз підтвердив високу біологічну цінність олій: вміст ненасичених жирних кислот становив 80,0% у гарбуза та до 88,3% в амаранті. Кунжутна олія відрізнялася балансом олеїнової та лінолевої кислот, а сорт Гусар додатково містить 2,35% ліноленової кислоти (Омега-3). Олія гарбуза сорту Гляйсдорфер Олжурбіс має лінолевий профіль (57,2%), а сорт Ольга –

олеїновий (37,1%). В олії амаранту (сорт Лера, Студентський) переважає лінолева кислота (58,3–58,7%) та низький вміст насичених жирів. За рівнем загальної ненасиченості олії жирними кислотами, досліджувані культури утворюють наступний ранжувальний ряд: амарант > кунжут > гарбуз.

За удосконалення елементів технології вирощування амарант обох сортів (Лера, Студентський) забезпечив умовно чистий прибуток у межах 14,16–14,26 тис. грн/га з рівнем рентабельності 170%. Гарбуз голозерний (Гляйсдорфер Олжурбіс, Ольга) сприяв отриманню умовно чистого прибутку від 41,81 до 50,56 тис. грн/га за рентабельності 270–301%. Найвищий умовно чистий прибуток отримано від сортів кунжуту Кадет і Гусар – 126,51–123,41 тис. грн/га з рівнем рентабельності 567–564%.

Виробниче впровадження кращих варіантів наукового дослідження було проведено у поліських аграрних підприємствах Житомирщини на площі 53 га, де встановлено, що традиційна оранка на 18 см більш ефективна порівняно з Mini-till на 4-6 см. Найвища адаптивність і потенціал урожайності амаранту у сорту Студентський, гарбуза голозерного у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс та кунжуту індійського у сорту Кадет. Для досягнення максимальної врожайності амаранту (0,78–0,86 т/га), гарбуза голозерного (0,65–0,89 т/га) та кунжуту (1,14–1,28 т/га) доцільно проводити позакореневе підживлення рослин у фазі бутонізації ВВСН 30–35 органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$.

Ключові слова: амарант, гарбуз голозерний, кунжут, основний обробіток ґрунту, удобрення, препарат Фулвіт Баланс, сорт, позакореневе підживлення, шкала ВВСН, фенологічні фази, вегетаційний і міжфазні періоди, висота рослин, площа листкової поверхні, біометричні показники, довжина суцвіття, кількість коробочок, насіння, урожайність, якість, маса 1000 насінин, маса і кількість насіння з однієї рослини, продуктивність, олія, масова частка та умовний вихід олії, фізико-хімічні показники олії, біохімічний склад, жирнокислотний склад, енергетична ефективність, рентабельність вирощування.

ABSTRACT

Osadchuk V. V. Optimization of elements of technologies for growing amaranth, naked-seed pumpkin, sesame for the production of oils in the conditions of Polissya. – Qualification scientific work in the form of a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 Agronomy, fields of knowledge 20 – Agrarian Sciences and Food. – Polissya National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2026.

The dissertation theoretically substantiates innovative methods for studying the processes of growth and development of amaranth, naked-seed pumpkin and Indian sesame on the international BBCH scale, and also develops ways to optimize the main elements of their cultivation for seeds for the purpose of producing oils in the conditions of Polissya.

The purpose of the research was to experimentally establish the features of the formation of the yield and quality of amaranth, sesame and naked-seed pumpkin seeds depending on the improvement of the elements of growing technologies in the agroclimatic conditions of Polissya. In accordance with the research program, the topic of the dissertation was formulated, the working hypothesis was substantiated and the key factors of the experiment were determined.

Field experimental studies were conducted during 2023–2025 in the conditions of sod-podzolic loamy soils of the FG "OFendP" of the Zvyahelsky district of the Zhytomyr region. The agroclimatic conditions of the studies were characterized by significant contrast - from moisture deficiency during sowing in 2023 to excessive moisture in the summer of 2025, which made it possible to comprehensively assess the adaptability of oilseed crops and determine the optimal hydrothermal parameters to obtain maximum productivity in the conditions of modern climate change.

The scientific novelty of the obtained research results lies in the scientific and theoretical substantiation and optimization of elements of technologies for growing

varieties of amaranth, sesame, and naked-seed pumpkin, which have adaptive features and ensure the greatest realization of genetic potential, taking into account soil and weather conditions. For the first time, the yield of seeds of amaranth, sesame, and naked-seed pumpkin varieties was established under traditional autumn plowing at 18 cm and Mini-till (4–6 cm) and foliar feeding of oilseeds with organo-mineral fertilizer Fulvit Balance, 0.5 l/ha (against the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$). The qualitative indicators of seeds and oil of amaranth, sesame, and naked-seed pumpkin depending on soil cultivation, varieties, and fertilizer were studied.

The results of the research show that the duration of the amaranth vegetation period, depending on the weather conditions of the year and agrotechnical measures, ranged from 100 to 130 days. The Studentskyi variety was 3–4 days later than the Lera variety. Foliar feeding with Fulvit Balance (0.5 l/ha) extended the vegetation period of plants by 5–11 days, activating the phases of intensive growth (BBCH 11–50) and seed filling (BBCH 61–97). The vegetation period of the naked-seed pumpkin varied within 124–152 days. In the wet year of 2025, it lasted an average of 147 days, which is 12 days longer than in the dry year of 2023. The use of the Fulvit Balance preparation extended the growing season by an average of 6.9 days (from 135.7 to 142.6 days), in particular, the seed filling phase in the Gleisdorfer Olkyrbis and Olga varieties to 138–146 days. The greatest prolongation was recorded at the budding (BBCH 46–50) and flowering-filling (BBCH 51–70) stages, which contributed to higher seed filling and oil accumulation. The growing season of sesame varieties Kadet and Husar lasted 117–144 days, reaching a maximum in 2025. Mini-till technology helped stabilize the sowing-emergence period and extended the budding phase to 19–23 days (by 40–50% compared to plowing). Plant feeding with Fulvit Balance fertilizer (0.5 l/ha) on the background of plowing prolonged the flowering-filling period (BBCH 51–70) by 3–5 days. The Kadet variety was the most plastic under plowing with feeding (134–144 days of vegetation), while Husar demonstrated higher stability of development under Mini-till conditions. The height of amaranth plants depended mainly on soil cultivation and fertilization: traditional plowing provided an increase of 22.6 cm compared to

Mini-till, and feeding with Fulvit Balance on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$ increased the height of plants on average by 19.4 cm. Varietal differences (Lera and Studentskyi) did not significantly affect this parameter. It was established that plowing provided an increase of sesame plants by 11.1 cm compared to Mini-till. The Kadet variety turned out to be higher than the Husar variety by an average of 3.4 cm. Plowing in combination with fertilizing with the drug Fulvit Balance, 0.5 l/ha provided the maximum area of naked-seed pumpkin leaf surface (33.0 thousand m^2/ha), while the use of fulvic acids added 2.5–3.0 thousand m^2/ha , which made it possible to compensate for the lower efficiency of Mini-till (which was inferior to plowing by 3.8 thousand m^2/ha), and the Gleisdorfer Olkyrbis variety showed the highest stability with minimal soil cultivation. The maximum yield of amaranth seeds was obtained on the variant $N_{81}P_{40}K_{84}$ (background) + Fulvit Balance, 0.5 l/ha with conventional plowing at 18 cm, which was 0.86 t/ha for the Lera and Studentskyi varieties. The mass of 1000 amaranth seeds ranged from 0.74 to 0.81 g. The mass fraction of oil in terms of dry matter was 6.50% for plowing and application of $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Fulvit Balance, 0.5 l/ha in the Lera variety, and 6.56% for the Studentskyi variety, respectively, which exceeds the option with application of only $N_{81}P_{40}K_{84}$ (background) by 0.63 and 0.56%. The average yield of amaranth oil on the $N_{81}P_{40}K_{84}$ background was 36.73 l/ha. And on the Background + Fulvit Balance, 0.5 l/ha option, the average indicator increased to 44.70 l/ha. The use of Fulvit Balance on the $N_{81}P_{40}K_{84}$ background stably stimulated the formation of amaranth inflorescences. During plowing, the length of the panicle of the Lera variety increased from 52.7 to 61.3 cm, and that of the Studentskyi variety from 52.9 to 64.5 cm. Foliar feeding of amaranth plants of the Studentskyi variety during plowing provided the maximum seed weight per plant – 13.0 g.

The varieties of naked-seed pumpkin (Gleisdorfer Olkyurbis and Olga) responded positively to the improvement of the elements of the growing technology. Plowing at 18 cm provided a seed yield of 0.65–0.89 t/ha, while with Mini-till (4–6 cm) the indicators were 0.56–0.67 t/ha. The most productive variety was Gleisdorfer Olkyurbis with a yield of 0.81–0.89 t/ha on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Fulvit

Balance (0.5 l/ha). The seed yield of the Olga variety under these conditions was 0.65–0.78 t/ha. The mass of 1000 naked-seed pumpkin seeds differed between the variants and was for the Gleisdorfer Olkyrbis variety – 192.89–222.78 g, and for the Olga variety – 181.56–208.67 g. The highest individual naked-seed pumpkin productivity in terms of seed mass from one plant was recorded in the Gleisdorfer Olkyrbis variety under plowing – 401.1 g. The mass fraction of oil in the naked-seed pumpkin was 33.89–46.22% with a maximum in the Gleisdorfer Olkyrbis variety. The conditional oil yield varied within 261.87–379.81 l/ha, the highest values were provided by the Gleisdorfer Olkyrbis variety under plowing and fertilization on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$.

Regardless of the variety and fertilization, the average sesame seed yield varied within 1.14–1.28 t/ha under plowing and 0.74–0.86 t/ha under minimal cultivation. The yield of the varieties differed slightly, especially on the background of Mini-till. Against the background of plowing and fertilization, the increase in seed yield of the Kadet variety was 0.3–0.5 c/ha compared to the Gusar variety. The highest seed yield was obtained by applying $N_{81}P_{40}K_{84}$ (background) + Fulvit Balance, 0.5 l/ha in foliar feeding, which amounted to 1.28 t/ha (variety Kadet) and 1.25 t/ha (variety Husar). The mass of 1000 sesame seeds varied within 2.02–2.57 g with the greatest dependence on the feeding $N_{81}P_{40}K_{84}$ (background) + Fulvit Balance, 0.5 l/ha. The oil content in the seeds was 50.52–56.90%. The conditional oil yield, due to the improvement of the technology, reached 341.72–650.03 l/ha. The use of Fulvit Balance (0.5 l/ha) on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$ significantly increased the formation of capsules on sesame plants. In the Kadet variety, the number of capsules increased from 83.8 to 96.0 pcs. The Husar variety demonstrated an increase in the average number of capsules from 82.3 to 91.2 pcs.

Laboratory analysis confirmed the high biological value of the oils: the content of unsaturated fatty acids was 80.0% in naked-seed pumpkin and up to 88.3% in amaranth. Sesame oil was distinguished by a balance of oleic and linoleic acids, and the Husar variety additionally contains 2.35% linolenic acid (Omega-3). Pumpkin oil of the Gleisdorfer Olkyrbis variety has a linoleic profile (57.2%), and

the Olga variety has an oleic profile (37.1%). Amaranth oil (varieties Lera, Studentskyi) is dominated by linoleic acid (58.3–58.7%) and a low content of saturated fats. By the level of total unsaturation of oil with fatty acids, the studied crops form the following ranking series: amaranth > sesame > naked-seed pumpkin.

With the improvement of elements of the growing technology, amaranth of both varieties (Lera, Studentskyi) provided a conditional net profit within 14.16–14.26 thousand UAH/ha with a profitability level of 170%. naked-seed pumpkin (Gleisdorfer Olkyurbis, Olga) contributed to obtaining a conditional net profit from 41.81 to 50.56 thousand UAH/ha with a profitability level of 270–301%. The highest conditional net profit was obtained from sesame varieties Kadet and Husar – 126.51–123.41 thousand UAH/ha with a profitability level of 567–564%.

The production implementation of the best options of scientific research was carried out in the Polissya agricultural enterprises of the Zhytomyr region on an area of 53 hectares, where it was established that traditional plowing by 18 cm is more effective compared to Mini-till by 4–6 cm. The highest adaptability and yield potential of amaranth in the Studentskyi variety, naked-seed pumpkin in the Gleisdorfer Olkyrbis variety and Indian sesame in the Kadet variety. To achieve maximum yield of amaranth (0.78–0.86 t/ha), naked-seed pumpkin (0.65–0.89 t/ha) and sesame (1.14–1.28 t/ha), it is necessary to carry out foliar feeding of plants in the budding phase with the BBCH 30–35 organo-mineral fertilizer Fulvit Balance (0.5 l/ha) on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$.

Keywords: amaranth, seedless pumpkin, sesame, primary tillage, fertilization, Fulvit Balance preparation, variety, foliar feeding, BBCH scale, phenological phases, vegetative and interphase periods, plant height, leaf area, biometric indicators, inflorescence length, number of pods, seeds, yield, quality, 1000-seed weight, seed weight and number per plant, productivity, oil, oil mass fraction and conditional oil yield, physicochemical parameters of oil, biochemical composition, fatty acid composition, energy efficiency, profitability of cultivation.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(2). С. 30–39. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-2-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-2-3)
2. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Економічна оцінка вирощування амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного як олійних культур. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 4(18). С. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.09>
3. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування врожайності та вихід олії з насіння кунжуту в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103, № 12(873). С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202512-02>
4. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Оптимізація елементів технології вирощування гарбуза голозерного для виробництва олії в умовах Полісся. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 14. С. 220–228. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.21>

2. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Осадчук В.В., Мойсієнко В.В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на врожайність гарбуза голонасінного. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 черв. 2023 р. Житомир : вид-во «Поліського університету», 2023. С. 40–42.
6. Мойсієнко В., Осадчук В. Оцінка елементів технологій вирощування амаранту на зерно в умовах Полісся України. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (19–20 вересня 2023 року).

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023. С. 52–55.

7. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Особливості вирощування та добір сортів кунжуту за кліматичних змін. *Органічне виробництво і продовольча безпека*. Збірник праць учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції (23-24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 147–149.
8. Осадчук В. В. Інновації у вирощуванні амаранту: досвід фермерського господарства «ОСАДЧУК ФЕМІЛІ ЕНД ПАРТНЕРС». Міжнародна науково-практична конференція: *Інноваційні технології в рослинництві та землеробстві* (м. Житомир, 03–04 квітня 2025 р.) Поліський національний університет, 2025. С. 217–221.
9. Осадчук В.В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на онтоморфогенез амаранту. *Сучасні аспекти раціонального землекористування* : зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (06–07 листопада 2025). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 75–78.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ І ЯКОСТІ НАСІННЯ ТА ОЛІЇ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР (огляд літератури)	27
1.1. Стан вирощування і ринок олійних культур в Україні та світі.....	27
1.2. Формування врожайності і якості насіння амаранту (<i>Amaranthus</i> L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування.....	30
1.3. Формування врожайності і якості насіння гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування.....	38
1.4. Формування врожайності і якості насіння кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування.....	47
Висновки до розділу 1.....	58
Список посилань на літературу до розділу 1.....	59
РОЗДІЛ II. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ...60	60
2.1. Місце проведення досліджень та ґрунтово-кліматичні умови.....	60
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень.....	63
2.3. Схема досліду і методика проведення досліджень.....	81
2.4. Удосконалені технології вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту в агроекологічних умовах Полісся.....	89
Висновки до розділу 2.....	92
Список посилань на літературу до розділу 2.....	92
РОЗДІЛ III. РІСТ І РОЗВИТОК ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ, ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПОЛІССЯ.....	93

3.1. Ріст і розвиток рослин амаранту (<i>Amaranthus</i> L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення.....	93
3.1.1. Фази вегетації амаранту за міжнародною шкалою BBCH.....	93
3.1.2. Висота рослин амаранту залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту і удобрення.....	97
3.2. Ріст і розвиток рослин гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення.....	100
3.2.1. Фази вегетації гарбуза голозерного за міжнародною шкалою BBCH..	100
3.2.2. Формування листкової поверхні гарбуза голозерного залежно від елементів технології вирощування.....	105
3.3. Ріст і розвиток рослин кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення.....	107
3.3.1. Фази вегетації кунжуту за міжнародною шкалою BBCH.....	108
3.3.2. Висота рослин кунжуту залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту і удобрення.....	113
Висновки до розділу 3.....	115
Список посилань на літературу до розділу 3.....	117
РОЗДІЛ IV. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО, КУНЖУТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ І ОЛІЙ В УМОВАХ ПОЛІССЯ.....	118
4.1. Продуктивність насіння амаранту (<i>Amaranthus</i> L.) в умовах Полісся....	118
4.1.1. Індивідуальна продуктивність рослин амаранту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	118
4.1.2. Урожайність насіння амаранту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	122
4.2. Продуктивність насіння гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) в умовах Полісся.....	125

4.2.1. Індивідуальна продуктивність рослин гарбуза голозерного залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	125
4.2.2. Урожайність насіння гарбуза голозерного залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	127
4.3. Продуктивність насіння кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.) в умовах Полісся.....	129
4.3.1. Індивідуальна продуктивність рослин кунжуту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	129
4.3.2. Урожайність насіння кунжуту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	135
4.4. Якість насіння і олій з амаранту (<i>Amaranthus</i> L.), гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) та кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.).....	138
4.4.1. Якість насіння та вихід олій з амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту індійського залежно від сортового складу.....	138
4.4.2. Фізико-хімічні показники та жирнокислотний склад олій з насіння сортів гарбуза голонасінного, амаранту та кунжуту індійського.....	146
Висновки до розділу 4.....	158
Список посилань на літературу до розділу 4.....	163
РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО, КУНЖУТУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ.....	164
5.1. Енергетична оцінка технологій вирощування амаранту (<i>Amaranthus</i> L.), гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) та кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.) залежно від обробітку ґрунту, сорту і удобрення.....	164
5.1.1. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування амаранту.....	165
5.1.2. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування гарбуза голозерного.....	168

5.1.3. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування кунжуту індійського.....	170
5.1.4. Енергетична ефективність олійних культур залежно від елементів технології вирощування.....	173
5.2. Економічна ефективність вирощування насіння та виробництва олій з амаранту (<i>Amaranthus</i> L.), гарбуза голозерного (<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>styriaca</i> L.) та кунжуту індійського (<i>Sesamum indicum</i> L.) залежно від обробітку ґрунту, сорту і удобрення	180
Висновки до розділу 5.....	186
Список посилань на літературу до розділу 5.....	188
ВИСНОВКИ.....	189
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	195
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	196
ДОДАТКИ.....	219

ВСТУП

Україна є одним із провідних світових виробників та експортерів олійних культур. У 2025 році аграрії продовжували робити ставку на ці культури через їх високу рентабельність, яка для ріпаку сягає 60%, сої – 40%, а соняшнику – 30%. Окрім основної трійки культур, в Україні вирощують нішеві і малопоширені рослини: гірчицю (білу, сизу, чорну), льон (олійний та довгунець), технічні коноплі, рижій, сафлор і мак. Перехід від звичних соняшникової чи оливкової олій до «суперфуд-олій» (амарантової, кунжутної та гарбузової) – чудовий спосіб збагатити раціон рідкісними мікроелементами. Проте ці олії мають специфічні властивості, які важливо враховувати, щоб не зіпсувати страву і зберегти користь.

Олії гарбуза голозерного, амаранту та кунжуту є цінними продуктами з унікальними властивостями, які широко застосовуються в кулінарії та для підтримки здоров'я. Олія гарбуза голозерного багата на цинк, вітаміни групи А, Е, Т та флавоноїди, які сприяють відновленню структури печінки та мають жовчогінний ефект. Вона також корисна для чоловічого здоров'я (зокрема при аденомі простати), зміцнює імунітет та покращує стан шкіри і волосся. Олія амаранту: містить велику кількість сквалену, вітамінів та антиоксидантів, що омолоджують організм, діють як протипухлинний і протизапальний засіб, а також зміцнюють імунну систему. Вона також допомагає при захворюваннях серцево-судинної системи. Олія кунжуту цінується за високий вміст білків, жирів та ефірних олій.

Світовий ринок олійної продукції зараз переживає період трансформації, де традиційне споживання їжі переплітається з енергетичною безпекою та інтенсифікацією тваринництва. У світі спостерігається стійкий тренд на здоровий спосіб життя. Споживачі все частіше відмовляються від тваринних жирів на користь рослинних олій (соняшникової, оливкової, ріпакової), які містять ненасичені жирні кислоти та вітамін Е. Окрім того, розвиток ринку веганських та вегетаріанських продуктів створює колосальний попит на олію

як базу для замінників м'яса та молочних продуктів. Рослинні олії стали стратегічною сировиною для енергетики. Виробництво біодизелю (Biodiesel) дозволяє країнам зменшувати вуглецевий слід та залежність від нафтопродуктів. Тому, заміна частини раціону на олії амаранту, кунжуту та гарбуза – це інвестиція у довголіття. Це можливість перетворити звичайну вечерю на сеанс терапії, де кожен інгредієнт працює на покращення самопочуття.

Актуальність теми. Поширення амаранту в Україні демонструє стрімку позитивну динаміку завдяки його посухостійкості та високій рентабельності. Посівні площі під амарантом мають сягнути 10,0 тис. гектарів. Культура вирощується практично в усіх регіонах, проте ключовими у 2024–2025 роках були Волинська (прогнозовано понад 1,0 тис. га), Дніпропетровська, Одеська та Полтавська області. Близько 50% вирощеного в Україні амаранту експортується, переважно до країн ЄС. В Україні діє щонайменше 15 підприємств, що спеціалізуються на переробці. Основна продукція: амарантова олія (отримана методом холодного пресування при 40°C), борошно, крупа, макуха та «попамарант» (унікальний український продукт, по суті, попкорн, зроблений зі шліфованих зерен амаранту, що лопаються під час нагрівання, як кукурудза, пропонуючи горіховий, трохи солодкуватий смак і легку, повітряну текстуру без глютену). В Україні зареєстровано 19 сортів, але найпоширенішими є три основні (Харківський 1, Лера і Студентський).

Кунжут в Україні ще недостатньо поширений і не має широкого досвіду вирощування, але цілком придатний і перспективний для культивування у південних областях: Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька та Дніпропетровська, де тепліший клімат, хоча вимагає уваги до вологості (особливо під час сівби) та механізації збирання врожаю. Кунжутна олія (рафінована і нерафінована) багата на вітаміни (А, Е, С, D, В-комплекс), мікроелементи (марганець, залізо, цинк, кальцій) та фітостерини.

Голозерні гарбузи в Україні поширюються як перспективна нішева культура, особливо для виробництва цінного безшкаралупного насіння, яке

цінується за кордоном. Їх вирощують у різних регіонах (північ, південь, центр і схід), зокрема на Київщині, Житомирщині, Сумщині, Хмельниччині, Полтавщині, Дніпропетровщині та Одещині. У поліських господарствах рослини потребують більше тепла. Це прибутковий, хоч і більш витратний бізнес, що активно розвивається, особливо на півдні та в центральних регіонах, завдяки стабільному попиту та високій рентабельності. На відміну від звичайного, голозерне насіння не має твердої шкаралупи, що робить його дорожчим і затребуваним в експорті. Голозерні гарбузи, а точніше їхнє насіння без лущиння (пепітас), широко доступні в Україні, особливо в онлайн-супермаркетах та спеціалізованих магазинах здорового харчування, як сирі, так і смажені. Гарбузова олія – це цінний рослинний продукт, що отримується холодним віджимом із насіння гарбуза, відомий своїм насиченим горіховим смаком та темно-зеленим кольором, багатий на вітаміни (А, Е, F, К, групи В), мінерали (цинк, селен, магній), антиоксиданти, омега-3 і -6 жирні кислоти, що корисно для серця, печінки, ШКТ, імунітету, шкіри та простати; її використовують у кулінарії (не термічно обробляючи) та косметології.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження за темою дисертації проведено відповідно до науково-тематичних планів Поліського національного університету в межах науково-дослідної роботи кафедри технологій у рослинництві «Оцінка інноваційних елементів технології вирощування польових та кормових культур в агрофітоценозах Полісся» (2022–2026 рр., державний реєстраційний номер 0122U000242); «Оптимізація елементів технології вирощування зернових та олійних культур в умовах Полісся України»; (2025–2028 рр., державний реєстраційний № 0124U005062).

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було експериментальне встановлення особливостей формування врожайності і якості насіння та олії амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного залежно від основних елементів технологій вирощування в агрокліматичних умовах Полісся.

Для досягнення вказаної мети були передбачені такі завдання:

- встановити найперспективніші сорти амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного у ґрунтово-кліматичній зоні Полісся;
- встановити особливості росту й розвитку рослин амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту та тривалість міжфазних періодів за стадіями ВВСН залежно від біологічного потенціалу досліджуваних сортів, основного обробітку ґрунту і удобрення;
- визначити вплив елементів технології вирощування на асиміляційну листову поверхню рослин гарбуза голозерного;
- з'ясувати залежність формування показників індивідуальної продуктивності рослин амаранту, кунжуту і гарбуза голозерного від обробітку ґрунту, сорту та удобрення;
- дослідити врожайність насіння амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного залежно від обробітку ґрунту, сорту та удобрення;
- визначити вплив досліджуваних факторів на якісні показники насіння та олії амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного;
- дати економічну й енергетичну оцінку досліджуваних елементів технології вирощування олійних культур;
- науково обґрунтувати і впровадити у виробництво розроблені й удосконалені елементи технологій вирощування амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного, що забезпечують високу економічну та енергетичну ефективність.

Об'єкт дослідження – процес формування врожайності і якості насіння амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного залежно від елементів технологій вирощування в умовах Полісся.

Предмет дослідження – амарант, кунжут індійський, гарбуз голозерний, сорти, обробіток ґрунту, удобрення, врожайність насіння, якість насіння та олії, економічна й енергетична ефективність.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використані загальнонаукові методи досліджень (гіпотеза – передбачення результату;

індукція – від спостережень на ділянці до загальних висновків; дедукція – застосування відомих законів землеробства до конкретної культури, що врешті формує нову теорію або наукове положення); *спеціальні агрономічні методи*: польовий – встановлення безпосередньої взаємодії рослини з довкіллям; лабораторний та фізіологічний – вивчення внутрішніх процесів; вимірально-ваговий – отримання точних кількісних показників структури врожаю; виробничий – перевірка розробленої технології в умовах реального господарства для підтвердження економічної ефективності; *статистичні методи*: кореляційний аналіз (показує, наскільки сильний зв'язок між факторами, що вивчалися, і показниками індивідуальної продуктивності рослин); регресійний аналіз (дозволяє побудувати математичну модель (рівняння), що прогнозує врожайність залежно від змінених факторів).

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає в науково-теоретичному обґрунтуванні і оптимізації елементів технологій вирощування сортів амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного, що мають адаптивні особливості і забезпечують найбільшу реалізацію генетичного потенціалу з урахуванням ґрунтових і погодних умов.

Уперше:

- установлені найбільш оптимальні сорти амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного у ґрунтово-кліматичній зоні Полісся;
- досліджені особливості росту і розвитку рослин амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного за фазами ВВСН залежно від обробітку ґрунту, біологічного потенціалу досліджуваних сортів і удобрення;
- з'ясована залежність формування показників індивідуальної продуктивності рослин амаранту, кунжуту і гарбуза голозерного від обробітку ґрунту, сорту та удобрення;
- установлена врожайність насіння сортів амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного за традиційної зяблевої оранки на 18 см і Mini-till (4–6 см) та позакореневого підживлення олійних культур органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$).

- досліджені якісні показники насіння та олії амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного залежно від обробітку ґрунту, сортів і удобрення;
- проаналізовано економічну й енергетичну оцінку досліджуваних елементів технологій вирощування олійних культур.

удосконалено:

- особливості мінерального живлення рослин амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного на дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах Полісся за позакореневого внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс.

Набули подальшого розвитку:

- наукові положення щодо зміни продукційного процесу амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного під впливом досліджуваних агротехнічних чинників і погодних умов зони вирощування;
- наукові рекомендації щодо пошуку шляхів підвищення врожайності, поліпшення якості та отримання високого економічного ефекту при вирощуванні амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено елементи технологій вирощування амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного в зоні Полісся. Розроблені і впроваджені елементи технологій вирощування передбачали вивчення врожайності сортів амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного залежно від обробітку ґрунту і удобрення, які забезпечили у дослідках одержання 0,86 т/га насіння амаранту, 1,28 т/га кунжуту, 0,89 т/га гарбуза. Виробниче впровадження кращих варіантів наукового дослідження проводили в агроформуваннях Звягельського та Коростенського районів Житомирської області на площі 53 га, де встановлено, що у виробничих умовах добре себе зарекомендували сучасні сорти амаранту Лера і Студентський, сорти гарбуза голозерного Гляйсдорфер Олжурбіс і Ольга, сорти кунжуту Кадет і Гусар. При розробці та удосконаленні технологічного процесу вирощування амаранту та кунжуту доцільно використовувати традиційну зяблеву оранку та проводити позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$. Для

отримання максимально високого рівня урожайності гарбуза голозерного за мінімальної технології обробітку ґрунту слід вносити у позакореневе підживлення органо-мінеральне добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин гарбуза за шкалою ВВСН 40–55.

Удосконалена технологія вирощування амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного для умов Полісся впроваджена в освітній процес Поліського національного університету при викладанні навчальних дисциплін «Технічні культури», «Інноваційні технології сучасного рослинництва», «Олійні культури» (дод. А–8).

Кращі варіанти наукових досліджень були впроваджені:

– у Фермерському господарстві «Золоті лани Полісся» с. Кам'яний Майдан, Звягельського району, Житомирської області. В умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів на площі 10 га впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів амаранту Лера і Студентський. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,92–0,93 т/га насіння амаранту за середньої врожайності по господарству 0,72 т/га (дод. А–1).

На площі 4 га цього ж господарства впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів кунжуту Кадет і Гусар. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,98–1,10 т/га насіння кунжуту за середньої врожайності по господарству 0,83 т/га (дод. А–2).

– ТОВ «РАНТ» с. Тупальці, Звягельського району, Житомирської області. В умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів на площі 10 га впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів гарбуза голозерного Гляйсдорфер Олжурбіс і Ольга. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті Mini-till та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,56–0,60 т/га насіння гарбуза голозерного за середньої врожайності по господарству 0,45 т/га (дод. А–3).

На площі 8 га у ТОВ «РАНТ» впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів амаранту Лера і Студентський. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті Mini-till та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,83–0,86 т/га насіння амаранту за середньої врожайності по господарству 0,65 т/га (дод. А–4).

– ФОП КАЛЕНСЬКИЙ О.С., с. Сингаї, Коростенського району, Житомирської області. В умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів на площі 4 га впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів гарбуза голозерного Гляйсдорфер Олжурбіс і Ольга. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті Mini-till та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,54–0,56 т/га насіння амаранту за середньої врожайності по господарству 0,48 т/га (дод. А–5).

На площі 11 га цього ж підприємства впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів амаранту Лера і Студентський. Згідно проведених спостережень та інтерпретації даного дослідження на варіанті Mini-till та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 0,73–0,81 т/га насіння амаранту за середньої врожайності по господарству 0,58 т/га (дод. А–6).

– ТОВ «Голд Грейн Технолоджі» с. Слобода Романівська, Звягельського району, Житомирської області. В умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів на площі 6 га впроваджено посів перспективних високопродуктивних сортів кунжуту Кадет і Гусар. Згідно проведених спостережень, обліку врожаю та інтерпретації даного дослідження на варіанті оранки і внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га) отримано 1,10–1,12 т/га насіння кунжуту за середньої врожайності по господарству 0,9 т/га (дод. А–7).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною і завершеною науковою працею. Під керівництвом наукового керівника здобувачем розроблена програма досліджень на період навчання в аспірантурі, теоретично обґрунтована методологія постановки польових і лабораторних досліджень. Здобувач самостійно сформулював робочу гіпотезу, наукову концепцію, провів три польові трифакторні досліди із сортами амаранту, кунжуту і гарбуза голозерного, інтерпретував одержані результати

досліджень, готував і оформлював щорічні наукові звіти, фахові статті, дисертаційну роботу. Наукові здобутки впроваджені у виробництво і освітній процес. Результати досліджень автор опублікував як одноосібно, так і спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Упродовж 2022–2026 років ключові аспекти й матеріали дисертаційної роботи регулярно розглядали й аналізували під час щорічних засідань НІІ агротехнологій та землеустрою, а також випускової кафедри технологій у рослинництві. Оприлюднені результати наукового пошуку пройшли успішну апробацію та здобули позитивну оцінку на науково-практичних конференціях: ІІІ Міжнародна наук.-практ. конф. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали, 8–9 черв. 2023 р. Житомир : вид-во «Поліського університету», 2023; XV Міжнародна наукова конференція *«Корми і кормовий білок»* (19–20 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023; XI Міжнародна науково-практична конференція: *Органічне виробництво і продовольча безпека*. (23–24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024; Міжнародна науково-практична конференція: *Інноваційні технології в рослинництві та землеробстві* (м. Житомир, 03–04 квітня 2025 р.) Поліський національний університет, 2025; Всеукраїнська науково-практична конференція: *Сучасні аспекти раціонального землекористування* (м. Житомир, 06–07 листопада 2025), Житомир : Поліський національний університет. 2025 (дод. 3–1).

Публікації: За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 5 – у матеріалах науково-практичних конференцій (дод. Ж–1).

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота викладена на 245 сторінках комп'ютерного тексту, містить анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки на 26 сторінках. Робота містить значну кількість табличного матеріалу – 39 шт., ілюстрована рисунками та графіками в обсязі 21 шт. Список використаних джерел налічує 190 найменувань, з них 74 латиницею.

РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ І ЯКОСТІ НАСІННЯ ТА ОЛІЇ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР (огляд літератури)

1.1. Стан вирощування і ринок олійних культур в Україні та світі

Ринок олійних культур впродовж 2024–2025 рр. у світі характеризувався високим попитом на рослинні олії та поступовою адаптацією українського агросектору до умов війни. Україна впевнено утримує статус одного з ключових гравців, попри логістичні виклики та погодні аномалії [6, 22, 115].

Світовий попит на олійні культури продовжує зростати, що зумовлено як харчовими потребами населення, так і розвитком біопаливної галузі. У сезоні 2025–2026 очікується, що світовий імпорт основних видів олій досягне рекордних 94,5 млн тонн. Пальмова олія залишається лідером за обсягами, хоча її виробництво в Індонезії дещо сповільнюється через внутрішнє споживання. Соева олія також демонструє високий попит, особливо в США та Бразилії для виробництва біопалива. Міністерство сільського господарства США прогнозує збільшення світового врожаю ріпаку (до 95,3 млн т) та сої (до 422,5 млн т), водночас врожай соняшнику у світі може скоротитися через зниження показників у Причорноморському регіоні.

Олійні культури стали ключовим фактором фінансової стійкості українського агросектору завдяки високій маржинальності та оптимізації транспортних витрат через експорт готової олії. У 2025 році Україна збрала близько 17,3 млн тонн олійних культур. Соняшник залишається головною культурою. Врожай 2024/25 склав близько 12–13 млн тонн. Проте через аномальну спеку влітку 2024 та 2025 років спостерігається зниження олійності насіння (з 50–52% до 48–50%). Соя стає дедалі популярнішою через високу ціну та попит в ЄС. Обсяги переробки сої в Україні можуть перевищити 2,5 млн тонн. Ріпак стабільно тримається на рівні 3,8–4 млн тонн, більша частина якого експортується для потреб біодизельної промисловості ЄС.

У сучасній харчовій індустрії та дієтології застосовується розмаїтий спектр жирів, що охоплює продукти рослинного, тваринного, а також штучного походження [49].

Українська олійно-жирова галузь має значний потенціал для інтеграції в європейський ринок, але для реалізації цих перспектив потрібне активне впровадження європейських стандартів, технологій та інвестицій, що перетворить її з експортера сировини на потужного гравця у виробництві продуктів глибокої переробки [61].

Статус України як провідного світового експортера олії зумовлює особливу значущість бізнес-активності в цій сфері, що вимагає детального аналізу та подолання бар'єрів у процесі виготовлення продукції [63]. Доведено, що від стану економіки в країні, фінансових можливостей виробника олійних культур та його участі в економічних процесах залежить модель його економічної поведінки [62].

Результати аналізу наукових праць стосовно економічної ефективності вирощування ефіроолійних та олійних культур підтверджують її тісну залежність від комплексу зовнішніх (цінова політика, ринкова кон'юнктура) та внутрішніх (організація процесів, планування, наявність ресурсів) чинників. Ключовий вплив на цей показник чинять рівень механізації, якісні характеристики земельних угідь, природно-кліматичні умови, а також застосування засобів захисту рослин, добрив, видовий та сортовий склад культур [70, 170, 74, 78].

Підвищення ефективності пресового методу вилучення олії є пріоритетним завданням для сучасної переробної галузі, оскільки цей підхід відповідає принципам сталого розвитку. Використання механічного пресування дозволяє отримати якісну продукцію без застосування органічних розчинників, що робить технологію екологічно безпечною та ресурсоощадною. Оптимізація цього процесу відкриває нові можливості для переробки нішевих олійних культур, забезпечуючи високу чистоту кінцевого продукту та мінімальний вплив на навколишнє середовище [13, 119, 179, 148].

Доведено, що для забезпечення стабільного постачання сировини для виробництва амарантової олії доцільно використовувати посухостійкі та холодостійкі сорти амаранту, потенціал вирощування яких охоплює практично всі регіони України [116]. Згідно з дослідженнями М. Л. Тирусь, проведеними в умовах Західного Лісостепу за достатнього зволоження, виявлено, що сорт Харківський 1 продемонстрував найвищу врожайність – 4,03 т/га. Найвищий показник умовно чистого прибутку також зафіксовано у цього сорту (56305 грн), тоді як мінімальне значення мав сорт Ультра (4805 грн). Прибутковість інших сортів розподілилася таким чином: Лєра – 37555 грн, Сем – 24055 грн, Студентський – 16814 грн, Полішук – 10805 грн та Ацтек – 10305 грн. Загалом рівень рентабельності досліджуваних сортів амаранту варіював від 11 до 127 % [98].

Аналіз економічної ефективності культивування сортів гарбуза мускатного підтверджує, що ця галузь забезпечує від 6600 до 16453 грн доходу з кожної тонни реалізованої продукції. Зокрема, застосування мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{45}K_{30}$ та забезпечення площі живлення рослин 5 м² при вирощуванні сорту Яніна дало змогу отримати 20,6 т/га екологічно безпечних плодів для дитячого харчування. За собівартості 251,35 грн/т чистий прибуток склав 11283,93 грн/га, а рівень рентабельності сягнув 218% [91]. За даними науковців та практиків, вирощування звичайного гарбуза потребує менших витрат на сівбу та збирання, ніж культивування голонасінного, проте останній забезпечує вдвічі вищий прибуток. З'ясовано, що максимальну економічну вигоду гарантують сорти гарбуза мускатного Диво та Доля: за врожайності 34,3–36,3 т/га рівень рентабельності становить 140,1–151,2%, а умовно чистий дохід сягає 20013,9–21851,9 грн/га. Використання препарату Біолан для обробки насіння та посівів сорту Яніна дозволило отримати 46,3 т/га плодів, забезпечивши рентабельність 195,3% і чистий дохід на рівні 30619,7 грн/т. Водночас у сорту Доля за аналогічних умов спостерігалось погіршення цих показників до економічно недоцільних значень [25, 57, 111].

Аналіз експериментальних даних щодо 14 сортів гарбуза, залучених із різних регіонів Індії, дозволив визначити сорт Нарендра Амріт як найбільш продуктивний. Водночас сорти Чандана, Каші Харіт та Пенджаб Самрат продемонстрували високі адаптивні властивості та значні переваги, що дає підстави рекомендувати їх для культивування в місцевих агрокліматичних умовах [181]. Найбільш економічно вигідним вирощування сафлору олійного на зрошуваних землях виявилось за умови поєднання ранньої сівби, ширини міжрядь 30 см, оранки на глибину 20–22 см та внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}$. Застосування таких удосконалених технологічних прийомів дозволило забезпечити рівень рентабельності 108,5% та отримати 5329 грн/га умовно чистого прибутку [109]. Застосування сортових технологій при культивуванні ріпаку озимого гарантує високі економічні результати та значний рівень рентабельності. Для впровадження у виробництво рекомендовано сучасні гібриди Експешн та InVigor 1030, що забезпечують урожайність на рівні 4,47–4,51 т/га. Аналіз структури економічної ефективності підтвердив, що використання гібриду Експешн на фоні внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ у поєднанні з препаратом Yara Vita Брасітрел Про збільшує вартість валової продукції на 4,4 тис. грн порівняно з базовим фоном, а додавання фунгіциду Піктор забезпечує приріст цього показника на 19,1 тис. грн/га. Оптимізація технологічних прийомів дозволила досягти умовно чистого прибутку в розмірі 34,3–59,4 тис. грн/га. Рівень рентабельності продемонстрував тісну кореляцію з чистим прибутком і становив 108–151% для гібриду InVigor 1030, 106–150% для Експешн та 94–138% для гібриду Мерседес [67].

1.2. Формування врожайності і якості насіння амаранту (*Amaranthus* L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування

Насіння амаранту (*Amaranthus*) використовують як харчовий продукт, зокрема амарантове борошно [153, 62], лікувальний засіб і сировину для

виробництва олії. Вживання олії амаранту підтримує серцево-судинну систему, зменшує різні запалення, гоїть шкіру, живить волосся тощо. Олія з насіння амаранту багата на сквален, вітаміни Е, А, Д, а також містить омега-3 та омега-6, жирні кислоти (пальмітинова, олеїнова та лінолева) [9, 19, 3].

Амарант часто досліджують саме через його здатність протистояти окислювальному стресу, що робить його перспективною культурою для функціонального харчування [48, 121]. З'ясовано, що за концентрацією лінолевої кислоти лідирували сорти Ацтек (51,8 %), Ультра (49,6 %) та Лера (47,1 %), що перевищувало показники інших сортів амаранту на 7–11 %. Водночас максимальний вміст олеїнової кислоти зафіксовано у сортів Харківський 1 (37,1 %), Студентський (36,7 %) та Сем (35,8 %), що на 9–11 % вище порівняно з рештою досліджуваних зразків [105]. На відміну від більшості зернових, амарант містить повний набір незамінних амінокислот. Особлива увага приділяється високому вмісту лізину, якого зазвичай бракує у пшениці чи кукурудзі. Уміст лізину в амаранту вдвічі вищий, ніж у рисі, і втричі вищий, ніж у кукурудзі. Поряд з цінними агрономічними властивостями, ця культура отримала величезне визнання завдяки відсутності глютену. Вона не тільки корисна для людей з алергією на глютен, але й має потенціал для постачання високоякісних білків [118, 165]. У роботі Mustafa A. F. та співавторів (2011) проведено комплексний аналіз генотипів амаранту, який підтвердив високий вміст незамінних мінеральних елементів та харчових волокон у зерні цієї культури. Попри наявність певної кількості танінів, загальна поживна цінність досліджених зразків залишається надзвичайно високою, що дозволяє рекомендувати їх як цінний інгредієнт для функціональних продуктів харчування [161].

У дослідженні Amare E. та співавторів (2015) встановлено, що технологічна обробка зерна амаранту, зокрема попінг (вибухове розширення) та ферментація, суттєво впливає на біодоступність та якість рослинного білка. Поєднання цих методів обробки дозволяє не лише покращити органолептичні показники продуктів, а й оптимізувати амінокислотний профіль, що є

важливим для створення високопоживних продуктів харчування на основі амаранту [172].

На врожайність амаранту суттєво впливають ґрунтові і гідротехнічні умови вирощування, добір сортів, термін сівби, строки і норми висіву, застосування добрив і стимуляторів росту [97, 103, 77, 58]. Польова схожість насіння амаранту є критичним показником, що значною мірою залежить від фізичного стану верхнього шару ґрунту та дотримання оптимальних строків сівби у прогрітий субстрат. Дрібнонасінність культури зумовлює її високу чутливість до глибини загортання та стабільності вологозабезпечення, оскільки навіть незначне пересихання посівного шару або утворення ґрунтової кірки суттєво обмежує кількість сходів. Встановлено, що на дружні сходи амаранту впливають такі чинники як температура ґрунту, вологість та глибина сівби [16, 20]. Науковці вважають, що оптимальним терміном сівби амаранту у Південному Степу України є період з середини першої до середини другої декади травня [56]. Дослідженнями встановлено, що для зони Лівобережного Лісостепу України найбільш ефективними є другий та третій строки сівби, які припадають на першу та третю декади травня відповідно. Оптимальним з точки зору реалізації біологічного потенціалу визначено другий строк сівби, за якого врожайність сорту Ультра становила 4,9 т/га, а сорту Студентський – 5,1 т/га, проте цей період характеризується нестабільністю через ризик різкого зниження продуктивності в несприятливі роки до рівня 0,5–0,9 т/га. Натомість третій строк сівби забезпечує більш сталі показники врожайності без суттєвих коливань за роками, що дозволяє отримувати в середньому 2,6–2,7 т/га у сорту Ультра та 2,1–2,3 т/га у сорту Студентський [21].

Дослідження Noidal N. та співавторів (2020) доводить, що правильний вибір термінів дефоліації в системах подвійного використання амаранту дозволяє оптимізувати вміст поживних речовин у листі без суттєвих втрат урожайності зерна. Автори встановили, що інтенсивність накопичення протеїну та мікроелементів у листовій масі безпосередньо залежить від фази

вегетації, в яку проводиться обрізка, що є критичним фактором для підвищення загальної продуктивності агроєкосистем [132].

У фундаментальній праці Jane J. L. та співавторів (1999) доведено, що фізико-хімічні властивості крохмалю, зокрема температура клейстеризації та в'язкість клейстеру, безпосередньо залежать від молекулярної архітектури амілопектину та співвідношення фракцій полісахаридів. Автори встановили, що збільшення довжини бічних ланцюгів амілопектину підвищує стійкість крохмальних гранул до термічного впливу, що є важливим показником при оцінці технологічної якості зернових культур [141].

За збалансованого підживлення середня урожайність насіння може досягати 3,0 т/га, а за сприятливих умов і впровадження оптимальної технології – до 5,0 т/га. Експериментально доведено, що продуктивність амаранту суттєво корелює зі способами сівби. Сорт Лера демонструє стабільність врожаю при міжряддях до 45 см, проте негативно реагує на їх збільшення до 60 см. Глибина посіву для сорту Харківський 1 має бути суворо лімітована: понад 3 см висівати недоцільно, кращим варіантом є 2 см. Щодо щільності посіву, то норма 0,4 млн/га виявилася дещо ефективнішою за 0,6 млн/га, забезпечивши врожайність 4,28 т/га проти 4,20 т/га [100, 102].

Амарант має широкі можливості виживання на різних ґрунтах і в умовах навколишнього середовища, для оптимальної появи сходів рекомендується сіяти *A. Caudatus* у суглинистий ґрунт, що підтримується при температурі 25°C і безперервному перебуванні в темряві [158]. Завдяки високій здатності насіння амаранту до проростання, доцільно його зберігати за температури навколишнього середовища не вище 15°C і вологості повітря 55–75%. Найвищі показники схожості насіння амаранту всіх сортів були за температури повітря 5°C та відносної вологості 55%. З підвищенням відносної вологості повітря погіршується показник лабораторної схожості насіння і воно стає непридатним для використання у виробничих і насінницьких посівах [71].

Найбільшу ефективність у формуванні приросту насіннєвої продуктивності амаранту мають азотно-фосфорні добрива, а внесення їх

підвищених норм ($N_{90}P_{90}$ на фоні K_{30}) сприяло одержанню 1,47 т/га насіння [60]. Установлено, що застосування мінеральних добрив забезпечувало приріст урожайності насіння амаранту. Якщо на контролі врожайність у сорту Ультра становила 8,7 ц/га, то за внесення мінеральних добрив у нормі $N_{120}P_{80}K_{120}$ врожайність зерна зросла на 11 ц/га. Залежно від рівня удобрення рівень урожаю в сорту Студентський був вищим на 3,4–4,8 ц/га відносно стандарту (сорт Ультра) [107]. За сприятливої погоди підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) подовжило періоди бутонізації, цвітіння та наливу зерна амаранту на 9–12 днів, що суттєво покращило формування врожаю [73].

Температурний режим мав визначальний вплив на темпи проходження фенологічних фаз амаранту. Зокрема, у 2020 році через низьку середньомісячну температуру травня ($10,8^{\circ}\text{C}$) період від сівби до появи сходів (ВВСН 01–10) виявився максимально тривалим і становив 21 добу. Наступні етапи органогенезу залежали від генотипу сорту та фону живлення. Встановлено тісний кореляційний зв'язок ($r=0,93$) між тривалістю фази сходів–бутонізація (ВВСН 11–50) та рівнем мінерального удобрення й сортовими характеристиками. Водночас зростання температури у липні до $21,7^{\circ}\text{C}$ сприяло інтенсифікації розвитку рослин та скороченню міжфазного періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 51–60) [96]. Культивування амаранту на Прикарпатті є стратегічно доцільним, оскільки дозволяє отримувати високоякісне борошно з багатим вмістом білка та олії (до 6% олії), що містить цінні біоактивні компоненти – сквален, рутин і токотрієнол, які забезпечують продукту виражені лікувальні та імунні властивості [87].

Проведений економічний аналіз свідчить про пряму залежність між рівнем мінерального живлення та прибутком. Контрольний варіант без добрив забезпечив отримання 33,067 тис. грн/га чистого прибутку. Застосування добрив у дозі $N_{40}P_{20}K_{40}$ дозволило підвищити цей показник до 43,673 тис. грн. Подальша інтенсифікація живлення супроводжувалася поступовим зростанням прибутковості: від 51,529 тис. грн ($N_{80}P_{40}K_{80}$) до 66,514 тис. грн

(N₁₆₀P₆₀K₁₂₀). Максимальне значення чистого прибутку зафіксовано при внесенні найвищої норми N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, що склало 70,813 тис. грн/га [185].

Згідно з результатами досліджень М. Л. Тирусъ та В. В. Лихочвора, проведених на темно-сірих опідзолених ґрунтах, сорт Харківський 1 забезпечив максимальну врожайність насіння (4,63 т/га) за умови мінімальної норми висіву – 0,4 млн/га. Встановлено, що для сортів Студентський, Лера та Харківський 1 оптимальними є норми у межах 0,4–0,6 млн/га. Для сорту Сем цей показник становить 0,6–0,8 млн/га, для Ацтека – 0,6–1,0 млн/га, а для сорту Ультра – 0,8–1,2 млн/га. Водночас найнижча врожайність у середньому за всіма варіантами досліду спостерігалася за використання максимально допустимих норм висіву [104].

Установлено, що для сорту Лера оптимальними параметрами площі живлення є ширина міжрядь 15, 30 та 45 см, за яких зафіксовано максимальні показники продуктивності на рівні 3,92–3,97 т/га. Така стабільність урожайності в широкому діапазоні міжрядь вказує на високу адаптивну здатність сорту до різних способів сівби. Доведено, що для досягнення максимальних показників продуктивності амаранту в умовах достатнього зволоження західного Лісостепу оптимальною глибиною загортання насіння є 2 см. Технологічно допустимим вважається діапазон від 1 до 3 см, проте перевищення межі призводить до різкого пригнічення рослин та суттєвої втрати врожайності [100, 101].

З'ясовано, що внесення полімерного гідрогелю в ґрунт забезпечує накопичення достатнього обсягу вологи для вегетації амаранту, що позитивно позначається на показниках індивідуальної продуктивності рослин. Завдяки оптимізації водного режиму орного шару вдалося досягти зростання врожайності насіння на 16,4% у сорту Харківський 1, на 16,0% у сорту Геліос та на 18,3% у сорту Сем [110].

В умовах Південної Африки вивчали вплив раннього та нормального збору врожаю на хімічний склад та вторинні метаболіти виду *Amaranthus cruentus*. Збір зрілого зерна призвів до вищого вмісту Ca, P, Mg та K у насінні.

Спектр та вміст незамінних амінокислот залишалися подібними незалежно від зрілості на момент збору. Зерно містило значну кількість ненасичених жирних кислот. Найвищий відсоток становила лінолева кислота: 38,7% та 39,7% у передчасно та зрілому зерні відповідно [129].

Унікальність амаранту зумовлена його високою білковою продуктивністю як у насінні, так і у вегетативній масі. Маючи показник вмісту білка в зерні на рівні 15–18%, ця культура значно випереджає традиційні зернові, зокрема пшеницю (12–14%), кукурудзу (9–10%) та рис (7–10%) [188]. Установлено, що за вмістом протеїну та інших цінних речовин амарант не поступається традиційним найпоширенішим культурам. Окрім умісту збалансованого за своїм амінокислотним складом білка, зерно амаранту характеризується наявністю в олії такої речовини, як сквален, який є джерелом забезпечення організму киснем [7]. В Італії з насіння шести видів амаранту було вилучено олію для отримання фракцій, багатих на сквален. Вміст олії в насінні коливався від 5,17% (*A. muricatus*) до 12,20% (*A. tuberculatus*). Кількість сквалену в олії коливалася від 3,43% (*A. muricatus*) до 6,09% (*A. hypochondriacus*) [126].

Вивчення складу олії у насінні сортів Харківський, Лера, Андижан та Геліос, акліматизованих в Узбекистані, свідчить, що уміст олії у насінні амаранту коливався від 6,39 до 7,81% від початкової маси. Зразки амарантової олії містили досить велику кількість ненасичених жирних кислот 72,7–73,3%, 1,17% з яких – омега-3-альфа-ліноленова кислота. Вміст сквалену в насінні коливався від 0,35% до 0,55%. Установлено, що вміст його в оліях, отриманих екстракцією, більший, ніж в оліях, отриманих холодним пресуванням [128]. Результати моніторингу якості амарантової олії свідчать, що застосування методу холодного пресування насіння дозволяє забезпечити вміст сквалену в межах 5–8 % [4]. В умовах південного заходу Франції встановлено, що вміст олії значно варіювався і становив від 4,3 до 6,4%. Сорт Лера, вирощений в Рісклі, мав найвищий вихід сквалену – 7,7%. Лінолева та олеїнова кислоти були найпоширенішими жирними кислотами для чотирьох генотипів. У

екстрактах насіння амаранту було ідентифіковано загалом 44 леткі сполуки. Хімічний склад амаранту залежить від генетичних та екологічних факторів, які свідчать про біологічний потенціал насіння амаранту [163].

У насінні амаранту залежно від сорту найвищий уміст вуглеводів – 63,1–68,2%. Показники вмісту білка варіюють у межах 16,1–24,7%. Серед комплексу незамінних амінокислот найвищою концентрацією вирізняється фенілаланін, кількість якого в насінні становить 985–1155 мг/100 г залежно від сортових особливостей [1, 108].

З'ясовано, що максимальна врожайність зерна амаранту волотистого (1,77 т/га) досягається за умови широкорядного способу сівби (45 см) з нормою висіву 1,0 кг/га. Застосування мінеральних добрив у дозах $N_{60-90}P_{60-90}K_{30}$ сприяло збільшенню збору зерна на 0,39–0,42 т/га. Водночас для створення продуктивних сумісних агрофітоценозів разом із амарантом волотистим рекомендовано вирощувати сорго-суданковий гібрид, сорго цукрове та кукурудзу [45]. Найкращу стабільність урожаю амаранту на Поліссі дає класичний обробіток ґрунту із широкорядною сівбою, міжрядною культивацією та позакореневим підживленням [68].

За даними досліджень М. Г. Гусєва і Д. П. Войташенка, при вирощуванні амаранту на зерно в умовах зрошення кращим виявився широкорядний спосіб сівби на 60 см і нормою висіву 2,25 млн схожих насінин/га. Показник урожайності склав 1,85 т/га при рівні рентабельності 287%. Завдяки застосуванню мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{30}$ збір насіння збільшився до 2,54 т/га [23].

Застосування фітомаси високорослих сортів амаранту Студентський, Ультра, Лера та Харківський 1 у якості сидерального добрива на фоні внесення $N_{200}P_{80}K_{120}$, забезпечило суттєве поліпшення показників родючості темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту. Завдяки загортанню значного обсягу рослинних решток у біологічний колообіг повертається від 1175 до 1454 кг/га основних елементів живлення. Це дозволяє не лише збагатити ґрунтовий профіль азотом, фосфором і калієм, а й оптимізувати загальний

баланс органічної речовини в агроценозі. Досліджувані сорти амаранту суттєво різнилися за біометричними показниками, зокрема за висотою стебла, що варіювала в межах від 162 до 228 см. Мінімальні значення висоти було зафіксовано у сорту Ультра, тоді як найбільш інтенсивним ростом відзначався сорт Харківський 1 [106, 99].

На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся в умовах посухи амарант продемонстрував високу продуктивність і якість корму при двоукісному режимі скошування, при цьому максимальна врожайність зеленої маси (74,6 т/га) та рентабельність (213,0%) були досягнуті завдяки поєднанню мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ із препаратом грейнактив [48].

Аналіз жирнокислотного складу насіння амаранту показав домінування лінолевої кислоти (39,93–53,03%) та мінімальну присутність бегенової (0,13%) і пальмітолеїнової (0,09–0,29%) кислот; водночас сорт Геліос відзначився найвищим вмістом пальмітинової та стеаринової кислот, олеїнова кислота варіювала в межах 22,42–34,54%, а за загальною сукупністю показників найкращим було визнано сорт Кремовий ранній [86].

Результати досліджень свідчать, що використання амарантової олії, на відміну від соняшникової, уповільнює процеси окислення та зростання кислотності, що підтверджує високу антиоксидантну ефективність цього продукту [114].

1.3. Формування врожайності і якості насіння гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування

В Україні спостерігається щорічне зростання експорту гарбузового насіння та олії завдяки потужному аграрному потенціалу степової зони. Разом із тим, північні області активно розбудовують мережу переробних підприємств для створення продукції з високою доданою вартістю та лікарських препаратів [95, 93, 92].

Штирійська гарбузова олія, відома як «чорне золото», протягом століть славиться своїм пікантним горіховим ароматом і унікальним темним кольором. Свою назву вона отримала через забарвлення насіння та надзвичайно високу цінність, яка в Середньовіччі прирівнювалася до вартості золота. Навіть сьогодні цей продукт зберігає статус елітного, а його ціна на європейському ринку перевищує 20 євро за літр [53].

Головною ознакою гарбуза звичайного голозерного (*Cucurbita pepo* L. var. *styriaca*) є те, що його насіння позбавлене твердої здерев'янілої оболонки. Замість неї насіння вкрите лише тонкою їстівною плівкою, що значно спрощує процеси промислової переробки та використання продукції в їжу. Голозерний гарбуз є більш теплолюбною культурою, ніж його десертні види. Для успішного вирощування та визрівання насіння без оболонки йому необхідний довший період із високими температурами повітря. Завдяки темно-зеленому кольору та вираженому аромату гарбузову олію широко застосовують у косметологічній галузі та кулінарії. Її багатий хімічний склад, що включає поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, мінеральні речовини (магній, селен, цинк) і комплекс вітамінів (B, F, E, A), зумовлює позитивний вплив на імунну, травну, нервову та серцево-судинну системи, а також покращує стан шкіри. Насіння гарбуза та отримана з нього олія є важливими компонентами здорового раціону та високоцінними дієтичними продуктами. Їх додають у салати в сирому вигляді, позаяк насіння не призначене для смаження. Гарбузове борошно додають до виготовлення хліба і інших страв [72].

Гарбузове насіння може бути крихтливим, але воно щільно насичене корисними поживними речовинами (ненасичені жирні кислоти, токоферолі, амінокислоти, фітостеролі, кукурбітацини, фенольні сполуки та цінні мінерали). Усі ці біологічно активні сполуки важливі для здорового життя та благополуччя. Саме високий вміст фітостеролів у насінні голонасінного гарбуза є одним із головних аргументів на користь його лікувально-профілактичних властивостей. Біоактивні сполуки в гарбузовому насінні мають антигельмінтозну, протидіабетичну, антидепресивну, антиоксидантну,

протипухлинну та цитопротекторну дію. Крім того, ці речовини мають потенціал для покращення мікробіологічних інфекцій, захворювань печінки та простати [134].

Аналіз вітчизняних та закордонних наукових джерел щодо оптимізації технології вирощування різних видів гарбузів свідчить, що ключовим вектором досліджень є комплексний підхід. Він базується на ідентифікації скоростиглих і високопродуктивних сортів із вагомим селекційним потенціалом. Основна увага зосереджена на пошуку дієвих регуляторів росту та встановленні раціональних схем розміщення рослин для максимізації врожайності. Важливим також є вдосконалення систем удобрення та розробка методів збереження високої якості плодів, насіння й олії на етапах їх тривалого зберігання та промислової переробки [113, 44, 47, 76, 79, 122].

Аналіз сортового складу гарбузів *Cucurbita moschata* свідчить, що сорти Доля та Диво виявилися найбільш скоростиглими з найменшою тривалістю вегетаційного періоду (96–101 діб), а виду *Cucurbita maxima* – сорти Ждана (116 діб) і Польовичка (120 діб). У сортів Диво (38,4 т/га) та Польовичка (34,5 т/га) відмічена висока врожайність, а маса їх плодів становила відповідно 7,2 та 6,3 кг [57]. У гарбуза мускатного за схеми сівби 1,4 x 0,8 м тривалість періоду «початку досягання плодів» скорочувалася на чотири доби порівняно з варіантом 1,4 x 1,4 м (контроль). За схем розміщення рослин 1,4 x 1,7 м утворилася їх максимальна маса (4,3 кг) та кількість (1,9 шт.). Найвищою загальна урожайність (38 т/га) була за схеми розміщення рослин 1,4 x 1,1 м. На контролі (1,4 x 1,4 м) спостерігали високий вихід стандартних плодів, а найнижчий – на варіанті 1,4 x 2,0 м [112]. Дослідження трьох основних груп гарбуза харчового (великоплідний, мускатний і звичайний або товстокорий) свідчить, що мускатні сорти мають найкращі споживчі властивості та гарні органолептичні показники серед них. Вони чудово підходять для харчової промисловості, оскільки при термічній обробці добре зберігають свою структуру, колір і аромат. За органолептичними характеристиками та хімічним складом найкращим виявився сорт Арабатський. У нього відмічено

найбільший порівняно з іншими гарбузами цієї групи вміст β -каротину, що впливає на зміцнення імунітету людини та надає плодам яскравого й гарного кольору [25].

Спонтанна мутація гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo* L. *convar. pepo* var. *styriaca* Greb.), що призвела до появи «голоного» насіння без оболонки, була зафіксована в Європі близько 100 років тому. На основі цієї місцевої безшкіркової форми було виведено перший сорт олійного гарбуза – *Gleisdorfer Ölkürbis*, а нині в Австрії широко використовують його високоврожайні гібриди [130, 187]. Згідно з дослідженнями іранських учених щодо лікарського гарбуза (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*, cv. 'Kaki'), розсадний метод є більш ефективним для отримання оптимального врожаю насіння та олії, ніж прямий посів. Для максимізації виробництва олії та насіння оптимальною визначено вищу густоту рослин – 30 тис. рослин на гектар (3 рослини на квадратний метр). Натомість густота 2 рослини/м² мала значний вплив на кількість листків, вузлів, підгілок та довжину рослини [123]. Рослини, вирощені розсадним методом, характеризувалися інтенсивнішим вегетативним розвитком і сформували більшу кількість і розміри плодів порівняно з прямим висівом. Урожайність насіння за пересаджування саджанців була значно вищою і становила 3,35 кг на 20 м², тоді як за прямого висіву цей показник складав 2,06 кг на 20 м², а за використання попередньо пророщеного насіння – 2,54 кг на 20 м². Водночас беззбиткова ціна 1 кг насіння за прямого висіву була нижчою (0,98 євро/кг) порівняно з розсадним методом (1,20 євро/кг), проте за рахунок високої продуктивності чистий прибуток з гектара у варіанті з пересаджуванням саджанців був вищим [176]. Максимальну врожайність насіння гарбуза було зафіксовано за сівби 18 квітня на ділянках із густотою стояння 2,2 рослини/м². Отримані результати засвідчили, що проведення сівби в пізніші терміни унеможливило покращення врожайності та її компонентів навіть за оптимізації густоти насадження [180].

Оцінка фізико-хімічних характеристик екстрагованих олій та хімічного складу насіння чотирьох іранських сортів гарбуза свідчить про низький рівень

вмісту води в насінні – від 4,7 до 5,4%. У досліджуваних зразках виявлено високі показники вмісту олії (36,9–47,8%) та білка (28,8–35,5%), до того ж за маслянистістю лідирував сорт Postekaghazi. За властивостями жирнокислотного складу сорт Khoreshti суттєво відрізнявся від інших зразків: у його олії переважала олеїнова кислота (52,7%), а за нею йшла лінолева (28,1%), тоді як у решти сортів домінувала саме лінолева кислота з часткою 46,5–56,1% [157]. У штаті Айова було проведено вивчення дванадцяти сортів гарбуза (*Cucurbita maxima* D.) за складом жирних кислот, вмістом токоферолу та олійності насіння. Установлено, що концентрація олії коливалася в межах 10,9–30,9%, а загальний вміст ненасичених жирних кислот становив від 73,1 до 80,5%. Серед жирних кислот домінували лінолева, олеїнова, пальмітинова та стеаринова, причому між сортами виявлено істотні розбіжності за вмістом олеїнової, лінолевої, стеаринової та гадолеїнової кислот. Частка лінолевої кислоти була низькою і не перевищувала 1%. Фіксація вмісту токоферолу в досліджуваних оліях показала такі результати: альфа-токоферол становив від 27,1 до 75,1 мкг/г олії, гамма-токоферол – від 74,9 до 492,8 мкг/г, а дельта-токоферол – від 35,3 до 1109,7 мкг/г [166].

Дослідженнями в Нігерії щодо вивчення норм внесення добрив (0–250 кг/га NPK) установлено, що контроль та менші дози забезпечують найвищу концентрацію антиоксидантів і поживних речовин у насінні гарбуза. За внесення 0, 50, 100, 150, 200 та 250 кг/га NPK середній вміст білка становив 27%, золи – 1,56%, сирової клітковини – 0,56%, вуглеводів – 11,7%, а вихід олії досягав 59%. При цьому загальний вміст фенолів складав 47 мг/100 г за антиоксидантної активності 89,9–90,4% [136].

Гарбузова олія, популярна в Австрії як салатна заправка, має лікувальний потенціал проти захворювань простати завдяки вмісту фітостеролів, лігнанів та вітаміну Е. Попереднє обсмажування насіння змінює його хімічний склад: рівень вразливої до окиснення лінолевої кислоти знижується з 54,6% до 54,2%, а концентрація ізомерів вітаміну Е протягом перших 40 хвилин смаження падає приблизно на 30%, але за останні 20 хвилин

відновлюється до початкового рівня [125]. Результати досліджень показали, що процес обсмажування знизив вологість та активність води в гарбузовому насінні, тоді як присутність майорану збагатила його ароматичний профіль характерними для цієї спеції компонентами. Отримані олії характеризувалися нижчим кислотним числом та вмістом хлорофілу [145].

Світовий ринок демонструє стабільно високий попит на гарбузове насіння, що зумовлено його винятковими дієтичними й фармакологічними характеристиками та придатністю для виробництва різних харчових продуктів. Використання борошна з насіння гарбуза голонасінного у харчових технологіях є стратегічно важливим, оскільки такий інгредієнт суттєво збагачує кінцевий продукт білками (30%), поліненасиченими жирними кислотами, а також збалансованим комплексом вітамінів і мінеральних речовин. Завдяки унікальному біохімічному складу, така сировина дозволяє не лише підвищити нутрієнтну щільність продуктів харчування, а й надати їм лікувально-профілактичних властивостей [26, 174].

Аналіз результатів трирічних експериментів дозволив встановити, що максимальна врожайність насіння гарбуза на рівні 981 кг/га забезпечується за умови диференційованого режиму зрошення в межах 70–80–70% НВ, застосування розрахункових доз мінеральних добрив, орієнтованих на отримання 80 т/га плодів, за одночасного дотримання площі живлення рослин 1,5 м². Доведено, що попри певне зниження вмісту олії у насінні внаслідок загущення посівів, варіанти з площею живлення 1–1,5 м² є економічно доцільнішими, оскільки вони забезпечують вищий валовий збір олії з одиниці площі завдяки суттєвому зростанню загальної врожайності. Протягом усього періоду спостережень саме фактор зрошення виступав визначальним чинником формування кінцевої врожайності насіння гарбуза порівняно з іншими елементами технології [88, 89, 90].

Для отримання стабільної врожайності столового гарбуза на рівні 25–30 т/га в умовах Півдня України доцільно використовувати сорти Доля та Родзинка за широкорядного способу сівби з міжряддями 140 см. Застосування

мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}$ на таких посівах забезпечує оптимальний гідротермічний та поживний режими, що створює найкращі умови для інтенсивного накопичення абсолютно сухої біомаси рослин [51].

За даними мексиканських вчених олія з насіння гарбуза містила 755 г/кг ненасичених жирних кислот та підвищений вміст лінолевої (431 г/кг) та олеїнової кислот (324 г/кг). Тому її класифікують як олію з високим вмістом лінолевої та олеїнової кислот, завдяки чому вона є перспективною заміною бавовняної, кукурудзяної, кунжутної, соняшnikової або соєвої олій у мексиканському раціоні [138].

Відомо, що польські споживачі включають гарбузове насіння у свій раціон як перекус у сирому вигляді або мінімально обробленим шляхом обсмажування. Цей процес дозволяє насінню розвинути характерний аромат і колір. Особливо підходять для сушіння трави і спеції, які вирізняються приємним і ніжним ароматом. У дослідженні гарбузове насіння (*Cucurbita pepo*) обсмажували з сушеним майораном і без нього при 110 та 160 °C протягом 10 та 30 хвилин, після чого екстрагували олії. Результати показали, що зі збільшенням температури та часу обсмажування вміст вологи та активність води в гарбузовому насінні зменшувалися. Крім того, обсмажування гарбузового насіння з майораном, особливо при 110 °C, збагачувало його ароматичний профіль терпенами, характерними для аромату майорану. Незалежно від того, чи смажили гарбузове насіння з майораном чи без нього, у складі жирних кислот отриманих олій переважали пальмітинова, стеаринова, олеїнова та лінолева кислоти [145].

Установлено, що насіння становить приблизно 3,34% від ваги гарбуза (*Cucurbita moschata*), побічного продукту, багатого на біологічно активні сполуки. Насіння гарбуза може містити приблизно 33% олії з унікальним складом та харчовою цінністю. У досліджах олію екстрагували за допомогою експелерного преса з максимальною продуктивністю 3–5 кг/год, і оцінювали вихід олії, відновлення олії та вміст залишкової олії в макусі. При цьому спостерігалася значна різниця у вмісті олії в насінні (27%–37% на суху масу),

виході олії після пресування (13,6%–26,2%) та вмісті залишкової олії в макусі (14,1%–18%) ($p < 0,05$), що мало позитивну та негативну кореляцію з вмістом олії в насінні відповідно. Вміст пероксидів та вільних жирних кислот становив до 2,28 мг-екв/кг та 0,22% відповідно, що свідчить про високу початкову якість олій, отриманих методом шнекового пресування [146].

Високий вміст олії в насінні суттєво підвищує рентабельність вирощування гарбузів для виробництва салатної олії, оскільки середня врожайність становить лише близько 800 кг насіння з гектара. Зі 100 різних селекційних ліній (F4, F5, F6) були зареєстровані деякі морфологічні ознаки та встановлені у парний зв'язок за допомогою кластерного аналізу один з одним та з вмістом олії в насінні. Ймовірності кореляцій класів однієї ознаки з класами другої ознаки свідчать про те, що високий вихід олії можливий, перш за все, шляхом вирощування кущистих селекційних ліній [160].

Досліджено, що мікрохвильова обробка насіння гарбуза продемонструвала сприятливі результати з точки зору таких показників, як вихід олії, фізико-хімічні властивості, вміст біоактивних сполук та антиоксидантні властивості. Тому подальші дослідження повинні бути зосереджені на оптимізації робочих параметрів мікрохвильової попередньої обробки гарбузового насіння, яке має відносно високу якість олії. Крім того, враховуючи чудову здатність цієї обробки вивільняти біоактивні сполуки, такі як токоферол, фітостерол, сквален та поліфенол із олії гарбузового насіння, слід враховувати збереження цих біоактивних сполук під час процесу рафінування олії [142].

Результати досліджень свідчать, що насіння гарбуза сорту Макре мало вміст жиру 48,88% та вміст білка 41,94%. Щодо екстракції олії, найкращий вихід (41,50%) було отримано при вологості 5,0%. Аналогічно, оптимальний вихід 41,88% був досягнутий при використанні цілого насіння з такою ж вологістю. Це свідчить про те, що зниження вологості позитивно вплинуло на вихід олії, тоді як гранулометричний склад не мав суттєвого ефекту, оскільки подрібнювати насіння не було необхідності. Показники якості олії становили:

йодне число – 116,02 г/100 г, число омилення – 184,45 мг КОН/г, показник заломлення – 1,471 та кислотне число – 0,912 мг КОН/г [173].

У науковій статті представлено хімічний склад, показники якості та антиоксидантну здатність олій насіння гарбуза трьох видів: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* та *Cucurbita moschata*, вирощених у Бразилії. Серед досліджених олій вид *C. pepo* продемонстрував найвищий вміст поліненасичених жирних кислот, загальних каротиноїдів та хлорофілів, але водночас найнижчу оксидативну стабільність. Олія *C. maxima* виявила найвищу оксидативну стабільність і загальний вміст токоферолів, проте найнижчий вміст хлорофілу [171].

Олію насіння гарбуза у дослідях отримували трьома методами екстракції: екстракцією за Сокслетом (SE), методом холодного пресування (CPE) та водною ферментативною екстракцією (АЕЕ). Установлено, що гарбузова олія виявилася багатою на ненасичені жирні кислоти (>80%), сквален (174,1–253,6 мг/100 г), β -ситостерол (147,7–208,2 мг/100 г) та токофероли (53,1–73,3 мг/100 г). Методи екстракції впливали на фізико-хімічні властивості та оксидативну стабільність олії. Олія, отримана методом SE (Сокслета), мала вищий вміст біоактивних сполук, ніж олії, отримані методами АЕЕ та CPE [190].

Дослідження у Литві було спрямоване на вивчення впливу органічних та мінеральних добрив на хімічний склад насіння трьох сортів голонасінного гарбуза: ‘Miranda’, ‘Herakles’ та ‘Golosemianaja’. Порівняльний аналіз сортів показав, що найвищі показники сухої речовини (97,16%), сирого протеїну (36,43%) та сирого олії (49,37%) характерні для сорту ‘Herakles’, тоді як насіння сорту ‘Golosemianaja’ вирізнялося найбільшим вмістом сирого клітковини (20,66%) та золи (5,2%). Установлено, що спосіб удобрення суттєво корелює з біохімічними показниками: максимальний вміст сирого олії було зафіксовано при застосуванні суміші добрив (комплексні + гумати), тоді як використання лише комплексних добрив сприяло накопиченню протеїну та золи. Застосування гуматів (30 л/га) забезпечило найвищий рівень сухої речовини в

насінні, водночас найбільша частка клітковини спостерігалася у контрольному варіанті без внесення добрив. Таким чином, інтегрована система живлення є найбільш ефективною для підвищення олійності голонасінних гарбузів у кліматичних умовах, близьких до Східної Європи [168, 135].

1.4. Формування врожайності і якості насіння кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.) залежно від удосконалення елементів технології вирощування

Згідно з даними FAO, світові посівні площі кунжуту складають майже 7 млн га, з яких ледь частка зосереджена в Азії (70%), значна частина – в Африці (22,3%), а решта припадає на Америку (7,7%) та поодинокі господарства у Європі [55]. Скоростиглий білонасінний екотип кунжуту культивують на невеликих площах в Україні та на Північному Кавказі, де його врожайність коливається від 12–15 ц/га на богарі до 18–20 ц/га за умов зрошення [69].

Насіння кунжуту (рід *Sesamum*) має ряд корисних властивостей і приємний смак. Біле насіння кунжуту трохи солодше і ніжніше, ніж чорне. Воно містить цинк, натрій, фосфор, марганець, селен, кальцій, мідь, калій, магній, залізо. Є джерелом антиоксидантів, клітковини, білків і корисних жирів (зокрема омега-3 та омега-6). Кунжутна олія має протизапальну і ранозагоювальну дію, зволожує і живить шкіру, покращує травлення та нормалізує обмін речовин. Установлено, що у борошні з білого насіння кунжуту вміст білка найбільший – 30,75 г, з темно-коричневого – 30,05 г, світло-коричневого – 29,35 г, із золотистого – 29,95 г [12]. Установлено, що травмування насіння кунжуту суттєво погіршує його морфометричні та фізіолого-біохімічні характеристики. Знижується енергія проростання, збільшується ступінь пошкоджень, зменшується довжина насіння на 8–10 %, ширина – на 7–9 %, а маса 1000 насінин – на 15–18 % відносно контрольних показників [59]. Кунжутне борошно також широко використовують у

технологіях хлібобулочних виробів та для виробництва кондитерських виробів оздоровчого призначення [11, 82].

Культура кунжуту найбільш трудомістка і вибаглива до умов вирощування, але вона забезпечує найбільший прибуток з одиниці площі, що викликає інтерес у виробників [85].

Сучасні кліматичні зміни зумовлюють трансформацію структури аграрного виробництва, що безпосередньо впливає на економічний потенціал та культурну значущість олійної галузі, зокрема на вирощування кунжуту. Неприятливі чинники навколишнього середовища (біотичні та абіотичні стреси) становлять суттєву загрозу продуктивності культури, насамперед негативно впливаючи на вміст та якість олії. Для подолання сучасних викликів перспективними напрямками досліджень є: створення сортів, адаптованих до перезволоження та стійких до поширених захворювань (філодії, корневих гнилей); пошук цінних агроморфологічних ознак, таких як детермінантний тип росту та стійкість до розтріскування коробочок; залучення дикорослих видів до гібридизації [131].

Формування врожайності насіння та вихід олії з кунжуту безпосередньо залежать від адаптації елементів технології вирощування до біологічних потреб культури в умовах конкретної зони. Оптимізація системи живлення та підбір високопродуктивних сортів, таких як Кадет чи Гусар, дозволяють максимально реалізувати потенціал культури навіть на відносно бідних дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся [75, 80]. Кунжут сильно виснажує ґрунт, оскільки поглинає значну кількість поживних речовин, тому доцільно вносити мінеральні добрива у дозах $N_{90}P_{90}K_{60}$. Добре реагують рослини на органічні добрива – гній, компост [83].

Максимального збору кунжуту сорту Гусар на рівні 1,12 т/га та виходу олії 561 кг/га вдалося досягти завдяки сівбі в перший строк (коли ґрунт на глибині загортання прогрівся до 12–14°C) на гербіцидному фоні із застосуванням Rost-концентрату для насіння та його бакової суміші з Омексом для двох вегетаційних обробок (у фази 6–8 листків і бутонізації). Цей же

період сівби забезпечив кращі параметри окремої рослини, ніж другий строк за температури 16–18 °C: сформувалося по 44,4–46,3 шт. коробочок, що дало 1489–1567 шт. насінин загальною вагою 3,8–4,1 г [84].

В умовах українського Степу найкращі результати дає широкорядний посів кунжуту з міжряддями 60 см та нормою висіву 300 тис. схожих насінин/га, що забезпечує середню врожайність на рівні 10,35 ц/га [10].

Установлено, що способи сівби і зрошення суттєво впливають на ріст та врожайність насіння кунжуту. Дослідження показало, що сівба рослин за схемою 45 × 15 см та чотири зрошення через 20, 40, 60 та 80 днів після сівби призвели до найвищого врожаю насіння (748,78 кг/га) та інших компонентів врожайності [150]. Дисперсійний аналіз показав, що всі схеми сівби (30 × 20 см, 45 × 15 см та 60 × 10 см) та режими зрошення суттєво ($P < 0,05$) впливали на ріст та врожайність кунжуту [189]. Схожість насіння кунжуту залежить від умов вирощування та генотипу зразка. Насіннєвий матеріал кунжуту може зберігатися при кімнатній температурі і не втрачати схожості упродовж восьми років. Найбільшим потенціалом якості насіння з вивчених чотирьох зразків кунжуту відмічений Кубанець 55. За ним слідує зразок Наташа [54].

За даними науковців установлено, що вміст білка у насінні різних сортів кунжуту становив від 20,11 г до 20,53 г. Найнижчий вміст вуглеводів був у сорту Кадет – 0,13 г, а найвищий у досліджуваних сортів кунжуту Боярин і Ілона – 0,17 г. Уміст жиру становив у сорту Кадет – 60,5 %, у сорту Гусар – 60,1 %, Боярин і Ілона – 59,0 % [14].

З метою нарощування потужностей олійно-жирового комплексу України, нині доцільно розширювати асортимент таких олійних культур як кунжут [2]. Залежно від забарвлення незнежиреного борошна кунжуту його амінокислотний склад свідчить, що в середньому вміст замінних і незамінних кислот був вищим у чорного, а у темно-коричневого – найнижчим. У кунжуту чорного забарвлення відмічено найвищий вміст гліцину, який становив 1,398 г, у решти зменшувався: у білого до 1,381 г, золотистого – 1,358 г, світло-коричневого – 1,340 г, темно-коричневого – 1,316 г [5].

На основі кластеризації 125 зразків колекції кунжуту встановлено ознаки з найбільшою роздільною здатністю: період вегетації, кількість коробочок, маса 1000 насінин [8]. Продуктивність кунжуту залежить від технологій вирощування, зокрема, обробітку ґрунту і водопостачання. Встановлено, що застосування комбінації обробітку ґрунту та зрошення для вирощування рослин кунжуту в полі має значний вплив, особливо на кількість стручків та формування маси 1000 насінин [124]. Вибір оптимального терміну сівби кунжуту є основною проблемою виробництва насіння в західній Оромії, Ефіопія. Усі сорти кунжуту, посіяні на початку сезону дощів, дали максимальний урожай насіння, тоді як три сорти мали низький урожай через 10 днів та 20 днів після першого терміну сівби. Максимальний урожай (670 і 971 кг/га) був отриманий від сортів кунжуту Walin і Obsa [133]. Врожайність кунжуту дуже мінлива залежно від середовища вирощування та агротехніки. Найвища врожайність насіння (1,6 т/га) була досягнута у сорту Балх, посіяного 10 квітня, з густотою рослин 40 рослин/м². Сорт Баглан, висіяний 10 червня з густотою 20 рослин/м², забезпечив найнижчу врожайність (0,9 т/га) [140].

Встановлено, що врожайність кунжуту збільшувалася зі збільшенням норми внесення добрив до 150 кг/га. Це сприяло збереженню органічної речовини, а також інших необхідних поживних елементів у ґрунті. Вплив місцезнаходження показав, що ґрунт Потіскуму містив більше поживних речовин, ніж ґрунт Макурді [186]. Внесення азоту і фосфору (по шість рівнів сечовини та діамонійфосфату) у дослідках на північному заході Ефіопії збільшувало висоту рослин, кількість коробочок на рослині і врожайність. Кількість днів до цвітіння зменшувалася зі збільшенням норми азоту. Найбільше днів до дозрівання – 91 доба було за норми 23 кг/га азоту [120].

Кунжут є важливою олійною та товарною культурою в Судані. Науковці досліджували вплив різних міжрядкових відстаней на характеристики росту, врожайність і склад врожаю трьох сортів кунжуту в умовах опадів у напівпустельних регіонах. Три сорти були висіяні з чотирма міжряддями [5 (контроль), 10, 20 та 30 см]. Були виявлені значні відмінності між шириною

міжрядь, сортами та взаємодією їх за всіма параметрами, крім маси 1000 насінин. За сівби сортів з міжряддям 5 см збільшувалася врожайність насіння (210,18 кг/га) [177]. Установлено, що найвища врожайність насіння кунжуту була отримана від сорту Gida-Ayana, вирощеного за густоти рослин 250 тис. рослин (10 см × 40 см), що збільшило врожайність на 34,75% порівняно з місцевим сортом Hirhr з такою ж щільністю насадження [147].

Обробка рослин кунжуту Омексом забезпечила зростання показника їх виживання на 0,7–1,6%, тоді як використання Rost-концентрату виявилось ефективнішим і підвищило цей коефіцієнт на 1,4–3,0% [83]. Кунжутова олія широко використовується в щоденному раціоні завдяки своїй високій харчовій цінності. У промислових та малих масштабах її отримують методом холодного пресування за різних температур. У даному дослідженні екстракцію сезамової олії проводили шляхом пресування за чотирьох температурних режимів, а саме: 30 °C (контрольний зразок), 60, 90 та 120 °C, щоб оцінити їхній вплив на якість отриманих олій. Із підвищенням температури пресування вихід олії збільшився з 38% до 51%. Найвищі показники перекисного та кислотного чисел були зафіксовані в олії, отриманій при 120 °C. Вміст токоферолів та загальний вміст фенольних сполук зменшувалися з підвищенням температури пресування, а найвищі рівні цих біоактивних компонентів спостерігалися в контрольному зразку [183].

Відповідно до системи землеробства Пакистану, реакція культури кунжуту на управління поживними речовинами (азотом і сіркою) потребує оптимізації для успішного фермерства та гарної собівартості продукції. Польовий дослід був проведений на агрономічній дослідній фермі Університету сільського господарства в Пешаварі з метою з'ясувати вплив різних рівнів азоту та сірки (0, 25, 50, 75 та 100 кг/га) та (0, 10, 20, 30 та 40 кг/га) відповідно на вихід олії та врожайність зерна насіння чорного кунжуту. Сечовина (карбамід) та сульфат амонію застосовувалися як джерела азоту та сірки відповідно. Результати показали, що кількість днів до появи сходів суттєво не змінилася під впливом внесення азоту та сірки. Внесення азоту в

нормі 100 кг/га забезпечило максимальну кількість гілок на рослині (13), кількість коробочок на рослині (82), урожайність насіння (899 кг/га), біологічну врожайність (4084 кг/га), вміст олії (46,21%) та вихід олії (423 кг га⁻¹) при вищій висоті рослин (179,56 см). Сірка, внесена в нормі 40 кг/га, забезпечила більшу висоту рослин (183,14 см), кількість гілок на рослині (13), кількість коробочок на рослині (85), урожайність насіння (876 кг/га), біологічну врожайність (4069 кг/га), вміст олії (48,28%) та вихід олії (419 кг/га) [149].

Склад жирних кислот кунжутової олії визначає її комерційну цінність, а стрес від посухи та генотип можуть впливати як на якість, так і на кількість олії, яку можуть отримати переробники насіння кунжуту. У польових умовах в Ісфахані (Іран) був проведений експеримент з метою визначення впливу трьох режимів зрошення [55 % (I1, як контроль), 75 % (I2) та 85 % (I3) від вичерпання доступної ґрунтової вологи] на вміст та склад олії десяти генотипів кунжуту. Генотип Shahreza при режимі I1, Shahreza та Ardestan при режимі I2 та Isfahan4 при режимі I3 забезпечили найвищий вміст олії, тоді як Kal при режимах I1 та I2 та Isfahan4 при режимі I3 забезпечили найвищий вихід олії. Генотип Isfahan4 мав найбільше зниження вмісту пальмітинової кислоти при режимах I2 та I3. Borazjan забезпечив найнижчий вміст стеаринової та найвищий вміст лінолевої кислот при режимах зрошення I1, I2 та I3. Kal (при I1), Kal та Ardestan (при I2), а також Ardestan та Isfahan1 (при I3) забезпечили найвищий вміст олеїнової кислоти відповідно. Shahreza при I1 та I2 та Isfahan4 при I3 мали найвищий вміст ліноленової кислоти [167].

Дослідження у Пакистані підтвердило, що поєднання біодобрих та міжряддя 45 см є оптимальним для кунжуту і сприяє забезпеченню найвищого інтенсивного росту рослин та врожайності насіння до 1160 кг/га. Застосування біодобрих суттєво покращило структуру врожаю (кількість коробочок до 36 шт., маса 1000 насінин до 3,6 г) та якісні показники: вміст білка зріс до 26%, а олії – до 52%. Крім того, оптимізація технології дозволила підвищити вміст цінних ненасичених жирних кислот (лінолевої до 50% та олеїнової до 42%),

тоді як вузькі міжряддя (25 см) сприяли накопиченню насичених кислот. Аналіз головних компонентів підтвердив пряму залежність між використанням біопрепаратів і покращенням усіх господарсько-цінних ознак кунжуту, особливо у сорту Local Black [152].

Зростання попиту на високоякісне насіння кунжуту на світовому ринку зумовило необхідність оцінки нових високоврожайних сортів (NCRIBEN-01M, NCRIBEN-02M, NCRIBEN-03L) у порівнянні з раніше виведеними формами. Польові випробування показали, що нові сорти за врожайністю не поступаються попереднім, проте сорти NCRIBEN-01M, NCRIBEN-02M та інтродукований Ex-Sudan найкраще відповідають експортним вимогам преміум-класу: маса 1000 насінин понад 3 г, вміст олії 40–50% та перламутрово-білий колір насіння. Зокрема, сорт Ex-Sudan продемонстрував високу ефективність насінневої продуктивності (54,9%), індекс врожаю (27,6%) та врожайність на рівні 1,21 т/га, що дозволяє рекомендувати ці сорти для масштабного промислового вирощування [169].

Дослідження авторів підтвердило, що попередня обробка насіння кунжуту поєднанням кислотного замочування (у розчині HCl та лимонної кислоти) та мікрохвильового нагрівання дозволяє суттєво збагатити олію функціональними сполуками. Експериментально встановлено значне зростання вмісту лігнанів (сезамін – до 6927 мкг/г, сезамолін – до 3493 мкг/г), токоферолу (до 282,76 мкг/г), фітостеролів (до 6201 мкг/г) та сквалену (до 1628 мкг/г). Важливо, що така інтенсивна обробка майже не вплинула на стабільність жирнокислотного складу та антиоксидантну активність олії (92,94–95,08%), зберігши при цьому низькі показники окислювального псування. Це вперше доводить можливість отримання кунжутової олії з підвищеним вмістом біоактивних речовин для спеціального дієтичного та фармацевтичного використання [144].

Дослідження на малородючих ґрунтах показало, що реакція кунжуту на внесення сірки (S) суттєво залежить від сорту та сезону вирощування. Встановлено, що норми сірки найбільше впливають на кількість коробочок,

загальну суху біомасу та вміст олії, причому сорти з чорним і коричневим забарвленням насіння краще реагували на сірчане живлення порівняно з білонасінним сортом. Зокрема, оптимальною для накопичення сухої маси виявилася доза S_{20} , хоча максимальна олійність спостерігалася при нульовому фоні сірки (сорт ККУ3) або при її високій дозі S_{80} (сорт МК60). Отримані дані підтверджують, що дефіцит вологи в сухий сезон сприяє кращій продуктивності сезаму на бідних ґрунтах, а оптимізація сірчаного живлення є ефективною для регулювання врожайності темнонасінних сортів [151].

Дослідженнями на базі Ніл-Валлійського університету (Судан), встановлено, що термін сівби чинить статистично значущий вплив на більшість показників продуктивності, зокрема на густоту стояння рослин, кількість бічних гілок і коробочок на одній рослині, а також на масу 1000 насінин. Найвищу врожайність насіння забезпечив термін сівби на початку липня, а серед досліджуваних генотипів найпродуктивнішим виявився Shuak. Водночас зміна терміну сівби суттєво впливала на архітектоніку рослин, зокрема на висоту закладання першої коробочки, що має важливе значення для механізації збирання врожаю. Автори зауважують, що для кожної кліматичної зони існує вузьке «вікно» оптимальних термінів сівби, яке дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал культури за сприятливих температурних умов [143].

В Індії кунжут висівають у різні періоди. Серед факторів, необхідних для успішного виробництва культури, час сівби може мати визначальний вплив на кінцевий розмір рослин та врожайність. Оптимальний термін сівби може варіюватися залежно від сорту, а також від регіону через розбіжності в агроєкологічних умовах. Врожайність прогресивно знижується при затримці посіву відносно оптимального терміну сівби. Для успішного виробництва культури є незамінними багато факторів, таких як якісне насіння, боротьба з бур'янами, належне удобрення, зрошення, спосіб сівби, оптимальний термін висіву, норма висіву та час збирання врожаю. Зміни у рості та розвитку рослин

сезаму (*Sesamum indicum* L.), зумовлені різними датами сівби, залишаються недостатньо вивченими [175].

Експеримент було проведено з метою вивчення впливу інтервалів сівби на врожайність та елементи структури врожаю сезаму (*Sesamum indicum* L.) в умовах тропічного клімату на дослідній ділянці факультету сільського господарства Університету сільського господарства, водних та морських наук Ласбела (Белуджистан). Варіанти дослідження включали три сорти і три різні терміни сівби з інтервалом у 15 днів: S1 = 1-ша сівба (15 березня), S2 = 2-га сівба (1 квітня) та S3 = 3-тя сівба (15 квітня). Максимальна врожайність та параметри структури врожаю спостерігалися за третього терміну сівби S3 (15 квітня 2016 р.) та у генотипу SV1 (TS-5), за яким слідував SV2 (TH-6), тоді як мінімальну врожайність було відмічено при сівбі 15 квітня (S3) у генотипу SV3 (4002). На основі прибережних агрокліматичних умов округу Ласбела було зроблено висновок, що максимальна продуктивність була досягнута у сорту сезаму (TS-5) порівняно з двома іншими сортами (TH-6 та 4002). Термін сівби сезаму 15 квітня виявився продуктивнішим порівняно з іншими інтервалами. Прибережні кліматичні умови були сприятливими для вирощування сезаму, особливо для сорту (TS-5)» [154].

Дослідження підтвердило, що термін сівби та час збирання є критичними факторами продуктивності кунжуту. Найвищу врожайність (251,30 кг/га) забезпечила надрання сівба (26 лютого). Кожне наступне відтермінування сівби призводило до статистично значущого зниження кількості коробочок та маси насіння. Для отримання максимального врожаю оптимальним моментом для збирання був 40-й день після цвітіння (фаза повної стиглості). Передчасне або запізнile збирання негативно впливало на виповненість насіння та його масу, що вказує на необхідність суворого дотримання технологічних термінів для мінімізації втрат [139].

Досліджувані варіанти експерименту (Нігерія) включали три способи сівби кунжуту (розкидний, гніздовий та рядковий), чотири норми висіву (2,5; 5,0; 7,5 та 10,0 кг/га) та два сорти (Ex-Sudan та E8). Результати показали, що

на масу 1000 насінин суттєво вплинули варіанти досліду в обох локаціях: гніздовий метод забезпечив більшу масу насіння, норма висіву 2,5 кг/га сприяла більшій кількості насіння з однієї рослини, тоді як норма 5,0 кг/га забезпечила значно вищу врожайність з гектара. Встановлено, що спосіб сівби та сорт не мали суттєвого впливу на вміст сирого протеїну та олії. Отже, автори рекомендують застосовувати рядковий спосіб сівби з нормою висіву 5,0 кг/га, що дозволить підвищити врожайність та збільшити прибутки виробників кунжуту [159].

Сучасні дослідження підтверджують, що використання інноваційних методів переробки олійної сировини, таких як ферментативна екстракція та мікрохвильове нагрівання насіння, дозволяє суттєво підвищити якість готового продукту та його стійкість до окиснення. Встановлено, що ці технології сприяють кращому збереженню та вивільненню біоактивних компонентів, зокрема вітаміну Е та специфічних лігнанів (сезаміну й сезамоліну), вміст яких у насінні може сягати 400–1100 мг/100 г залежно від сортових особливостей [127]. Нутрицевтичні функції кунжуту зумовлені високим вмістом специфічних лігнанів та вітаміну Е, які виявляють потужну антиоксидантну, гіпотензивну та гепатопротекторну дію. Синергетичний вплив цих біоактивних сполук сприяє корекції дисфункції ендотелію судин і зниженню рівня ліпідів у сироватці крові, що робить культуру цінною сировиною для створення функціональних продуктів харчування [162].

У публікації Pathak N. та інших авторів проаналізовано сучасні підходи до фортифікації кунжутної олії, що дозволяють трансформувати її з базового продукту харчування на високоцінний функціональний інгредієнт. Автори підкреслюють роль збагачення олії мікронутрієнтами та біоактивними сполуками для підвищення її біологічної цінності та оксидативної стабільності. Особлива увага приділяється технологічним трендам, які забезпечують збереження нутрицевтичного потенціалу культури під час промислової переробки [184]. У дослідженні Huang Y. та інших дослідників проведено порівняльний аналіз впливу конвекційного, мікрохвильового та

інфрачервоного нагрівання на якісні показники насіння кунжуту та вихід олії при холодному пресуванні. Автори встановили, що вибір методу термічної обробки критично впливає на мікроструктуру насіння, кінетику вивільнення олії та збереження термолабільних антиоксидантів [155].

Результати показали, що різні методи попередньої термічної обробки суттєво вплинули на вихід, фізико-хімічні та антиоксидантні властивості екстрагованих олій з кунжуту. Зразки олії продемонстрували достовірно різні рівні загального вмісту фенольних сполук, сезаміну, сезамоліну. Установлено, що ці показники для олії з обсмаженого та обробленого мікрохвилями насіння були значно вищими, ніж для олії з необробленої сировини. Основними жирними кислотами в олії, отриманій з необробленого, обсмаженого та вакуумно-мікрохвильового насіння чорного кунжуту, були лінолева та олеїнова кислоти. Кунжутна олія, отримана після термічної та мікрохвильової обробки протягом 10 хв при вищих значеннях температури та потужності, мала вищий загальний вміст фенольних сполук, що сприяло зниженню перекисного числа та підвищенню стабільності соєвої олії при її додаванні під час зберігання при температурі 65 °C [137]. У дослідженні Ramroudi F. та інших авторів вивчали фізико-хімічні властивості сумішей рослинних олій (соняшникової та соєвої) з кунжутною олією, а також їхню стійкість до окиснення під час процесу смаження. Установлено, що додавання кунжутної олії суттєво покращує термостабільність сумішей завдяки високому вмісту природних антиоксидантів, таких як сезамін та токофероли. Результати показали уповільнення зростання перекисного та кислотного чисел, а також меншу швидкість утворення полярних сполук під час тривалого термічного впливу [156].

Авторами (Abou-Gharbia et al., 2000). визначено, що методи попередньої підготовки насіння, зокрема обсмажування та мікрохвильова обробка, відіграють вирішальну роль у формуванні оксидативної стабільності кунжутної олії. Підвищення стійкості олії до псування після термічного

впливу пояснюється вивільненням додаткових антиоксидантних сполук, таких як сезамол, що утворюються в результаті деградації сезамоліну [1].

Висновки до розділу 1

1. Аналіз світового ринку свідчить про стрімке та стабільне зростання попиту на рослинні олії нішевих культур, зокрема амаранту, гарбуза та кунжуту, що зумовлено глобальним трендом на функціональне харчування та пошуком природних джерел біологічно активних сполук. Висока біологічна цінність цих олій, багатих на незамінні жирні кислоти, антиоксиданти і специфічні метаболіти (такі як сквален в амаранті чи фітостероли в гарбузовому насінні), виводить їх у категорію стратегічної сировини для фармакологічної та харчової промисловості.
2. Узагальнення результатів міжнародних досліджень доводить, що задоволення цього попиту вимагає не просто розширення посівних площ, а передусім інтенсифікації технологій вирощування, орієнтованих на керований синтез якісних показників насіння. Сучасний світовий досвід підкреслює, що максимальна реалізація генетичного потенціалу цих культур можлива лише за умови удосконалення елементів технології вирощування в різних агрокліматичних зонах.
3. Аналіз наукових публікацій свідчить, що в Україні спостерігається трансформація підходів до вирощування амаранту, гарбуза та кунжуту – від статусу малопоширених нішевих рослин до перспективних культур промислового значення. Сучасний стан галузі характеризується активним пошуком адаптивних технологій, які б дозволили нівелювати ризики, пов'язані з глобальними змінами клімату поліської зони. Встановлено, що найбільші успіхи досягнуті у селекції та вирощуванні голонасінних гарбузів, які вже мають сформовану сировинну базу, тоді як амарант і кунжут перебувають на етапі інтенсивного випробування сортів та відпрацювання елементів агротехніки. Опубліковані дані вказують на необхідність переходу від загальних схем вирощування до розробки

комплексних енергоощадних технологій, що включають оптимізацію термінів сівби, густоти стояння та систем позакореневого підживлення. Такий підхід дозволить Україні не лише забезпечити внутрішні потреби у високоякісній дієтичній олії, а й реалізувати експортний потенціал за рахунок отримання екологічно безпечної продукції з високим вмістом біологічно активних речовин.

4. Аналіз іноземної наукової літератури свідчить, що гарбуз голонасінний є стратегічною культурою для отримання високоякісного насіння та дієтичної олії, проте його продуктивність суттєво лімітується технологічними чинниками. Узагальнення результатів закордонних досліджень дозволяє стверджувати, що кунжут (*Sesamum indicum* L.) є надзвичайно чутливою до умов довкілля культурою, де врожайність визначається, насамперед, точністю дотримання агротехнічних термінів. Світовий досвід позиціонує амарант як культуру з високою метаболічною пластичністю, спроможну зберігати стабільний амінокислотний склад за різних рівнів агрофону, що підтверджує його перспективність для диверсифікації рослинництва в умовах кліматичних змін.
5. На основі аналізу світового та вітчизняного досвіду можна виділити чотири критичні елементи технології, які є визначальними для формування врожайності та якості амаранту, гарбуза та кунжуту: терміни сівби та температурний режим; система мінерального живлення та використання стимуляторів росту; оптимізація площі живлення (спосіб сівби та густота); визначення терміну та способу збирання.

Список посилань на літературу до розділу 1: 1–14, 16, 19–23, 25, 26, 44–45, 47–49, 51, 53–63, 67–80, 82–93, 95–116, 118–163, 165–177, 179–181, 183–190.

РОЗДІЛ II. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце проведення досліджень та ґрунтово-кліматичні умови

Польові експериментальні дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. в умовах ФГ «ОФендП» Звягельського району Житомирської області.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений дерново-підзолистими суглинковими ґрунтами, які є типовими для зони Полісся України. Формування цих ґрунтів відбувалося під впливом промивного типу водного режиму в умовах надмірного зволоження та специфічного рослинного покриву. Механічний склад ґрунту – середньо суглинковий, що обумовлює його задовільну вологоутримуючу здатність, проте через низький вміст гумусу, ґрунт характеризується низькою природною родючістю. Промивний режим ґрунтоутворення сприяє вимиванню поживних речовин у глибші горизонти, що вимагає чіткого дотримання системи добрив при вирощуванні нішевих олійних культур. Дерново-підзолисті суглинкові ґрунти мають такі генетичні горизонти: гумусово-елювіальний (He), елювіальний (підзолистий) (E) та ілювіальний (I). Суглинковий механічний склад надає цим ґрунтам певних переваг порівняно з піщаними аналогами Полісся. Суглинки краще утримують вологу, що було важливо в періоди літніх посух, які ми зафіксували у серпні 2023–2024 рр. При надмірному зволоженні (як у 2025 році) суглинкові ґрунти схильні до запливання та утворення кірки, що може обмежувати доступ кисню до кореневої системи амаранту та гарбузів.

Згідно з результатами агрохімічного аналізу, обрані дослідні ділянки амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту характеризувалися такими показниками за органічною речовиною і реакцією ґрунтового розчину. Середній вміст гумусу в орному шарі є низьким і становить 1,48%, що є характерним для даного типу ґрунтів і вказує на необхідність збалансованого органо-мінерального живлення. Показник рН сольової витяжки становить 5,77, що класифікує ґрунт як слабкокислий. Гідролітична кислотність при

цьому становить 1,82 мг-екв/100 г ґрунту, що є сприятливим фактором для більшості нішевих культур (зокрема гарбуза та кунжуту), оскільки вони не потребують радикальної хімічної меліорації (вапнування). Забезпеченість ґрунту азотом та сіркою наступна: рівень легкогідролізного азоту становить 95,2 мг/кг, що свідчить про середню забезпеченість рослин доступними формами азоту на початкових етапах росту. Уміст рухомої сірки зафіксовано на рівні 13,5 мг/кг ґрунту, що є важливим показником для олійних культур, оскільки сірка безпосередньо впливає на синтез жирних кислот.

Фосфорно-калійний режим ґрунту характеризується високим умістом рухомих форм фосфору – 150 мг/кг (за методом Кірсанова), що створює гарні умови для розвитку кореневої системи рослин. Водночас уміст обмінного калію є помірним і становить 83,6 мг/кг, що може стати лімітуючим фактором для культур з високим виносом цього елемента (наприклад, для гарбуза голозерного). Отже, для гарбуза голозерного слабо кисла реакція (рН 5,77) є майже ідеальною. Проте низький вміст гумусу (1,48%) означає, що культура буде дуже чутливою до внесення мінеральних добрив, оскільки природний запас родючості обмежений. Кунжут не любить важких кислих ґрунтів. Показники (суглинковий механічний склад та рН 5,77) знаходяться на межі допустимого, тому уміст фосфору (150 мг/кг ґрунту) є сильним аргументом, адже фосфор допомагає рослинам кунжуту закладати врожай навіть у стресових умовах Полісся (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Агрохімічна характеристика дерново-підзолистого суглинкового типу ґрунту на дослідних ділянках під амарантом, гарбузом голозерним та кунжутом (2023–2025 рр.)

Рік	Кислотність (рН _{сол.}) од/рН	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Уміст гумусу, %	Азот легкогідролізний, мг/кг ґрунту	Рухомий фосфор, мг/кг ґрунту	Обмінний калій, мг/кг ґрунту	Сірка, мг/кг ґрунту
2023	5,77	1,82	1,46	94,2	162,0	84,4	13,7
2024	5,81	1,85	1,53	98,4	149,5	80,0	13,2
2025	5,73	1,79	1,45	93,0	138,5	86,4	13,6
середнє	5,77	1,82	1,48	95,2	150,0	83,6	13,5

Для амаранту описані ґрунтові умови є досить специфічними, оскільки ця культура відома своєю невибагливістю, але водночас вона потребує відповідного гранулометричного складу ґрунту та мінерального фону. Дерново-підзолисті суглинкові ґрунти є сприятливими для амаранту завдяки їхній здатності утримувати вологу. Оскільки насіння амаранту дуже дрібне, суглинковий склад забезпечує кращий капілярний підйом води до посівного шару, що є критичним для отримання дружніх сходів у травні.

Хоча амарант вважається культурою, що витримує широкий діапазон кислотності, показник 5,77 є близьким до оптимального (рН 6,0–7,0). Така слабкокисла реакція не пригнічує діяльність азотфіксувальних бактерій у ризосфері амаранту, що важливо для нарощування вегетативної маси. Азотне живлення амаранту (азотофіл) за вмісту легкогідролізного азоту на рівні 95,2 мг/кг забезпечує активний старт рослин, проте при низькому вмісті гумусу (1,48%) рослини можуть відчувати дефіцит азоту у фазу інтенсивного росту (червень-липень). Це обґрунтовує необхідність додаткового підживлення рослин для отримання високого врожаю насіння, функцію якого у досліді відіграє позакореневе внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$. Високий вміст фосфору (150 мг/кг) є ключовою перевагою, оскільки амарант потребує значної кількості цього елемента для формування потужного суцвіття (волоті) та виповненості насіння. Помірний вміст калію (83,6 мг/кг) є достатнім, проте варто враховувати, що амарант активно виносить калій із ґрунту разом із побічною продукцією. Поєднання суглинкового складу та високої забезпеченості рухомим фосфором нівелює ризики, пов'язані з низьким вмістом гумусу. Для амаранту на Поліссі такі ґрунти є придатними, за умов контролю азотного живлення в період інтенсивного росту (коли стебло починає видовжуватися на 3–5 см за добу).

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Аналіз погодних умов за вегетаційні періоди 2023–2025 років свідчить про значну мінливість основних метеорологічних показників, що безпосередньо впливало на ріст, розвиток та продуктивність досліджуваних культур (амаранту, кунжуту та гарбузів). Досліджуваний період характеризувався загальною тенденцією до підвищення середньодобових температур повітря порівняно з багаторічною нормою, особливо у критичні фази формування врожаю.

Особливістю агрокліматичних умов став нерівномірний розподіл опадів: від посушливих періодів на етапах сівби у 2023 році до аномального перезволоження в літні місяці 2025 року. Такий контраст метеорологічних факторів дозволив повноцінно оцінити адаптивний потенціал нішевих культур та виявити найбільш сприятливі гідротермічні параметри для отримання високої врожайності в умовах сучасних змін клімату.

Простежується тенденція до потепління. Температура повітря у березні 2025 року демонструє значне перевищення багаторічної норми. Наприклад, у першій декаді (I) березня температура склала $6,4^{\circ}\text{C}$ при нормі $-0,5^{\circ}\text{C}$. Це свідчить про дуже теплу весну. Так, 2023 рік відзначився надзвичайно вологою третьою декадою (51,3 мм за норми 13 мм), що майже у 4 рази перевищує середні показники. У 2024 році була дуже вологою друга декада (33,4 мм), але майже посушлива перша (0,8 мм). Найбільш збалансованим щодо опадів був 2025 рік, хоча перша декада трохи не дотягує до норми. Найхолоднішим відмічено 2023 рік (нижче норми в першій декаді), середня температура за місяць склала близько $+0,3^{\circ}\text{C}$, що на $1,2^{\circ}\text{C}$ нижче за багаторічний показник ($+1,5^{\circ}\text{C}$). Найхолоднішою була перша декада ($-1,5^{\circ}\text{C}$). У 2024 році відбулося стрімке зростання температури. Середньомісячний показник піднявся до $+4,6^{\circ}\text{C}$, перевищивши норму на $3,1^{\circ}\text{C}$. Особливо теплою була третя декада ($+8,4^{\circ}\text{C}$), що свідчить про ранній прихід весни (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Метеорологічні показники допосівного і вегетаційного періоду амаранту, гарбуза і кунжуту в роки проведення досліджень (2023–2025 рр.)
(за даними спостережень метеостанції Звягель Житомирської області)

Місяць	Декада	Температура повітря, °С			Опади, мм			Середні багаторічні опади, мм	Середня багаторічна температура, °С
		2023	2024	2025	2023	2024	2025		
Березень	I	-1,5	2,6	6,4	6,7	0,8	8,4	10	-0,5
	II	0,1	2,8	6,8	8,7	33,4	11,9	11	1,5
	III	2,3	8,4	7,6	51,3	14,8	8,8	13	3,5
Квітень	I	6,1	13,4	4,8	58,5	5,5	24,7	12	6,5
	II	9,0	10,7	10,4	15	34,4	1,5	14	8,5
	III	9,4	10,4	13,1	6,6	63,4	4,2	16	11,0
Травень	I	9,9	13,2	11,2	0,5	9,3	21	15	13,0
	II	15,5	11,4	9,3	0,9	0,9	32,6	18	14,5
	III	17,1	18,8	15,3	2,5	8,3	80,7	22	16,5
Червень	I	18,0	20,1	20,1	5,8	66,1	10,3	25	17,5
	II	16,9	19,6	17,1	34,6	55,6	6,8	28	18,5
	III	19,9	21,0	17,7	29,7	5,4	18,1	30	19,5
Липень	I	20,6	21,9	21,5	31,8	34	19,6	32	20,0
	II	20,6	26,4	19,8	10,8	8,1	107,8	30	21,0
	III	20,2	21,0	21,0	15,7	7	104,2	28	20,5
Серпень	I	21,9	20,3	19,7	8,6	18,8	14,3	22	20,0
	II	22,2	20,8	18,3	1,2	3	0	20	18,5
	III	23,6	23,9	17,6	7,4	0	23	18	17,0
Вересень	I	17,1	21,0	19,3	8,8	0	1,6	16	15,0
	II	18,1	19,7	16,3	14,4	14,9	30,1	15	13,5
	III	18,8	17,7	12,4	0,2	19,2	15,2	14	11,5
Жовтень	I	11,8	13,5	9,0	4,0	12,5	26,7	13	9,0
	II	10,2	8,2	8,0	17	9,2	15,5	12	7,5
	III	13,5	8,7	8,7	31	0,8	16,5	11	4,5
За березень-жовтень		14,2	15,6	13,8	371,7	425,4	603,5	362	12,1

Аномально теплим став 2025 рік. Середня температура за березень місяць досягла $+6,9^{\circ}\text{C}$, що на цілих $5,4^{\circ}\text{C}$ вище за норму. Вже у першій декаді температура була вищою, ніж зазвичай буває наприкінці місяця. Упродовж трьох років спостерігалася чітка тенденція до поступового та суттєвого потепління.

За кількістю опадів роки досліджень виявилися контрастними: від надмірного зволоження до легкого дефіциту. Так, 2023 рік був надзвичайно вологим. За місяць випало 66,7 мм опадів при нормі 34 мм (майже 200% норми). Основна маса опадів припала на третю декаду (51,3 мм), що майже в 4 рази перевищило середні багаторічні показники для цього періоду. 2024 рік також характеризувався підвищеною кількістю опадів (49 мм, або 144% норми). Однак розподіл був нерівномірним: перша декада була посушливою (0,8 мм), а друга – аномально вологою (33,4 мм). Найсухішим у циклі досліджень виявився 2025 рік. Сумарна кількість опадів склала 29,1 мм, що становить близько 85% від норми. Це єдиний рік у вибірці, де спостерігався невеликий недобір вологи на фоні високих температур.

Квітень у досліджувані роки продемонстрував величезну амплітуду – від «зимового» старту до літнього тепла. В умовах 2023 року температурний фон був близьким до норми ($+8,2^{\circ}\text{C}$). Квітень був помірно прохолодним, що сприяло поступовому таненню снігів та поглинанню вологи ґрунтом. У першій декаді 2024 року температура сягнула $13,4^{\circ}\text{C}$, що на $6,9^{\circ}\text{C}$ вище норми. Це спровокувало дуже раннє відновлення вегетації. А 2025 рік почався з холоду ($4,8^{\circ}\text{C}$, що нижче норми), але завершився інтенсивним прогріванням у третій декаді ($13,1^{\circ}\text{C}$), створюючи ідеальне вікно для сівби теплолюбних культур.

Квітень 2023 року був дуже вологим (80,1 мм, або 190% норми). Майже всі опади випали в першій декаді (58,5 мм), що спричинило перезволоження ґрунту. У 2024 році квітень був також рекордно вологим (103,3 мм, або 246% норми). Потужні дощі у третій декаді (63,4 мм) заклали фундамент вологи на все літо. Квітень 2025 року характеризується як посушливий (30,4 мм, або 72%

норми). Після вологої першої декади опади майже припинилися, що призвело до швидкого підсихання верхнього шару ґрунту.

Аналіз динаміки температур та опадів травня показує різку контрастність між роками досліджень: від екстремальної посухи до надмірного зволоження на фоні похолодання. У 2023 році середня температура місяця ($+14,2^{\circ}\text{C}$) була близькою до норми ($14,7$). Проте спостерігалось похолодання у першій декаді ($9,9^{\circ}\text{C}$ за норми $13,0^{\circ}\text{C}$), що змінилося стрімким прогріванням у другій та третій декадах. Травень 2024 року мав нерівномірну температуру. Після теплої першої декади настало різке похолодання у другій ($11,4^{\circ}\text{C}$), що на $3,1^{\circ}\text{C}$ нижче норми. Третя декада була аномально теплою ($+18,8^{\circ}\text{C}$). А травень 2025 рік виявився найхолоднішим роком спостережень. Середня температура травня склала лише $+11,9^{\circ}\text{C}$ (відхилення $-2,8^{\circ}\text{C}$). Особливо критичним було похолодання у другій декаді ($9,3^{\circ}\text{C}$), що значно нижче біологічного мінімуму для розвитку теплолюбних рослин. Травень 2023 року характеризувався екстремальною весняною посухою. Випало лише 3,9 мм опадів (7% від норми), що створило критичний дефіцит вологи у верхньому шарі ґрунту. У 2024 році травень залишався посушливим – 18,5 мм опадів (33% від норми). Нестача вологи була відчутна впродовж усього травня. У травні 2025 року спостерігали аномальне перезволоження. Випало 134,3 мм опадів, що у 2,4 рази перевищувало норму. Найбільша кількість опадів припала на третю декаду (80,7 мм), що спричинило переувільнення та переохолодження ґрунту.

Амарант потребує добре прогрітого ґрунту ($+12\cdots+15^{\circ}\text{C}$) і мілкого загортання насіння. У травні 2023 року умови для проростання насіння були несприятливими через катастрофічну сухість ґрунту. Навіть при достатньому теплі наприкінці місяця, насіння могло не зійти без вологи. Лише третя декада травня 2024 року була сприятлива для сівби. Найгірші умови склалися в 2025 році: низька температура ґрунту в поєднанні з надмірною вологістю створила ризик пліснявіння насіння і низької енергії проростання. Третя декада травня

2023 і 2024 рр. була сприятлива для сівби кунжуту, але потребувала додаткового вологозабезпечення.

Червень у досліджуваний період демонструє значну варіативність – від помірного зволоження до вираженої спеки та дефіциту опадів. Червень 2023 року був відносно прохолодним, особливо у другій декаді ($16,9^{\circ}\text{C}$), що на $1,6^{\circ}\text{C}$ нижче норми. Загалом температурний фон був сприятливим для рослин, оскільки не спостерігалось критичного перегріву. Червень 2024 року виявився найбільш спекотним. Температурні показники стабільно перевищували норму на $1,1...2,6^{\circ}\text{C}$. Середня температура третьої декади сягнула $+21,0^{\circ}\text{C}$, що свідчить про інтенсивне накопичення ефективного тепла. 2025 рік характеризувався теплим початком червня ($20,1^{\circ}\text{C}$), проте надалі відбулося зниження температури. Друга та третя декади були значно прохолоднішими за попередній рік і нижчими за багаторічну норму. У 2023 році сумарна кількість опадів склала 70,1 мм (84% від норми). Опади були розподілені нерівномірно: суха перша декада та інтенсивні дощі у другій половині місяця. (рис. 2.1).

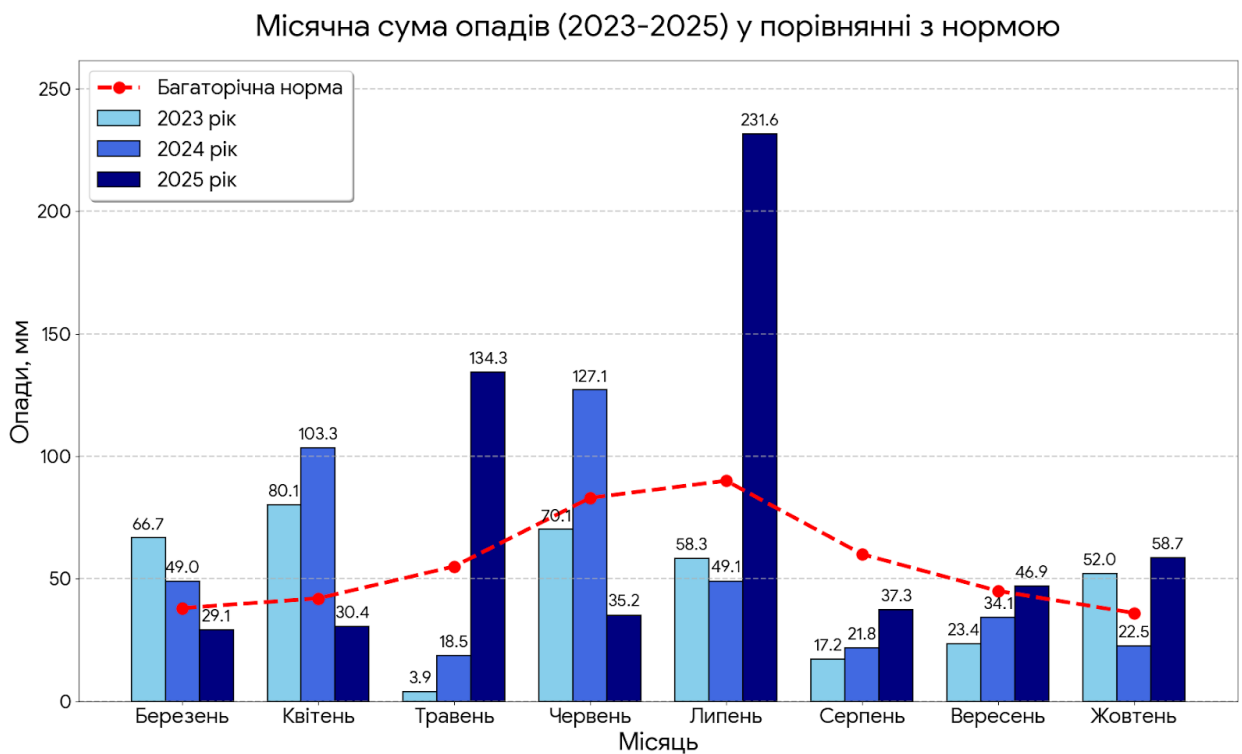


Рис. 2.1. Помісячна кількість опадів впродовж допосівного і вегетаційного періоду амаранту, гарбуза і кунжуту, мм (2023–2025 рр.)

Червень 2024 року став аномально вологим у першій та другій декадах. Сумарно випало 127,1 мм опадів (153% від норми). Проте третя декада була посушливою (5,4 мм), що на фоні високої температури призвело до швидкого випаровування вологи. Червень 2025 року виявився критично посушливим. За місяць випало лише 35,2 мм опадів (42% від норми). Найбільший дефіцит вологи спостерігався у другій декаді (6,8 мм при нормі 28 мм).

Липень є майже серединою вегетації, коли більшість теплолюбних культур (амарант, кунжут, гарбузи) переходять до фаз цвітіння та формування плодів, що потребує максимальної кількості ресурсів. Цей місяць продемонстрував екстремальні коливання: від помірного тепла до рекордної спеки та від глибокої посухи до тропічних злив. Липень 2023 року був найбільш стабільним і близьким до кліматичної норми. Температура коливалася в межах 20,2...20,6°C. Відсутність сильної спеки сприяла нормальному запиленню рослин. Липень 2024 року відзначився аномальною спекою у другій декаді – 26,4°C, що на 5,4°C вище норми. Це критичний температурний поріг, який часто супроводжується суховіями. 2025 рік мав теплий початок, але в другій декаді спостерігалось незначне зниження температури (19,8°C), що на фоні надмірних опадів дещо сповільнило дозрівання плодів. Режим зволоження свідчить, що за норми опадів за місяць – 90 мм в липні 2023 року сумарно випало 58,3 мм опадів (65% від норми). Найбільший дефіцит вологи відчувався у другій та третій декадах. Липень 2024 року став критично засушливим. Випало лише 49,1 мм (54% від норми), причому у третій декаді випало лише 7 мм на фоні високих температур. У липні 2025 року відбулися аномальні зливи. За місяць випало 231,6 мм опадів, що становить 257% від місячної норми. Особливо інтенсивними були друга (107,8 мм) та третя (104,2 мм) декади. Липнева погода суттєво вплинула на продуктивність культур, визначаючи майбутній урожай. Тепловий стрес та водний дефіцит (2023–2024 рр.): у 2024 році поєднання екстремальної спеки (26,4°C) і нестачі опадів у другій і третій декадах створило умови жорсткої повітряно-грунтової посухи. Для гарбузів це призвело до скидання частини зав'язі та в'янення листя в денні години (рис. 2.2).

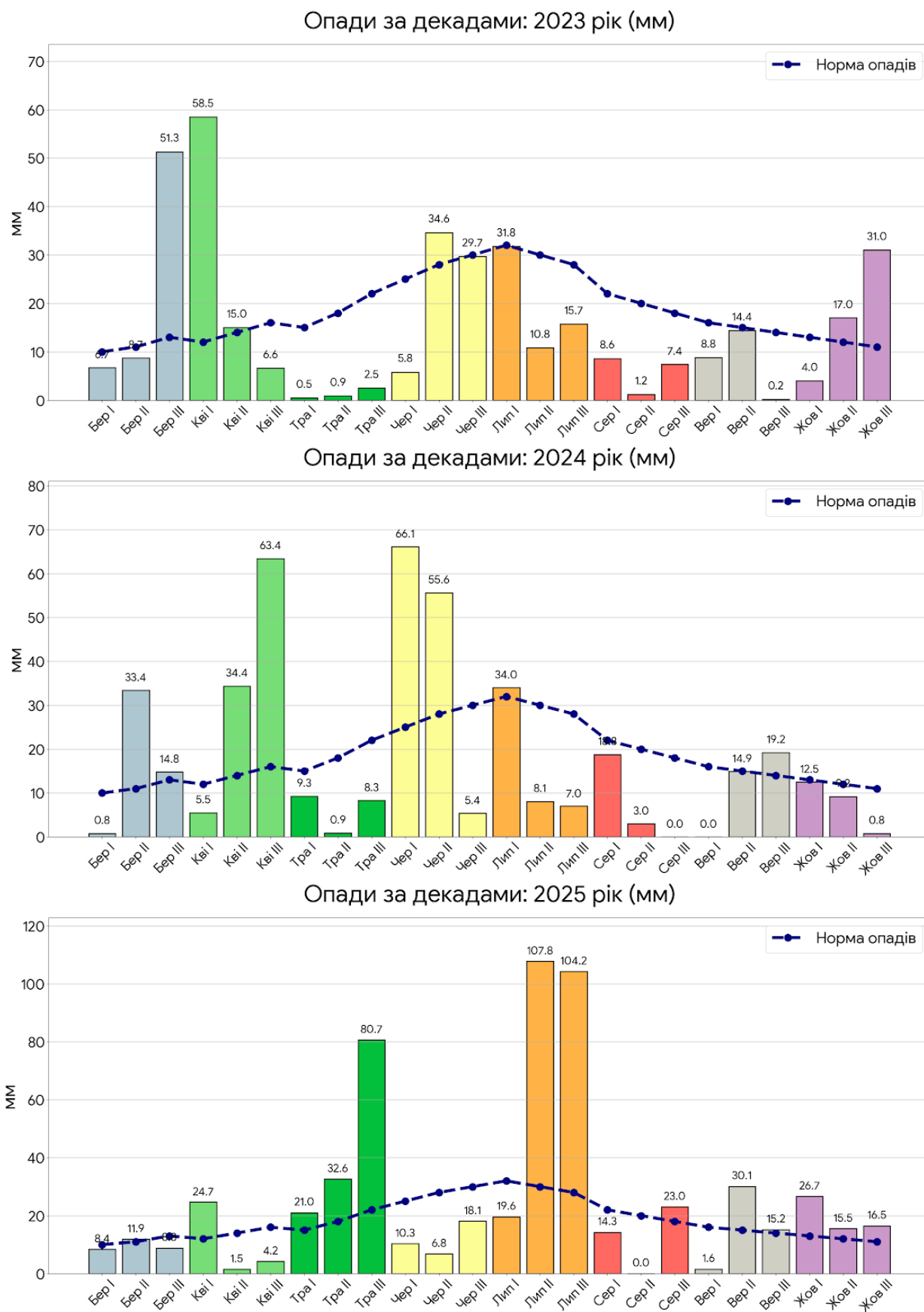


Рис. 2.2. Подекадна кількість опадів впродовж допосівного і вегетаційного періоду амаранту, гарбуза і кунжуту, мм (2023–2025 рр.)

Амарант та кунжут, як посухостійкі культури, витримали цей період краще, проте через брак вологи ріст біомаси практично припинився, а рослини завчасно перейшли до плодоношення. Надлишок вологи (231,6 мм) у 2025 році мав двоякий вплив. З одного боку, це повністю зняло водний стрес. З іншого – спричинило низку проблем: інтенсивні зливи вимивають азот з верхніх шарів ґрунту; висока вологість при температурі біля $+20^{\circ}\text{C}$ – ідеальні умови для розвитку борошнистої роси на гарбузах та бактеріозів на кунжуті; перезволоження призвело до витіснення повітря з ґрунту, що могло пригнічувати роботу кореневої системи.

Температурний режим серпня 2023 року був дуже теплим із тенденцією до наростання спеки. У третій декаді температура сягнула $+23,6^{\circ}\text{C}$, що на $6,6^{\circ}\text{C}$ вище норми. Це забезпечило інтенсивне дозрівання культур. Аналогічно до попереднього року, серпень 2024 року був спекотним, особливо наприкінці місяця. Третя декада ($+23,9^{\circ}\text{C}$) стала рекордно теплою (відхилення $+6,9^{\circ}\text{C}$). Такі умови характерні для субтропічного клімату. Серпень 2025 року демонстрував аномальну динаміку – поступове зниження температури. Третя декада була прохолодною ($+17,6^{\circ}\text{C}$), що близько до норми, але на фоні попередніх років сприймалося як різке похолодання.

Режим зволоження серпня 2023 року був посушливим. Сумарно випало лише 17,2 мм опадів (28% від норми). Друга декада була фактично бездощовою (1,2 мм). У 2024 році ситуація із дефіцитом вологи була ще критичнішою. Випало 21,8 мм (36% від норми). У третій декаді опади були повністю відсутні, що на фоні спеки $+23,9^{\circ}\text{C}$ створило умови жорсткої посухи. Сумарна кількість опадів у серпні 2025 року склала 37,3 мм (62% від норми). Попри те, що опадів було більше, ніж у попередні роки, друга декада була абсолютно сухою (0 мм). Екстремальне тепло у третій декаді 2023 та 2024 рр. ($+23,6^{\circ}\text{C}$ – $+23,9^{\circ}\text{C}$) було ідеальним для кунжуту, оскільки він потребує високих температур для розкриття коробочок та підсихання насіння. Амарант у таких умовах також швидко дозрівав, проте через тривалу посуху волоть могла бути менш виповненою, а насіння – дрібнішим. Похолодання в другій половині

місяця 2025 року сповільнило дозрівання цих культур. Брак тепла міг призвести до затягування вегетації, що ризиковано при переході у вересень (рис. 2.3).

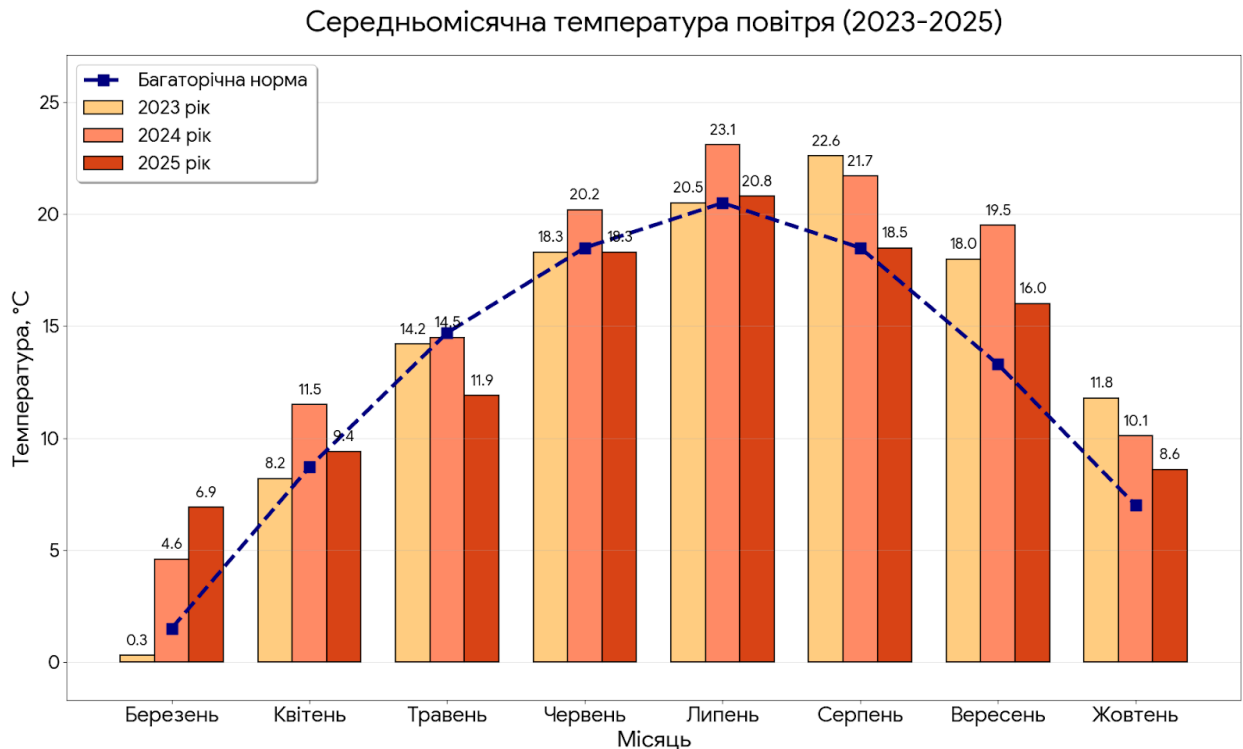


Рис. 2.3. Середньомісячна температура повітря впродовж допосівного і вегетаційного періоду амаранту, гарбуза і кунжуту (2023–2025 рр.)

Через спеку та відсутність вологи у серпні 2023 та 2024 роках листя гарбузів передчасно відмирало. Це призвело до припинення росту плодів, але водночас сприяло швидкому загрубінню кори та накопиченню цукрів. У 2025 році після аномально вологого липня (де випало 231 мм) сухий серпень був навіть корисним, оскільки він стримував розвиток гнилей плодів, які могли виникнути через надмірну вологість ґрунту.

Вересень у досліджуваний період демонструє стійку тенденцію до значного перевищення температурних норм, що фактично подовжує літній сезон на місяць. Аномально теплий місяць в умовах 2023 року із висхідним температурним трендом. Середня температура склала $+18,0^{\circ}\text{C}$ (відхилення $+4,7^{\circ}\text{C}$). Найбільш нетиповою була третя декада ($+18,8^{\circ}\text{C}$), яка перевищила норму на неймовірні $7,3^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.4).

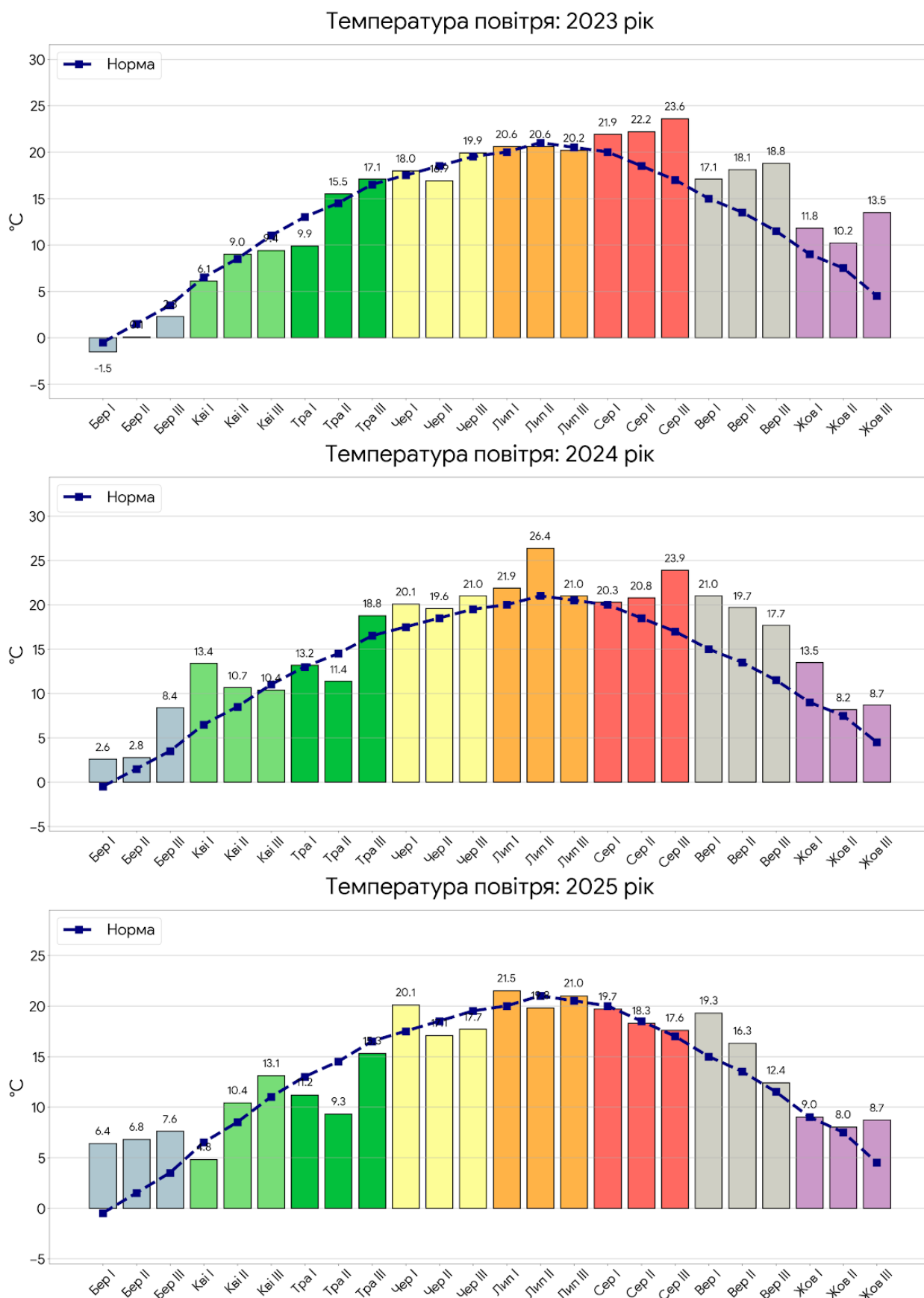


Рис. 2.4. Подекадна температура повітря впродовж допосівного і вегетаційного періоду амаранту, гарбуза і кунжуту (2023–2025 рр.)

У 2024 році був найтепліший вересень у циклі спостережень. Середня температура становила $+19,5^{\circ}\text{C}$ (відхилення $+6,2^{\circ}\text{C}$). Перша декада ($21,0^{\circ}\text{C}$) за показниками відповідала липневій нормі. Найбільш наближений до норми вересень 2025 року, хоча все одно тепліший від середньобагаторічній на $2,7^{\circ}\text{C}$. На відміну від попередніх років, тут спостерігалось класичне осіннє зниження температури – від $19,3^{\circ}\text{C}$ на початку місяця до $12,4^{\circ}\text{C}$ наприкінці. За режимом зволоження і середній багаторічній нормі – 45 мм опадів вересень 2023 року – посушливий місяць. Випало лише 23,4 мм опадів (52% від норми). Третя декада була практично бездощовою (0,2 мм), що ідеально для дозрівання насіння. У вересні 2024 року також спостерігався дефіцит вологи (34,1 мм, або 76% норми). Перша декада була абсолютно сухою (0 мм), що на фоні спеки $+21^{\circ}\text{C}$ призвело до швидкого висихання рослин. У 2025 році був найбільш вологий вересень (46,9 мм), що відповідає 104% норми. Опади були сконцентровані у другій декаді (30,1 мм), що забезпечило поповнення запасів вологи в ґрунті після літа. Вересень – період завершення накопичення олії в кунжуті, цукрів у гарбузах та сухої речовини в амаранті.

Усі три роки жовтневі спостереження демонстрували стійку тенденцію до перевищення температурних норм, що свідчить про пом'якшення осіннього періоду. Температурний режим за середньої багаторічної норми $+7,0^{\circ}\text{C}$ у 2023 році став найтеплішим у циклі. Середньомісячна температура жовтня склала $+11,8^{\circ}\text{C}$ (перевищення норми на $4,8^{\circ}\text{C}$). Особливо аномальною була третя декада: $+13,5^{\circ}\text{C}$ при нормі $+4,5^{\circ}\text{C}$ (відхилення на 9°C). Це дозволило завершити збирання навіть найбільш теплолюбних рослин без ризику заморозків. Жовтень 2024 року також був значно теплішим за норму ($+10,1^{\circ}\text{C}$). Тепла перша декада ($13,5^{\circ}\text{C}$) сприяла тривалій вегетації пізніх сортів. Хоча жовтень 2025 р. був найхолоднішим серед трьох років ($+8,6^{\circ}\text{C}$), він все одно залишався теплішим за багаторічну норму на $1,6^{\circ}\text{C}$.

Режим зволоження (норма за місяць – 36 мм) у жовтні 2023 року виявився вологим (52 мм, або 144% норми). Основна маса опадів випала наприкінці місяця (31 мм), що могло дещо затримати польові роботи, але було

корисним для озимих культур. Жовтень 2024 року був посушливий місяць (22,5 мм, або 62% норми). Майже повна відсутність дощів у третій декаді (0,8 мм) створила ідеальні умови для техніки в полі. 2025 рік: Найтеплішим і найбільш вологим роком був 2025 (58,7 мм, або 163% норми). Опади були розподілені рівномірно протягом місяця, що підтримувало високу вологість ґрунту. Отже, жовтень у період 2023–2025 рр. перестав бути «холодним» місяцем. Аномальне тепло третьої декади (особливо у 2023 р.) фактично подовжило період безпечного збирання врожаю. З точки зору балансу тепла та вологи для збирання врожаю найкращим був 2024 рік, а для закладання фундаменту наступного врожаю – 2025 рік.

Підсумовуючи аналіз погодних умов за 2023–2025 рр., слід зазначити, що кожен рік досліджень мав унікальні гідротермічні характеристики, які дозволили всебічно вивчити реакцію культур на зовнішні подразники: 2023 рік визначено як помірно теплий та дефіцитний за зволоженням, що сприяло отриманню якісного насіння, але обмежувало вегетативну масу через посушливий травень та серпень; 2024 рік виявився найбільш збалансованим та сприятливим, оскільки поєднання високого температурного фону з достатньою кількістю опадів у червні створило оптимальні умови для реалізації біологічного потенціалу врожайності; 2025 рік характеризувався екстремальним зволоженням (134% від річної норми) та температурними коливаннями, що потребувало додаткових заходів захисту рослин від хвороб, проте забезпечило формування найбільших за розміром плодів гарбузів.

Загалом, температурний режим досліджуваного періоду мав стійку тенденцію до перевищення багаторічних показників (на 1,5–4,5°C залежно від місяця), що підтверджує можливість успішного вирощування теплолюбних культур, таких як кунжут, гарбуз та амарант, у даному регіоні.

Розрахунок гідротермічного коефіцієнта (ГТК) свідчить, що 2023 рік пройшов під знаком тривалої вегетаційної посухи (травень, серпень, вересень мали ГТК < 0,5); 2024 рік мав унікально вологий червень, що став основою

врожаю на фоні сухого літа; 2025 рік виявився аномально перезволоженим (ГТК травня та липня > 3,5), що є нетиповим для зони Полісся (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Абіотичні фактори за вегетаційний період амаранту, гарбуза і кунжуту

Місяць	Рік	Σ опадів, мм	Σ t > 10 °C	ГТК	Характеристика вологозабезпеченості
IV	2023	80,1	245,0	3,27	надмірне зволоження
	2024	103,3	345,0	2,99	надмірне зволоження
	2025	30,4	283,0	1,07	слабка посуха
	норма	42,0	260,0	1,62	надмірне зволоження
V	2023	3,9	442,1	0,09	екстремальна посуха
	2024	18,5	452,8	0,41	сильна посуха
	2025	134,3	373,3	3,60	надмірне зволоження
	норма	55,0	456,5	1,20	слабка посуха
VI	2023	70,1	548,0	1,28	достатнє зволоження
	2024	127,1	607,0	2,09	надмірне зволоження
	2025	35,2	549,0	0,64	сильна посуха
	норма	83,0	555,0	1,50	достатнє зволоження
VII	2023	58,3	634,4	0,92	посуха
	2024	49,1	721,1	0,68	сильна посуха
	2025	231,6	643,8	3,60	екстремальне зволоження
	норма	90,0	635,5	1,42	достатнє зволоження
VIII	2023	17,2	700,6	0,25	екстремальна посуха
	2024	21,8	672,9	0,32	екстремальна посуха
	2025	37,3	573,6	0,65	сильна посуха
	норма	60,0	572,0	1,05	слабка посуха
IX	2023	23,4	540,0	0,43	сильна посуха
	2024	34,1	584,0	0,58	сильна посуха
	2025	46,9	480,0	0,98	посуха
	норма	45,0	400,0	1,13	слабка посуха
X	2023	52,0	355,2	1,46	достатнє зволоження
	2024	22,5	304,3	0,74	посуха
	2025	58,7	256,7	2,29	достатнє зволоження
	норма	36,0	210,0	1,71	надмірне зволоження
Σ 2023		305,0	3465,3	0,88	посушливий, середньо-теплий
Σ 2024		337,4	3687,1	0,91	посушливий, дуже теплий (спекотний)
Σ 2025		574,4	3159,4	1,82	надмірне зволоження
середнє 2023–2025		405,6	3437,3	1,18	норма ГТК – 1,38

Аналіз погодних умов 2023 року показав, що він був найбільш дефіцитним за вологою. Хоча квітень (як передпосівний період) почався добре, критично низькі опади були у травні (3,9 мм) та серпні (17,2 мм), що створило жорсткі умови для розвитку культур. У 2024 році відбулося невелике зростання загальної суми опадів, але їх розподіл був вкрай нерівномірним: понад 37% всієї вологи випало лише за один місяць – червень (127,1 мм). А 2025 рік став справжнім викликом через надмірну вологість. Сума опадів перевищила показник 2023 року майже на 270 мм. Левова частка цієї вологи припала на липень (231,6 мм), що за один місяць майже дорівнює всьому сезону 2023 року.

Аналіз гідротермічних умов за роки досліджень (2023–2025 рр.) свідчить про суттєве відхилення показників зволоження від багаторічної норми (рис. 2.5).

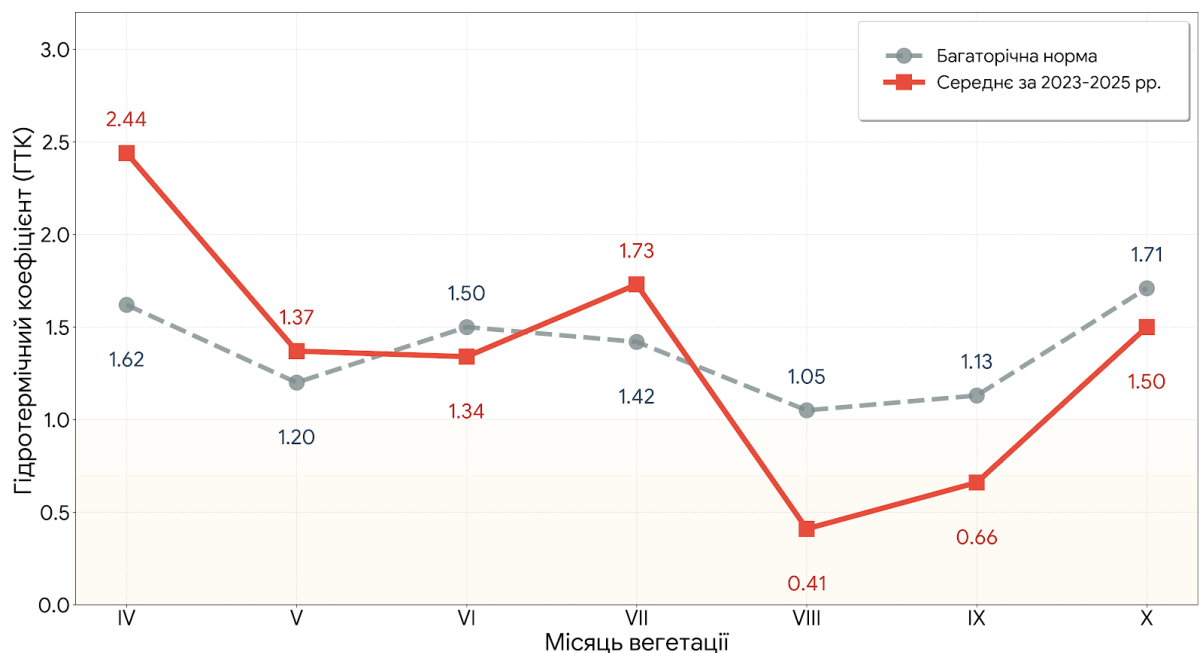


Рис. 2.5. Динаміка гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за період вегетації (середнє за 2023–2025 рр.) у порівнянні з багаторічною нормою

Встановлено, що допосівний період (квітень) характеризувався надмірним рівнем зволоження (ГТК 2,44 проти норми 1,62), що створювало сприятливі умови для формування запасів вологи і сівби. Проте,

репродуктивний період розвитку культур, зокрема серпень, відзначався екстремальною посухою: середній показник ГТК склав лише 0,41, що у 2,5 рази нижче за норму. Такі контрастні умови дозволили об'єктивно оцінити адаптивний потенціал амаранту, кунжуту та гарбузів до сучасних викликів зміни клімату.

Вологозабезпеченість передпосівного періоду (березень – квітень), що визначає стратегію сівби теплолюбних культур. Аналіз сумарної кількості опадів за березень і квітень є визначальним для оцінки накопичення вологи в ґрунті, що критично важливо для отримання рівномірних сходів амаранту, кунжуту та гарбузів у травні та червні.

Березень та квітень 2023 року стали рекордно вологими, сумарно забезпечивши 146,8 мм опадів (при нормі 80 мм). Це створило глибокий запас вологи, який дозволив культурам витримати надто посушливий травень (3,9 мм) та червень. Така ситуація була сприятливою для гарбузів, але могла затримати сівбу кунжуту через перезволожений та холодний ґрунт у першій декаді квітня. Для умов 2024 року склався оптимальний водний баланс. Сума опадів за два місяці склала 138,0 мм. Особливу цінність мав квітень (103,3 мм), опади якого були розподілені рівномірно. Це забезпечило ідеальні умови для формування дрібно грудкуватої структури ґрунту та гарантувало швидку появу сходів навіть за умови сухої погоди в першій декаді травня. Цей рік був найбільш технологічно зручним для підготовки посівного ложа. Для 2025 року характерними були найнижчі показники зволоження перед початком активної вегетації – лише 58,1 мм (близько 72% від норми). Березень та квітень були відносно сухими, що на фоні раннього потепління призвело до швидкої втрати вологи з верхнього горизонту ґрунту (0–10 см). Це створило ризики для дрібного насіння амаранту та кунжуту, вимагаючи або надранньої сівби в березневу вологу, або очікування травневих злив для отримання повних сходів. Аналіз отриманих результатів досліджень щодо вологозабезпеченості свідчить, що найбільш кращі умови для сівби теплолюбних культур було закладено у 2023 та 2024 роках. Критичним при цьому було дочекатися лише

прогрівання ґрунту до $+12\cdots+14^{\circ}\text{C}$, оскільки вологи в ґрунті було достатньо для проростання насіння на будь-якій глибині. Натомість 2025 рік продемонстрував необхідність оперативного коригування термінів сівби та глибини загортання насіння залежно від швидкого пересихання верхнього шару ґрунту в квітні. Через низьку кількість опадів у квітні (30,4 мм) та швидке потепління виникла загроза покриття сходів ґрунтовою кіркою або їх повної відсутності через дефіцит вологи у верхньому шарі 0–5 см (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Порівняльна характеристика зволоження передпосівного періоду (березень–квітень) та його вплив на подальшу сівбу, 2023–2025 рр.

Показник, рік	Місяць			% від норми	Агрономічна оцінка для сівби
	березень	квітень	разом		
Норма, мм	34,0	42,0	76,0	100,0	базовий рівень
2023 рік	66,7	80,1	146,8	193,0	Надмірне зволоження. Глибокий запас вологи, що компенсував посуху травня, але склалися складні умови для підготовки ґрунту через перезволоження суглинків.
2024 рік	49,0	103,3	152,3	200,0	Оптимальні умови. Висока температура у поєднанні з вологою сприяла швидкому прогріванню ґрунту і забезпечила ідеальний старт для кунжуту і гарбуза
2025 рік	29,1	30,4	59,5	78,0	Дефіцитне зволоження. Ризик пересихання посівного шару ґрунту для дрібнонасінних культур

Аналіз вологозабезпеченості за основний період вегетації досліджуваних культур (травень – жовтень) свідчить про надзвичайну контрастність умов зволоження за роками, що суттєво вплинуло на формування врожаю амаранту, кунжуту та гарбузів. Вегетаційний період 2023 року характеризувався як посушливий, із загальною сумою опадів 224,9 мм, що становить лише 78,6% від багаторічної норми. Особливо критичним був дефіцит вологи у травні (3,9 мм) та серпні (17,2 мм), що призвело до посилення

транспірації та передчасного старіння нижніх листків. Проте завдяки значним запасам продуктивної вологи, накопиченим у передпосівний період (березень–квітень), рослини змогли сформувати врожай за рахунок використання вологи з глибших шарів ґрунту (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Порівняльна характеристика зволоження вегетаційного періоду (травень–жовтень) та його вплив на реакцію рослин, 2023–2025 рр.

Показник, рік	Сума опадів, мм	% від норми	Середньомісячна температура, °С	Характеристика вегетаційного періоду
Норма, мм	286,0	100	15,42	Стандартні умови
2023 рік	224,9	78,6	17,55	Посушливий та дуже теплий. Дефіцит опадів склав 21,4 %, що в поєднанні з високою температурою створювало стрес для вологолюбних культур
2024 рік	273,1	95,5	18,18	Помірно сухий та жаркий. Найвищий температурний фон за три роки. Ідеально для накопичення цукрів у гарбузах та олії в кунжуті
2025 рік	544,0	190,2	15,68	Аномально вологий. Опадів випало майже в 1,9 раза більше норми. Це рік максимального вегетативного росту, але ризику поширення грибкових хвороб

У 2024 році ситуація зі зволоженням була помірно дефіцитною (273,1 мм або 95,5% від норми). Ключовим фактором цього сезону став аномально вологий червень (127,1 мм), опади якого припали на фазу інтенсивного росту та бутонізації. Це дозволило культурам створити потужний асиміляційний апарат, який згодом забезпечив стійкість до засушливої другої половини літа.

Вегетаційний період 2025 року виявився надто перезволоженим, продемонструвавши аномальну суму опадів – 544,0 мм, що на 190,2% перевищувало норму. Визначальним став липень, за який випало 231,6 мм опадів (понад 250% місячної норми). Таке надлишкове зволоження на фоні помірних температур сприяло інтенсивному наростанню вегетативної маси та формуванню великих плодів у гарбузів, проте створило ризики вимивання

поживних речовин з ґрунту та затягування фаз дозрівання насіння в амаранту та кунжуту. Загалом, за три роки досліджень, вологозабезпеченість коливалася від жорсткого дефіциту до значного надлишку, що дозволило встановити, що для досліджуваних теплолюбних культур найбільш сприятливим є помірне зволоження червня-липня (як у 2024 р.), тоді як надмірні опади 2025 р. хоч і забезпечили високу біомасу, проте потребували додаткової уваги до фітосанітарного стану посівів та вчасного проходження фенофаз (рис. 2.6).

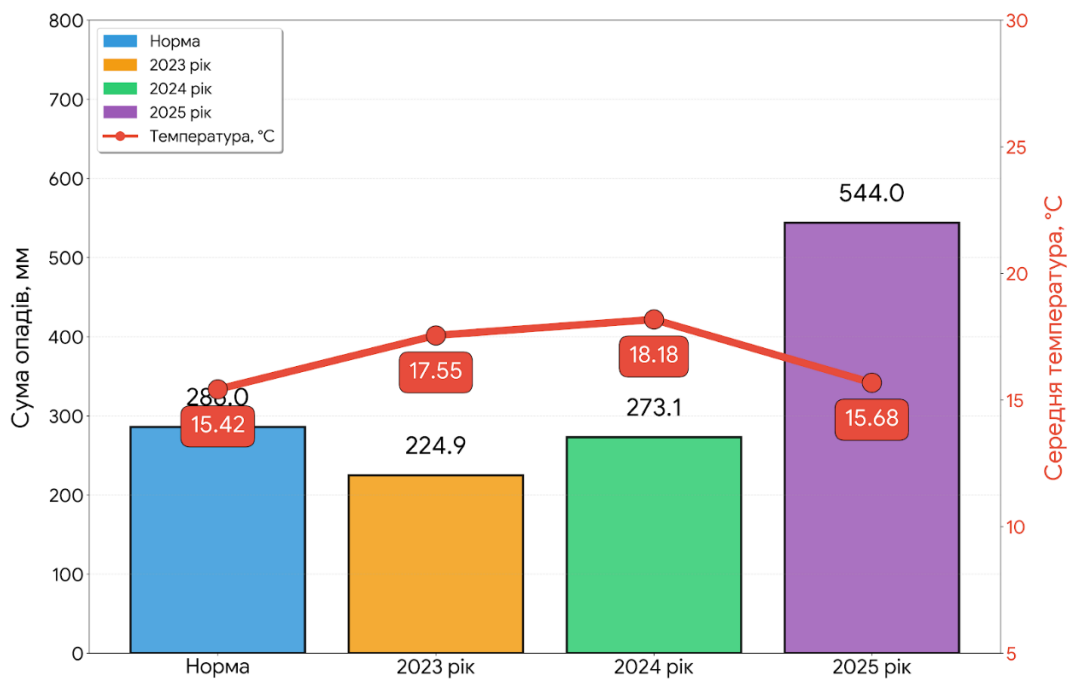


Рис. 2.6. Середня вологозабезпеченість і температура повітря за вегетаційний період досліджуваних культур (травень-жовтень)

Підсумовуючи вище викладене, можна стверджувати, що для кунжуту найбільш критичним було зволоження у червні (період інтенсивного росту), тоді як надлишок опадів у другій половині вегетації (як у 2025 р.) негативно впливає на рівномірність дозрівання та технологічність збирання врожаю. Посушливі умови 2023 року виявилися менш ризикованими для врожайності кунжуту, ніж аномальне перезволоження 2025 року.

Метеорологічні умови досліджуваного періоду дозволили оцінити амарант як культуру з унікальною пластичністю: від здатності до «анабіозу» під час жорсткої посухи до інтенсивного використання надлишкового фону

зволоження. Рослини амаранту найкраще реагували на умови 2024 року, де поєднувався тепловий ресурс та помірне зволоження. Хоча амарант здатний освоювати екстремальну кількість опадів 2025 року, це призводить до надмірного вегетативного росту на шкоду дружності дозрівання насіння. Дефіцит вологи 2023 року амарант переніс значно легше, ніж інші культури досліду, підтвердивши статус страхової культури для посушливих регіонів.

Через морфологічні особливості (потужна коренева система та велика вегетативна маса), гарбузи виявилися найбільш чутливими до розподілу опадів у другій половині літа, коли відбувався активний ріст плодів. На відміну від кунжуту та амаранту, гарбузи найкраще реагували на надмірне зволоження 2025 року, оскільки їхня фізіологія дозволяє трансформувати велику кількість води в масу плоду. Проте умови 2024 року забезпечили кращу якість насіння та вищий вміст сухих речовин у м'якоті, що є важливим для технологічної переробки.

2.3. Схема досліду і методика проведення досліджень

Схема польового досліду розроблена з метою максимального виявлення закономірностей взаємодії досліджуваних чинників. Усі вимірювання та обліки проводили згідно з галузевими методиками, що дозволило забезпечити високу точність та відтворюваність результатів (рис. 2.7).

Вивчення особливостей формування врожайності та якості олійних нішевих культур проводили за трьома польовими дослідками (рис. 2.8).

Дослід 1. Оптимізація елементів технології вирощування амаранту для виробництва олій в умовах Полісся.

Схема досліду:

Фактор А – Обробіток ґрунту:

1. Оранка на 18 см;
2. Mini-till на 4–6 см.

Фактор В – сорти:

1. Лера;
2. Студентський.

Фактор С – Удобрення:

1. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), без підживлення;
2. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га.

Площа облікової ділянки – 100 м², повторність триразова. Розміщення ділянок у досліді систематичне.

Дослід 2. Оптимізація елементів технології вирощування гарбуза голозерного для виробництва олій в умовах Полісся.

Схема досліді:

Фактор А – Обробіток ґрунту:

1. Оранка на 18 см;
2. Mini-till на 4–6 см.

Фактор В – сорти:

1. Лєра;
2. Студентський.

Фактор С – Удобрєння:

1. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), без підживлення;
2. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га.

Площа облікової ділянки – 100 м², повторність триразова. Розміщення ділянок у досліді систематичне.

Дослід 3. Оптимізація елементів технології вирощування кунжуту індійського для виробництва олій в умовах Полісся

Схема досліді:

Фактор А – Обробіток ґрунту:

1. Оранка на 18 см;
2. Mini-till на 4–6 см.

Фактор В – сорти:

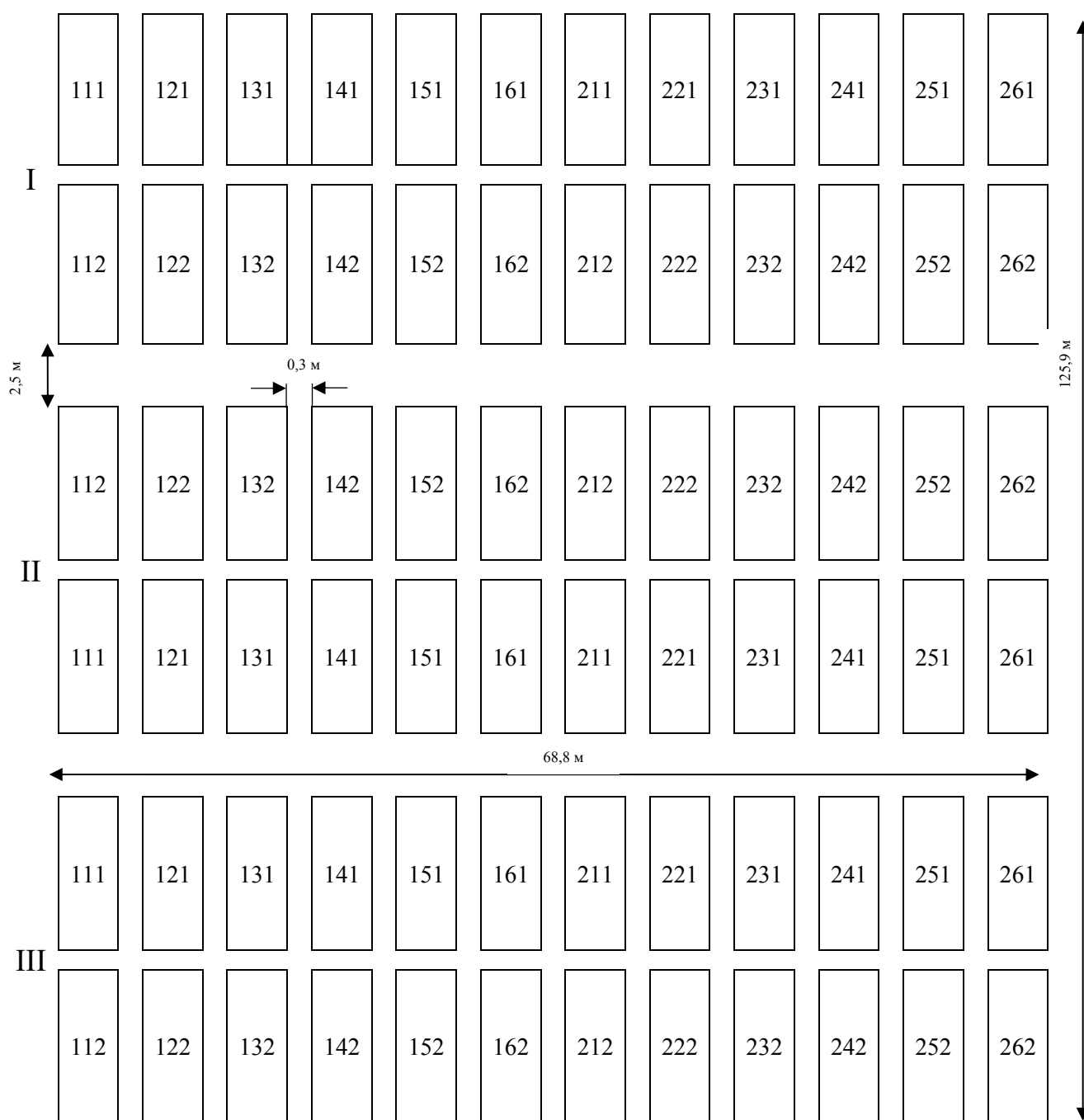
1. Лєра;
2. Студентський.

Фактор С – Удобрєння:

1. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), без підживлення;
2. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га.

Площа облікової ділянки – 100 м², повторність триразова. Розміщення ділянок у досліді систематичне.

Рис. 2.7. Схема дослідів:

**Фактор А – Обробіток ґрунту**

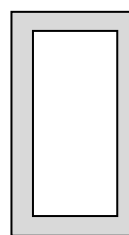
1. Оранка на 18 см;
2. Mini-till на 4–6 см

Фактор В – сорти відповідної культури дослідів

1. Амарант (сорт Лера)
Амарант (сорт Студентський)
2. Гарбуз голозерний (сорт Гляйсдорфер Олжурбіс)
Гарбуз голозерний (сорт Ольга)
3. Кунжут (сорт Кадет)
Кунжут (сорт Гусар)

Фактор С – Удобрення

1. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), без підживлення
2. $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га.



20м x 5м

Облікова площа ділянки – 100 м²
Посівна площа ділянки – 120,9 м²

Загальна площа дослідів – 0,87 га
Облікова площа дослідів – 0,72 га



Амарант

Гарбуз голозерний

Кунжут

Рис. 2.8. Полеві досліді з олійними культурами, 2024 р.

Основний обробіток ґрунту (оранка) здійснювали за допомогою ПЛН 3-35 + МТЗ 892,2 та Alligator 3.1 + МТЗ 892,2 (mini-till). Передпосівну культивуацію проводили Alligator 3.1 + МТЗ 892,2. Під основний обробіток ґрунту було внесене комплексне мінеральне добриво Tarnogran 21 (400 кг/га), що містить $N_3P_{10}K_{21}$ та $Ca_6Mg_3S_{18}$. А під час передпосівної культивуації вносили також 150 кг/га карбаміду.

Добриво Фулвіт Баланс, 0,5 л/га, що вивчали в досліді, містить бор (100 г/л), екстракт морських водоростей (100 г/л), амінокислоти (15 г/л), органічний азот (50 г/л) та суміш макро-і мікроелементів (5 г/л). Це орґано-мінеральне добриво у рідкій формі, яке призначене для забезпечення рослин борним живленням та стимуляції їхнього росту. Позакореневе підживлення рослин проводили у фазі бутонізації ВВСН 30-35 на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$.

Попередник амаранту, гарбуза і кунжуту – ячмінь ярий. Амарант висівали за роками у рекомендовані для Полісся строки: 15.06.2023 р.; 08.06.2024 р.; 13.06.2025 р. Температура ґрунту при посіві на глибині 4 см становила +12–13°C. Норма висіву становила 1,0 кг на гектар, ширина міжрядь 52 см. Сівбу гарбузів проводили за роками у строки: 28.05.2023 р.; 22.05.2024 р.; 26.05.2025 р. Норма висіву становила 18 тис. шт./га (3,6 кг/га), ширина

міжрядь 140 см. Кунжут висівали за роками у такі строки: 28.05.2023 р.; 29.05.2024 р.; 03.06.2025р. Температура ґрунту за сівби на глибині загортання насіння становила +12–13°C. Норма висіву становила 1,5 кг/га (575 тис. шт). Ширина міжрядь 52 см. Сівбу амаранту, кунжуту та гарбуза голозерного проводили сівалкою культиваторного типу Alligator 3.1 + МТЗ 892,2. Збирання насіння амаранту та кунжуту на дослідних ділянках проводили за допомогою комбайна Class Lexion 460. Урожайність насіння гарбуза та амаранту визначали шляхом поділянкового зважування, з подальшим коригуванням на 100% чистоту зерна та базову вологість 10%, а для кунжуту – 9%.

Для захисту рослин від злакових бур'янів і падалиці ячменю використовували грамініцид Алгебра з діючою речовиною Клетодим 360 г/л в кількості 300 мл на гектар.

Характеристика сортів, використаних у дослідженнях [24].

1. *Амарант (Amaranthus L.)*. Для досліджень було обрано сорти зернового та універсального напрямків використання, селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН»:

- *Лера* – сорт універсального використання (на зерно та зелену масу). Належить до середньостиглої групи. Рослини мають висоту 170–210 см. Суцвіття – компактна волоть червоного кольору завдовжки 50–60 см. Має кремово-золотистий колір насіння, що свідчить про відсутність токсичних алкалоїдів. Сорт стійкий до осипання та вилягання. Вміст білка в зерні становить 17–19%, олії – 6–7%.
- *Студентський* – зерновий сорт, адаптований до вирощування в умовах Полісся та Лісостепу. Характеризується високою врожайністю насіння і кремово-білим зерном. Рослини заввишки до 160–180 см. Стебло та волоть мають світло-зелене або жовтувате забарвлення. Сорт стійкий до вилягання і осипання. Відрізняється підвищеним вмістом лізину та сквалену, а також 18,6–20,6% білка і до 8% олії.

2. *Гарбуз голозерний* (*Cucurbita pepo* L. var. *styriaca*). Об'єктами досліджень були сорти австрійської та вітчизняної селекції, що спеціалізуються на високому виході олійного насіння:

- *Гляйсдорфер Олкюрбіс* (Gleisdorfer Ölkürbis) – еталонний сорт австрійської селекції (Gleisdorf). Середньостиглий. Рослина довгоплетиста, формує плоди округлої форми оранжево-зеленого кольору. Насіння позбавлене твердої оболонки (голозерне), темно-зелене, багате на вітамін Е та цинк. Сорт високопродуктивний за виходом насіння та олії.
- *Ольга* – сорт української селекції, створений спеціально для отримання голозерного насіння. Належить до середньостиглої групи (105–115 діб). Плоди округло-сплюснуті, масою 4–6 кг. Сорт характеризується вищою стійкістю до бактеріозу та пристосований до помірного зволоження зони Полісся.

3. *Кунжут індійський* (*Sesamum indicum* L.). Враховуючи біологічні особливості культури, використано сорти, адаптовані до умов України (селекції Інституту олійних культур НААН):

- *Кадет* – один із перших сортів, внесених до Реєстру для вирощування в Україні. Скоростиглий, вегетаційний період складає 85–95 діб, що дозволяє сорту гарантовано дозрівати до настання перших приморозків на Поліссі. Рослини мають високу посухостійкість. Насіння білого кольору, вміст олії – понад 50%.
- *Гусар* – середньостиглий сорт олійного напрямку. Характеризується рівномірним дозріванням коробочок та стійкістю до вилягання стебла. Рослини мають висоту 90–110 см. Маса 1000 насінин вища порівняно з сортом Кадет. Сорт показує гарні результати на суглинкових ґрунтах за умов достатнього теплозабезпечення.

Методика досліджень базувалася на загальноприйнятих державних стандартах та включала проведення польових спостережень, лабораторних аналізів та статистичну обробку отриманих даних.

Характеристику метеорологічних погодних умов за 2023–2025 роки здійснювали за даними спостережень метеостанції Звягель Житомирської області. Оцінку вологозабезпеченості періоду вегетації проводили шляхом розрахунку гідротермічного коефіцієнта (ГТК).

Проведення досліджень здійснювали за допомогою таких методів: польовий – відбір зразків ґрунту (ДСТУ 4287: 2004) [28] для встановлення його агрохімічної характеристики, зокрема гумус за Тюріним в модифікації В.М. Симакова (ДСТУ 4289:2004) [29], азот, що легко гідролізується за Корнфілдом (ДСТУ 7863: 2015) [37], рухомий фосфор і калій за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005) [30], сірка в модифікації ННЦ ІГА ім. Соколовського (ДСТУ 8347: 2015) [38], гідролітична кислотність (ДСТУ 7537: 2014) [36], рН ґрунту (сольовий) (ДСТУ ISO 10390: 2007) [43]; вимірювально-ваговий – для проведення обліку врожаю досліджуваних культур за Єщенко В. О. та ін. [81]; визначення маси 1000 зерен (ДСТУ ISO 520:2010, IDT) [40]; лабораторний – для визначення якісних показників зерна кунжуту, амаранту та гарбуза; математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних [27, 52].

Фенологічні фази росту і розвитку рослин амаранту, гарбуза і кунжуту визначали на основі візуального огляду посівів, відмічали початок фази та повне її проходження з врахуванням періоду знаходження у конкретній фазі вегетації [65, 81].

Облік врожайності насіння досліджуваних культур проводили з кожної ділянки окремо шляхом обмолочування комбайном у період базисної чистоти і стандартної вологості: для гарбуза і амаранту – 10%, а для кунжуту – 9%. Технічні умови та технологія вирощування: [ДСТУ 5046:2008 Насіння кавуна, дині, гарбуза [33]; ДСТУ 7012:2009 Кунжут [34]; ДСТУ 7213:2011 Зерно амаранту [35].

Оскільки для гарбузової олії немає окремого «ДСТУ олія гарбуза», то ми використовували загальний стандарт для рослинних олій, наприклад, ДСТУ ISO 659:2007. Насіння олійне. Визначення вмісту олії (контрольний метод)

(ДСТУ ISO 659:2007, 2007) [42]; Для визначення вмісту масової частки олії використовували ДСТУ ISO 659:2007 [32].

Умовний вихід олії з насіння визначали за формулою: $V = Y \times W \times \rho / 100$, де: V – об’єм олії, л/га; Y – урожай насіння, кг/га; W – масова частка олії, %; ρ – густина олії, кг/л (для гарбуза – 0,92; для амаранту і кунжуту – 0,91).

Визначення якісних показників насіння амаранту, гарбуза голозерного і кунжуту (масова частка олії у перерахунку на суху речовину, кислотне число, пероксидне число, жирнокислотний склад олії) проводили у сертифікованій вимірювальній лабораторії Поліського національного університету за загальноприйнятими методиками [18, 50] та лабораторії ВЦ Житомирської філії ДП «ВІННИЦЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ», м. Житомир [ДСТУ 4570:2006. Метод визначання пероксидного числа [31]; ДСТУ EN ISO 660:2019. Визначення кислотного числа та кислотності [39]; ДСТУ ISO 5508-2001 Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT) [41].

Для оцінки відмінностей показників індивідуальної продуктивності (амаранту, гарбуза, кунжуту) між варіантами досліду розраховували найменшу істотну (достовірну, суттєву) різницю (НІР) за існуючими методиками статистичної обробки та із використанням прикладної комп’ютерної програми Statistica-6 [27, 65, 66].

Економічну оцінку технологій вирощування досліджуваних олійних культур визначали розрахунковим методом за технологічними картами та цінами, що склалися на період завершення наукових досліджень (2025 р.). Середньорічну урожайність насіння амаранту, гарбуза і кунжуту (т), витрати на вирощування (грн/га), вартість валової продукції та реалізацію сировини (грн), а також умовно чистий прибуток (грн) і рентабельність (%) було встановлено за результатами експериментальних даних [94]. Енергетичну оцінку досліджуваних культур за варіантами дослідів розраховували за методикою Медведовського та Іваненка [46, 64].

2.4. Удосконалені технології вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту в агроекологічних умовах Полісся

Удосконалена технологія вирощування амаранту у дослідях

Відпрацьована технологія вирощування амаранту сортів Лєра та Студентський в умовах Полісся базується на розміщенні культури після ячменю ярого як попередника, що забезпечує оптимальний фітосанітарний стан поля. Підготовку ґрунту здійснювали різними способами: проведення основного обробітку – полицевої оранки агрегатом ПЛН 3-35 у зчипці з МТЗ 892.2 на глибину 18 см та застосування енергоощадної технології mini-till на основі Alligator 3.1 + МТЗ 892,2 на глибину 4–6 см.

Система удобрення передбачала внесення під основний обробіток комплексного мінерального добрива Tarnogran 21 у дозі 400 кг/га $N_3P_{10}K_{21}$ та $Ca_6Mg_3S_{18}$, що формує надійний агрохімічний фон, з наступним підсиленням азотного живлення через внесення під час передпосівної культивуації 150 кг/га карбаміду безпосередньо перед сівбою. Для інтенсифікації ростових процесів і корекції дефіциту мікроелементів у фазі 8 листків (ВВСН 30–35) проводили позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га, збагаченим бором (100 г/л), амінокислотами та екстрактом морських водоростей.

Сівбу проводили у рекомендовані для зони Полісся строки (перша-друга декади червня) при досягненні температури ґрунту $+12-13^{\circ}C$ на глибині 4 см, використовуючи сівалку культиваторного типу Alligator 3.1 з нормою висіву 1,0 кг/га. Ширина міжрядь становила 52 см. Догляд за посівами у критичний період на початкових етапах органогенезу включав обов'язкове міжряднє рихлення після появи сходів, що сприяє руйнуванню ґрунтової кірки, покращенню аерації та механічному знищенню проростків бур'янів. Хімічний захист від забур'яненості забезпечували застосуванням гербіциду Алгебра, з діючою речовиною клетодим, в нормі 0,3 л/га (фазу 3–4 справжніх листків ВВСН 10–17). Збирання насіння проводили при досягненні повної стиглості прямим комбайнуванням за допомогою комбайна Class Lexion 460, який забезпечував якісний вимолот дрібнонасінної культури.

Удосконалена технологія вирощування кунжуту у дослідках

Технологія вирощування кунжуту індійського (сортів Кадет і Гусар) в умовах Полісся базується на адаптації агротехнічних заходів до біологічних особливостей культури та використання сучасних засобів інтенсифікації. Культуру розміщують після ячменю ярого, що забезпечує задовільний стан агрофізичних властивостей ґрунту. Основний обробіток здійснюють за диференційованою системою: традиційна полицева оранка агрегатом ПЛН 3-35 у зчипці з МТЗ 892.2 (18 см) або енергоощадний обробіток за технологією mini-till із застосуванням комбінованого агрегату Alligator 3.1 + МТЗ 892,2 на глибину 4–6 см. Передпосівна підготовка ґрунту виконується культиватором Alligator 3.1, що дозволяє сформувати щільне насіннєве ложе для дрібнонасінної культури. Система живлення передбачала внесення під основний обробіток комплексного мінерального добрива Tarnogran 21 у дозі 400 кг/га $N_3P_{10}K_{21}$ та $Ca_6Mg_3S_{18}$. Азотний режим корегували внесенням 150 кг/га карбаміду під передпосівну культивацію. Сівбу здійснювали у третій декаді травня-першій декаді червня при стабільному прогріванні ґрунту до +12–13°C сівалкою культиваторного типу Alligator 3.1 із нормою 1,5 кг/га (575 тис. шт. схожих насінин/га) та фіксованою шириною міжрядь 52 см, що оптимізує площу живлення і умови освітлення рослин. Для захисту посівів від бур'янів вносили грамініцид Алгебра (к.е., клетодим, 360 г/л) у дозі 0,3 л/га у фазу 3–4 справжніх листків (ВВСН 10–17). Важливим елементом технології є догляд за посівами у критичні періоди органогенезу, зокрема проведення міжрядного рихлення після появи сходів для руйнування ґрунтової кірки та покращення газообміну. Для стимуляції метаболічних процесів та усунення дефіциту бору у фазі початку виходу в трубку-стеблування (ВВСН 30–35) проводили позакореневе підживлення орґано-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, що сприяє кращому закладанню генеративних органів та підвищує посухостійкість культури. Збирання врожаю здійснювали за допомогою комбайна Class Lexion 460 при досягненні технічної стиглості насіння з урахуванням схильності сортів до розтріскування коробочок.

Удосконалена технологія вирощування гарбуза голозерного у дослідях

Технологія вирощування голозерного гарбуза сортів Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга в умовах Полісся ґрунтується на інтенсивному живленні і чіткому дотриманні регламентів механізованого обробітку. Оптимальним попередником є ячмінь ярий, який залишає після себе чисте від багаторічних бур'янів поле та сприятливий водно-фізичний стан ґрунту. Система основного обробітку передбачає варіативність між традиційною оранкою агрегатом ПЛН 3-35 у зчіпці з МТЗ 892.2 та ресурсощадною технологією mini-till із застосуванням комбінованого агрегату Alligator 3.1. Передпосівна підготовка також здійснюється культиватором Alligator 3.1, який вирівнює поверхню і покращує структуру ґрунту. Під основний обробіток вносили комплексне добриво Tarnogran 21 у дозі 400 кг/га ($N_3P_{10}K_{21}$ та $Ca_6Mg_3S_{18}$), що створює пролонгований запас фосфору, калію та сірки. Під передпосівну культивацію вносили 150 кг/га карбаміду, що критично важливо для швидкого старту вегетативної маси. Сівбу проводили у третій декаді травня сівалкою культиваторного типу Alligator 3.1 з нормою висіву 18 тис. шт./га (близько 3,6 кг/га). Висів здійснювали з широким міжряддям 140 см, що відповідає біологічним особливостям довгоплетистих форм гарбуза та дозволяє проводити міжрядні обробітки до моменту змикання рослин.

Система захисту рослин базується на поєднанні агротехнічних та хімічних методів. Обов'язковим елементом догляду є міжрядне рихлення після появи сходів, що руйнує ґрунтову кірку, покращує доступ кисню до кореневої системи і механічно знищує проростки бур'янів у міжряддях. Обприскування посіву гарбуза проводили гербіцидом Алгебра, з діючою речовиною клетодим, в нормі 0,3 л/га (фаза 3–4 справжніх листків ВВСН 10–17) причіпним оприскувачем Богуслав ОП 2000. Для інтенсифікації обмінних процесів і стимуляції цвітіння проводили позакореневе підживлення добривом Фулвіт Баланс (ВВСН 30–35), яке сприяє кращому закладанню жіночих квіток, покращує запилення та підвищує стійкість культури до температурних стресів. Комплексний підхід до живлення та захисту забезпечує формування високого врожаю насіння з високим вмістом олії, що є ключовим показником для голозерних сортів. Збирання гарбуза здійснювали за допомогою причіпного гарбузозбирального комбайну Moty KE 2000.

Висновки до розділу 2

1. Дерново-підзолисті суглинкові ґрунти дослідних ділянок характеризуються сприятливими водно-фізичними властивостями для вирощування досліджуваних культур, забезпечуючи оптимальний баланс між вологоємністю та аерацією орного шару. Для гарбуза голонасінного середня щільність суглинкових ґрунтів сприяє стабільному забезпеченню рослин вологою у критичні фази (цвітіння та налив плодів), що нівелює ризики швидкого пересихання, властивого легшим ґрунтам. Завдяки високій в'язкості та значному вмісту дрібнодисперсних часток, суглинки забезпечують високу акумуляційну здатність щодо мінеральних добрив. Це гарантує рослинам амаранту та кунжуту безперебійний доступ до поживних речовин протягом усього періоду вегетації.
2. Агрокліматичні умови періоду 2023–2025 рр. загалом характеризувалися тенденцією до підвищення середньодобових температур та нерівномірним розподілом опадів, що дозволило комплексно оцінити адаптивний потенціал культур у стресових та оптимальних умовах.
3. Стабільне прогрівання повітря та відсутність тривалих зворотних заморозків у травні протягом усіх років досліджень сприяли отриманню дружніх сходів теплолюбних кунжуту та гарбуза. Сума активних температур (вище $+10^{\circ}\text{C}$) була достатньою для повного завершення вегетації навіть пізньостиглих сортів амаранту.
4. Коливання показника гідротермічного коефіцієнта (ГТК) від посушливого до надмірно зволоженого в різні періоди вегетації підтвердило доцільність розробки гнучких елементів технології, адаптованих до мінливих умов Полісся.

Список посилань на літературу до розділу 2: 18, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 50, 52, 64, 65, 66, 81, 94.

РОЗДІЛ III. РІСТ І РОЗВИТОК ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ, ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

3.1. Ріст і розвиток рослин амаранту (*Amaranthus* L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення

Процеси росту і розвитку рослин амаранту (*Amaranthus* L.) є складним комплексом фізіологічних перетворень, інтенсивність яких залежить від поєднання спадкових особливостей сорту з елементами агротехніки. Стан і будова орного шару, що формуються під впливом обраної системи обробітку ґрунту, визначають гідротермічний режим та умови живлення, які є критичними для дрібнонасінних культур на початкових етапах онтогенезу. Комплексне вивчення цих факторів дозволяє встановити закономірності формування висоти рослин, площі листової поверхні, накопичення сухої речовини та проходження етапів органогенезу, що є теоретичним підґрунтям для розробки енергоощадних і адаптивних технологій вирощування цієї культури в умовах сучасних кліматичних викликів [68, 74].

3.1.1. Фази вегетації амаранту за міжнародною шкалою BBCH

Для опису етапів розвитку амаранту в наукових працях часто використовують міжнародну уніфіковану шкалу BBCH, яка дозволяє чітко ідентифікувати фенологічні фази за допомогою двозначного коду (від 00 до 99). Для систематизації фенологічних спостережень у межах дослідження було розроблено та представлено детальну характеристику макростадій розвитку амаранту, структуровану у вигляді таблиці з використанням міжнародної шкали кодів BBCH та відповідних авторських світлин. Такий підхід дозволив забезпечити точну ідентифікацію кожного етапу онтогенезу – від проростання насіння та розгортання перших справжніх листків до завершення формування волоті й повної біологічної стиглості насіння (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Фази вегетації амаранту за міжнародною шкалою ВВСН

Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН	Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН
	ВВСН 00 Проростання Сухе насіння (насіннєвий матеріал)		ВВСН 55 Формування суцвіть (90%) Листкова поверхня повністю закриває міжряддя, пригнічуючи бур'яни
	ВВСН 07 Сходи Сім'ядолі розкриті і повністю на поверхні ґрунту, сформований головний корінець		ВВСН 60 Активне формування волоті, викидання додаткових волотей з пазух верхніх листків
	ВВСН 15 Активний листовий ріст Сформовані 6 листіків, активний період росту і подовження стебла		ВВСН 85 Наливання насіння ВВСН 90 Дозрівання насіння
	ВВСН 22 Бутонізація Сформовано 2-3 міжвузля		ВВСН 97 Повна стиглість Рослина повністю відмерла. Насіння готове до збору
	ВВСН 35 Бутонізація Сформовано 5 міжвузлів, активний листовий ріст		ВВСН 99 Повна стиглість насіння

Джерело: сформоване автором

Візуалізація кожної фази у поєднанні з уніфікованим кодуванням забезпечує високу достовірність фіксації часових інтервалів між етапами розвитку залежно від досліджуваних чинників: системи обробітку ґрунту, біологічних особливостей сорту та впливу позакоренових підживлень. Встановлена, за допомогою кодів ВВСН, послідовність етапів органогенезу стала підґрунтям для подальшого кількісного аналізу добових інтервалів розвитку культури. Оскільки темпи проходження кожної макростадії амаранту тісно корелюють із мінливими гідротермічними показниками, особливу увагу було приділено розрахунку тривалості основних міжфазних періодів за роками досліджень [73]. Це дозволило оцінити стабільність впливу способів обробітку ґрунту і позакоренової обробки рослин органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс на загальну тривалість вегетації, а також встановити ступінь адаптивності сортів до погодних умов кожного конкретного сезону (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів рослин амаранту залежно від сортових особливостей, обробітку ґрунту та позакоренового підживлення, діб

Міжфазний період, діб	Оранка						Mini-till					
	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га			N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Сорт Лєра												
Посів – поява сходів ВВСН 00-10	12	10	13	12	10	13	12	9	13	12	9	13
Сходи – бутонізація ВВСН 11-50	44	42	48	48	46	50	44	40	46	44	40	50
Бутонізація – цвітіння ВВСН 51–60	21	18	22	24	22	27	21	18	22	22	19	25
Цвітіння – повна стиглість ВВСН 61–97	36	30	31	38	34	34	34	32	33	36	34	34
Тривалість вегетаційного періоду, діб	113	100	114	122	112	124	111	99	114	114	102	122
середнє за роками	109			119			108			113		

Сорт Студентський												
Посів – поява сходів ВВСН 00-10	13	10	14	13	11	14	12	10	14	12	10	14
Сходи – бутонізація ВВСН 11-50	46	44	50	49	47	54	46	42	48	48	46	53
Бутонізація – цвітіння ВВСН 51–60	20	18	24	24	21	26	24	19	23	25	23	27
Цвітіння – повна стиглість ВВСН 61–97	34	30	33	38	36	36	34	30	32	36	32	34
Тривалість вегетаційного періоду, діб	113	102	121	124	115	130	116	101	117	121	111	128
середнє за роками	112			123			111			120		

Проаналізувавши представлені дані щодо тривалості вегетаційного та міжфазних періодів амаранту, можна зробити висновок, що метеорологічні умови мали істотний вплив на темпи розвитку рослин обох сортів. Установлено, що міжфазний період посів-сходи (ВВСН 00–10) становив у сорту Лера за роками 9–13 діб, у сорту Студентський відповідно 10–14 діб. В умовах 2024 року на Mini-till сходи з’явилися на 1 добу раніше, ніж на оранці, що вказує на краще збереження капілярної вологи у верхньому шарі ґрунту при мінімальному обробітку. Міжфазний період сходи-бутонізація (ВВСН 11-50) у рослин амаранту коливався за роками і незалежно від факторів, що вивчали у дослідях, становив для сорту Лера від 40 до 50 діб. У сорту Студентський тривалість даного міжфазного періоду становила 42–54 доби. Найбільш тривалим він був в умовах 2025 року і найбільш коротким – у 2024 році. Це був найтриваліший етап, у якому рослини найбільш чутливо реагували на позакореневе підживлення. Збільшення цього періоду на 4–6 діб під впливом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га свідчить про інтенсифікацію фотосинтетичних процесів, формування потужнішого асиміляційного апарату у рослин, а також подовження періоду активного запилення.

Міжфазний період цвітіння-повна стиглість насіння (ВВСН 61–97) характеризувався тим, що підживлення сприяло подовженню фази наливу насіння та фази дозрівання на 2–4 доби, що є важливим у подальшому для вирівняності насіння і підвищення маси 1000 насінин.

Сорт Студентський продемонстрував найвищу реакцію на інтенсифікацію технології вирощування амаранту (оранка + підживлення), досягаючи максимуму вегетаційного періоду (123–130 діб). Це свідчить про доцільність використання саме такої комбінації заходів для повної реалізації генетичного потенціалу даного сорту. Найбільш тривалий період вегетації (124 доби) та оптимальні умови для реалізації потенціалу сорту Лера також забезпечуються при поєднанні оранки і позакореневого підживлення Фулвіт Баланс, що створює передумови для отримання максимальної врожайності.

Отже, в середньому за три роки досліджень тривалість вегетаційного періоду рослин амаранту сорту Лера становила за оранки на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ – 109 діб, а на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}+$ Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 119 діб. На варіантах з Mini-till відповідно 108 діб і 113 діб. Середня тривалість вегетаційного періоду у сорту Студентський за оранки на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ становила 112 діб, а на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}+$ Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 123 доби. На варіантах з Mini-till відповідно 111 діб і 120 діб.

3.1.2. Висота рослин амаранту залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту і удобрення

Висота рослин амаранту є ключовим показником, що безпосередньо корелює з потенціалом насіннєвої продуктивності через формування потужного асиміляційного апарату та розвиток розгалуженої волоті. Оптимальна висота забезпечує ефективне використання сонячної радіації та поживних речовин, що сприяє закладанню більшої кількості квіток у суцвітті. Проте надмірне зростання стебла може призводити до вилягання посівів та ускладнення механізованого збирання. Таким чином, формування високого врожаю насіння залежить від балансу між інтенсивним ростом вегетативної

маси, який створює базу для фотосинтезу та генетично зумовленою здатністю сорту до відтоку пластичних речовин у генеративні органи.

Аналіз результатів фенологічних спостережень за роками досліджень свідчить про значну мінливість висоти травостою залежно від метеорологічних умов. Найбільш сприятливим виявився 2024 рік, де середня висота рослин була максимальною і досягала 174,0 см. У 2023 році цей показник становив 161,4 см, а найбільш несприятливим для росту був 2025 рік, коли середня висота знизилася до 147,5 см (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Висота рослин амаранту залежно від обробітку ґрунту, сорту та
удобрення (2023–2025 рр.), см**

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Висота рослин за роками, см			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	165,0	171,3	150,3	162,2
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	181,0	197,0	165,7	181,2
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	164,0	167,3	157,0	162,8
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	182,7	197,3	169,0	183,0
Mini-till	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	144,0	156,7	129,0	143,2
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	157,0	179,0	142,3	159,4
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	138,7	148,0	124,7	137,1
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	159,0	175,7	142,3	159,0
НР ₀₅ , см: 2023 р. АВС – 6,76; А – 3,38; В – 3,38; С – 3,38; АВ – 4,78; АС – 4,78; ВС – 4,78 2024 р. АВС – 6,77; А – 3,39; В – 3,39; С – 3,39; АВ – 4,79; АС – 4,79; ВС – 4,79 2025 р. АВС – 4,36; А – 2,18; В – 2,18; С – 2,18; АВ – 3,08; АС – 3,08; ВС – 3,08						

Основний спосіб обробітку ґрунту суттєво вплинув на розвиток рослин: традиційна оранка на 18 см забезпечила формування значно вищого травостою порівняно з системою Mini-till на 4–6 см. За глибокої оранки середня висота рослин становила 172,3 см, тоді як за мінімального обробітку цей показник був на 22,6 см меншим і складав 149,7 см.

Вплив сортових особливостей на висоту рослин був менш вираженим порівняно з іншими факторами. Сорт Лера сформував дещо вищий травостій із середнім показником 161,5 см, тоді як рослини сорту Студентський були лише на 1,0 см нижчими (160,5 см), що вказує на подібний генетичний потенціал росту обох сортів у досліді.

Система удобрення продемонструвала високу ефективність у стимулюванні росту рослин амаранту. Використання лише мінерального фону ($N_{81}P_{40}K_{84}$) забезпечило середню висоту 151,3 см. Додаткове позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) призвело до суттєвого збільшення висоти рослин до 170,7 см, що в середньому на 19,4 см перевищує варіанти без стимулятора росту.

Аналіз результатів досліджень за трирічний період свідчить про те, що висота травостою амаранту суттєво змінювалася під впливом усіх досліджуваних факторів, проте ступінь їхнього впливу був неоднаковим. Найсуттєвіший вплив на формування висоти травостою мав спосіб обробітку ґрунту (Фактор А). При застосуванні оранки рослини обох сортів демонстрували значно вищі показники – від 162,2 до 183,0 см. Натомість перехід до технології Mini-till призвів до помітного зниження висоти в усіх варіантах, де значення варіювали в межах 137,1–159,4 см. У середньому по фактору оранка (172,3 см) забезпечила перевагу над мінімальним обробітком (149,7 см) на 22,6 см. У розрізі сортових особливостей (Фактор В) спостерігалася найменша розбіжність даних. Середні показники сорту Лера (143,2–181,2 см) та сорту Студентський (137,1–183,0 см) виявилися майже ідентичними. Середнє значення по сорту Лера склало 161,5 см, що лише на 1,0 см перевищує показник сорту Студентський (160,5 см), підтверджуючи стабільність ростових процесів обох генотипів.

Найбільш динамічні зміни висоти зумовив фактор удобрення (Фактор С). Використання лише мінерального фону обмежувало ріст рослин у діапазоні 137,1–162,8 см (середнє – 151,3 см). Додаткове внесення препарату Фулвіт Баланс суттєво інтенсифікувало розвиток стебла, піднявши показники

до 159,0–183,0 см (середнє – 170,7 см). Отже, застосування стимулятора забезпечило середній приріст висоти на 19,4 см. Таким чином, максимальне значення висоти (183,0 см) зафіксовано при поєднанні оранки та повного удобрення у сорту Студентський, а мінімальне (137,1 см) – на варіанті Mini-till без стимуляторів росту.

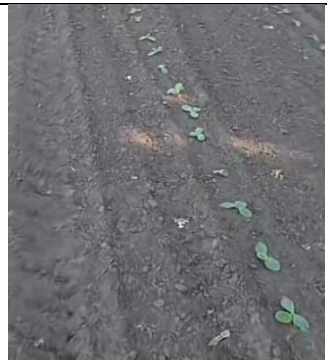
3.2. Ріст і розвиток рослин гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення

Динаміка росту та розвитку рослин гарбуза голозерного також визначається комплексною взаємодією генетичного потенціалу сорту та агротехнічних чинників, спрямованих на створення оптимального гідротермічного режиму ґрунту. Оскільки культура характеризується потужною вегетативною масою та специфічною будовою кореневої системи, способи механічного обробітку ґрунту відіграють ключову роль у забезпеченні аерації та вологонакопичення, що є критичним для формування насіннєвої продуктивності. Водночас застосування органо-мінеральних позакорених підживлень дозволяє ефективно корегувати метаболізм рослин у критичні періоди онтогенезу, стимулюючи процеси цвітіння та виповненість насіння. Дослідження цих факторів у єдиній системі дає змогу обґрунтувати адаптивні технології вирощування, які забезпечують отримання високого врожаю насіння з відповідними якісними показниками [76, 79].

3.2.1. Фази вегетації гарбуза голозерного за міжнародною шкалою BBCH

У межах проведених досліджень макростадії розвитку гарбуза голозерного було систематизовано та представлено у формі таблиці, що поєднує міжнародні коди BBCH із відповідними світлинами кожної фази (рис. 3.2).

3.2. Фази вегетації гарбуза голозерного за міжнародною шкалою ВВСН

Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН	Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН
	ВВСН 00 Проростання Сухе насіння (насіннєвий матеріал)		ВВСН 60 Наливання плодів Активне наливання плодів, цвітіння завершено, рослини формують 3–4 плоди
	ВВСН 10 Сходи Сім'ядолі повністю на поверхні ґрунту, сформований головний корінець, формується перший справжній листок		ВВСН 80 Наливання насіння Плоди досягли розмірів притаманних сортам. Насіння сформоване та перебуває на стадії молочної стиглості
	ВВСН 15 Розвиток листків Сформовано 4–5 справжніх листків, продовжується формування основного стебла		ВВСН 90 Достигання насіння Плоди дозрілі, насіння перебуває на стадії воскової стиглості. Процеси росту і розвитку зупиняються
	ВВСН 35–40 Активний ріст, бутонізація Головний пагін подовжується, формуються 3–4 бічних пагони, активно формуються квітки		ВВСН 97 Повна стиглість Рослина повністю відмерла. Плоди дозрілі. Насіння готове до збирання
	ВВСН 55 Цвітіння Активний ріст пагонів продовжується, починають формуватися плоди		ВВСН 99 Повна стиглість насіння Рослина повністю відмерла, насіння дозріле

Джерело: сформоване автором

Використання даної шкали дозволило чітко розмежувати етапи формування вегетативних органів (від появи сім'ядолей до активного стеблуння), генеративний період (диференціація статі квіток, цвітіння) та фінальні стадії формування і дозрівання плодів. Така візуалізація у поєднанні з уніфікованим кодуванням забезпечила високу точність фіксації впливу обробітку ґрунту та позакореневого живлення на тривалість окремих міжфазних періодів та загальні темпи накопичення сухої речовини культурою.

На основі проведеного аналізу даних щодо тривалості вегетаційного та міжфазних періодів гарбуза голозерного (сортів Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга) за 2023–2025 роки, можна зробити такі висновки (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів рослин гарбуза голозерного залежно від сортових особливостей, обробітку ґрунту та позакореневого підживлення, діб

Міжфазний період, діб	Оранка						Mini-till					
	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га			N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Сорт Гляйсдорфер Олжурбіс												
Посів – поява сходів ВВСН 00-10	9	11	12	9	11	13	9	9	11	12	11	12
Розвиток листків ВВСН 11-22	20	21	26	21	23	26	20	20	21	21	21	23
Ріст стебел ВВСН 23-45	17	20	23	19	21	25	22	20	21	22	23	23
Бутонізація ВВСН 46–50	15	16	18	16	18	20	16	17	19	23	18	20
Цвітіння, формування плодів, налив насіння ВВСН 51-70	38	38	41	40	41	41	42	41	40	40	41	44
Дозрівання насіння, збирання насіння ВВСН 71-97	26	28	29	26	25	27	27	27	28	30	26	28
Тривалість вегетаційного періоду, діб	125	134	149	131	139	152	136	134	140	148	140	150
Середнє за роками	136			141			137			146		
Сорт Ольга												
Посів – поява сходів ВВСН 00-10	9	11	11	9	10	11	9	9	10	12	10	12

Розвиток листіків ВВСН 11-19	20	21	26	21	23	26	20	20	21	21	21	23
Ріст стебел ВВСН 20-45	17	20	21	19	20	23	22	20	21	22	23	23
Бутонізація ВВСН 46-50	15	16	18	16	18	20	16	17	18	23	18	20
Цвітіння, формування коробочок, налив насіння ВВСН 51-70	38	38	41	40	41	40	40	41	40	40	40	44
Дозрівання насіння, збирання насіння ВВСН 71-97	25	28	29	26	25	27	27	27	28	30	26	28
Тривалість вегетаційного періоду, діб	124	134	146	131	137	147	134	134	138	148	138	150
Середнє за роками	135			138			135			145		

Період «посів-поява сходів» (ВВСН 00–10) є початковим етапом, який найбільше залежить від вологості та температури ґрунту. Середня тривалість появи сходів гарбуза за варіантами досліджень становила 9–12 діб. Суттєвої генетичної різниці між сортами на цьому етапі не було, насіння мало однакову енергію проростання, а тривалість фази визначалася переважно роком та обробітком ґрунту. У сорту Ольга найшвидше сходи з'явилися у 2023–2024 роках (9 діб) при оранці та на контрольних варіантах Mini-till.

Установлено, що темп розвитку листків гарбуза (фаза ВВСН 11–22) був критично важливим етапом формування асиміляційної поверхні рослин до інтенсивного росту стебел. У середньому даний період у обох сортів тривав 20–23 доби. Проте у несприятливому 2025 році вона затягнулася до 26 діб, що вказує на чутливість цієї фази до зовнішніх умов.

Ріст стебел гарбуза (ВВСН 23–45) – період інтенсивного нарощування вегетативної маси та формування огудини. У сорту Гляйсдорфер Олжурбіс фаза росту стебел характеризується більшою тривалістю та вищою чутливістю до технології вирощування, діапазон тривалості – від 17 до 25 діб. За оранки цей період був коротшим і тривав у середньому 17–23 доби, тоді як за Mini-till він стабільно подовжувався до 20–23 діб. Використання добрива Фулвіт

Баланс на фоні оранки подовжувало ріст стебел на 2 доби (до 19–25 діб залежно від року). Найдовша тривалість цієї фази (25 діб) зафіксована у 2025 році на фоні позакореневого підживлення. Сорт Ольга продемонстрував дещо стисліші терміни проходження цієї фази, особливо за звичайного обробітку ґрунту на 18 см – від 17 до 23 діб. Позакореневе підживлення рослин Фулвіт Баланс подовжувало активний ріст стебел на 2 доби (порівняно з фоном на оранці), що сприяло кращому підготовчому етапу перед бутонізацією.

Хоча обидва сорти починають інтенсивний ріст стебел приблизно в один час, Гляйсдорфер Олжурбіс схильний до більш тривалого нарощування стеблостою (максимум до 25 діб), тоді як у сорту Ольга цей процес завершується швидше (максимум 23 доби). В обох випадках технологія Mini-till та добриво (Фулвіт Баланс) сприяють пролонгації цієї фази і створенню кращих умов розвитку рослин. Період бутонізації (ВВСН 46–50) є перехідним етапом, на якому завершується формування вегетативних органів і закладається основа майбутнього врожаю. Аналіз даних показує, що цей період є одним із найбільш динамічних за тривалістю залежно від зовнішніх факторів. Тривалість фази коливається в межах 15–23 діб. Найбільший вплив на цей етап мають погодні умови року та позакореневе підживлення рослин. Обидва сорти демонструють майже ідентичну реакцію на агротехнологічні заходи – тривалість фази становила 15–23 доби. У сорту Ольга впродовж 2024 та 2025 рр. спостерігалася стабілізація тривалості цієї фази на рівні 18–20 діб за використання підживлення Фулвіт Баланс, 0,5 л/га.

Період «цвітіння, формування плодів та наливу насіння» (ВВСН 51–70) є найтривалішим і найважливішим етапом у життєвому циклі гарбуза голозерного. Саме в цей час визначається кількість плодів на рослині та якість майбутнього насіння. Цей етап займає найбільшу частку в структурі вегетації – у середньому 38–44 доби для обох сортів. На відміну від ранніх фаз, цей період є більш стабільним, але має тенденцію до подовження під впливом технологічних факторів. На варіантах із підживленням тривалість цвітіння та наливу насіння зростає на 2–3 доби. Подовження цього періоду дозволяє

рослині довше транспортувати пластичні речовини до насіння, що зазвичай призводить до зростання маси 1000 насінин та вищого виходу олії. Отже, поєднання Mini-till та позакореневого підживлення Фулвіт Балансом дозволяє подовжити налив насіння до максимуму, що є ключовим при вирощуванні саме голозерних сортів, де якість насінини має першочергове значення.

Міжфазний період дозрівання-збирання насіння» (ВВСН 71–97) підсумовує весь цикл вегетації. Він відображає готовність рослини до завершення життєвого циклу та швидкість віддачі вологи насінням. Цей період триває від 25 до 30 діб. Він є найбільш динамічним у плані завершення вегетації: деякі варіанти прискорюють дозрівання, а інші – навпаки, утримують рослину зеленою довше. Сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс досягає в середньому за 26–30 діб, а сорт Ольга має тенденцію до швидшого завершення циклу – 25–29 діб. В умовах 2023 року зафіксовано як мінімальний (25 діб), так і максимальний (30 діб) термін дозрівання. Найбільш стабільним був 2025 рік – дозрівання тривало 27–29 діб, що в поєднанні з довгими попередніми фазами дало рекордну загальну вегетацію.

Веgetаційний період демонструє значну пластичність: він коливався від 124 діб (мінімальний показник) до 152 діб (максимальний). Найкоротший період був у 2023 році – в середньому 135 діб. Найдовший – у 2025 році, де середній показник сягнув 147 діб. Таке подовження (на 12 діб) відбулося за рахунок розтягування фаз росту листків, стебел та наливу насіння, що зазвичай свідчить про помірні температури та відсутність стресової посухи в ці періоди. Веgetаційний період сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс на фоні Фулвіт Баланс зріс в середньому до 141–146 діб, а сорту Ольга відповідно до 138–145 діб.

3.2.2. Формування листкової поверхні гарбуза голозерного залежно від елементів технології вирощування

Розрахунок площі листкової поверхні гарбуза голозерного у фазу цвітіння (ВВСН 61–65) свідчить про суттєву залежність розвитку асиміляційного апарату від гідротермічних умов року та обраних елементів

Площа листової поверхні рослин гарбуза голозерного у фазу ВВСН 61–65 за роками досліджень (2023–2025 рр.), тис. м²/га

Обробіток грунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Площа листової поверхні за роками, тис. м ² /га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	30,9	33,0	27,7	30,5
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	32,6	34,6	31,7	33,0
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	31,0	32,0	27,7	30,2
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	32,9	33,6	32,5	33,0
Mini-till	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	26,6	28,7	25,2	26,8
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	30,1	30,3	28,1	29,5
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	26,8	26,8	24,4	26,0
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	29,4	29,4	27,4	28,7
НІР ₀₅ , тис. м ² /га 2023 р. АВС – 1,55; А – 0,78; В – 0,78; С – 0,78; АВ – 1,10; АС – 1,10; ВС – 1,10 2024 р. АВС – 1,25; А – 0,62; В – 0,62; С – 0,62; АВ – 0,88; АС – 0,88; ВС – 0,88 2025 р. АВС – 1,35; А – 0,68; В – 0,68; С – 0,68; АВ – 0,96; АС – 0,96; ВС – 0,96						

Спосіб обробітку ґрунту виявився критичним для розвитку гарбуза. Традиційна оранка забезпечила формування значно потужнішої листкової поверхні (середні значення в межах 30,2–33,0 тис. м²/га). При переході на Mini-till спостерігалось суттєве пригнічення вегетативної маси – площа листків скоротилася в середньому на 3,8 тис. м²/га порівняно з оранкою. Це підтверджує, що гарбуз голозерний гостро реагує на щільність ґрунту та потребує глибокого розпушування для активного розростання пагонів.

Сортова специфіка проявилася помірно. Сорт Гляйсдорфер Олжурбіс продемонстрував дещо вищу стабільність та здатність до наростання більшої площі листків на фоні мінімального обробітку (26,8–29,5 тис. м²/га) порівняно з сортом Ольга (26,0–28,7 тис. м²/га). Проте на оранці обидва сорти показали майже ідентичні максимальні результати за умови повного удобрення.

Позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) виявилось найефективнішим чинником формування площі листкової поверхні. У середньому за три роки застосування стимулятора забезпечило приріст асиміляційного апарату на 2,5–3,0 тис. м²/га. Важливо зауважити, що на варіантах Mini-till використання Фулвіт Балансу дозволило підняти показники (до 28,7–29,5 тис. м²/га) практично до рівня оранки на чистому мінеральному фоні, що свідчить про антистресовий ефект препарату. Максимальна площа листкової поверхні (33,0 тис. м²/га) сформувалася за поєднання оранки та внесення Фулвіт Балансу, що створює оптимальний фундамент для майбутньої врожайності насіння.

3.3. Ріст і розвиток рослин кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.) залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту та органо-мінерального позакореневого підживлення

Ріст і розвиток кунжуту як теплолюбної та дрібнонасінної культури суттєво залежать від фізичного стану верхнього шару ґрунту та забезпеченості рослин доступними формами елементів живлення з початкових етапів

вегетації. Оскільки формування високого врожаю насіння кунжуту потребує стабільного вологозабезпечення та відсутності конкуренції з бур'янами, обрана система обробітку ґрунту стає визначальним фактором створення сприятливого агрофізичного фону для розвитку кореневої системи та інтенсивного гілкування стебла. Разом із тим, використання органо-мінеральних позакорневих підживлень виступає дієвим інструментом інтенсифікації фізіологічних процесів, що дозволяє підвищити стійкість рослин до несприятливих чинників та стимулювати генеративну активність. Вивчення реакції різних сортів кунжуту на комплексний вплив технологічних заходів дозволяє оптимізувати параметри агрофітоценозу задля отримання насіння з високими показниками олійності та біологічної цінності.

3.3.1. Фази вегетації кунжуту за міжнародною шкалою BBCH

Для детального моніторингу онтогенезу кунжуту макростадії розвитку рослин цієї культури в наших дослідженнях представлено у формі таблиці, де кожен етап супроводжується міжнародними кодами BBCH та авторськими світлинами. Застосування даної шкали дало змогу систематизувати спостереження за всіма ключовими періодами: від набубнявіння насіння і появи сходів до формування коробочок та настання повної стиглості. Таке поєднання цифрового кодування з візуальною фіксацією фаз (зокрема інтенсивності цвітіння та дозрівання плодів на різних ярусах рослини) забезпечило точність аналізу того, як особливості сорту та позакореневе підживлення впливають на динаміку розвитку кунжуту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Систематизація фенологічних дат за шкалою BBCH послужила базою для аналізу динаміки вегетаційного періоду кунжуту як культури з тривалим циклом дозрівання. Перехід до оцінки тривалості міжфазних періодів, диференційовано за роками досліджень, дозволив виявити найбільш чутливі етапи онтогенезу до впливу обробітку ґрунту та позакореневого підживлення (рис. 3.3).

Рис. 3.3. Фази вегетації кунжуту за міжнародною шкалою ВВСН

Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН	Фаза вегетації, світлина	Код ВВСН
	ВВСН 00 Проростання Сухе насіння (насіннєвий матеріал)		ВВСН 50–55 Цвітіння- формування коробочок Ріст бічних пагонів
	ВВСН 03 Проростання Насіння набубнявіло і проклонулось		ВВСН 65 Наливання насіння Активно формуються коробочки, в нижніх ярусах відбувається формування насіння в стадії молочної стиглості
	ВВСН 09 Сходи 3–4 справжній листок		ВВСН 80 Достигання насіння Завершено формування коробочок, насіння перебуває на стадії воскової стиглості. Ріст і розвиток сповільнюється
	ВВСН 22 бутонізація Активний ріст, формування 5-6 справжнього листка		ВВСН 97 Повна стиглість Рослина повністю відмерла. Плоди дозрілі. Насіння готове до збору. Стебло гнеться та ламається.
	ВВСН 40 Бутонізація- початок цвітіння Активний ріст стебла, розкриття бутонів та поява перших квіток, формування бічних пагонів		ВВСН 99 Повна стиглість насіння

Джерело: сформоване автором

Моніторинг добових параметрів розвитку впродовж усього періоду спостережень дав можливість об'єктивно оцінити ефективність застосованих агротехнічних прийомів та їх здатність нівелювати негативний вплив погодних аномалій на формування врожаю насіння (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів рослин кунжуту залежно від сортових особливостей, обробітку ґрунту та позакореневого підживлення, діб

Міжфазний період, діб	Оранка						Mini-till					
	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га			N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)			Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Сорт Кадет												
Сівба – сходи ВВСН 00-10	6	7	8	6	7	9	6	6	8	6	6	8
Розвиток листків ВВСН 11-19	15	18	18	16	18	18	14	18	18	14	16	18
Ріст стебел ВВСН 20-45	20	21	23	23	24	27	20	21	22	20	21	23
Бутонізація ВВСН 46–50	11	17	16	12	15	17	21	19	23	19	18	20
Цвітіння, формування коробочок, налив насіння ВВСН 51-70	40	38	42	43	45	46	41	40	40	42	44	45
Дозрівання- збирання насіння ВВСН 71-97	25	28	29	26	23	27	27	28	30	27	26	28
Тривалість вегетаційного періоду, діб	117	129	136	126	132	144	129	132	141	128	131	142
Середнє за роками	127			134			134			134		
Сорт Гусар												
Сівба – сходи ВВСН 00-10	6	6	9	6	6	9	6	6	9	6	6	9
Розвиток листків ВВСН 11-19	15	18	18	16	18	18	14	18	18	14	16	18
Ріст стебел ВВСН 20-45	20	21	23	21	23	25	20	21	22	20	21	23
Бутонізація ВВСН 46–50	11	17	16	12	15	17	21	19	23	19	18	20
Цвітіння, формування коробочок, налив насіння ВВСН 51-70	40	38	42	43	45	44	41	40	40	42	41	44
Дозрівання- збирання насіння ВВСН 71-97	25	28	29	26	23	27	27	28	30	27	26	28
Тривалість вегетаційного періоду, діб	117	128	137	124	130	140	129	132	142	128	128	142
Середнє за роками	127			131			134			133		

Міжфазний період кунжуту «сівба–поява сходів» (ВВСН 00–10) у середньому тривав від 6 до 9 діб. Найбільш визначальним фактором були роки: у 2023 та 2024 роках сходи з’являлися швидше (переважно за 6–7 днів), тоді як у 2025 році спостерігалось затягування фази до 8–9 днів у обох сортів Гусар і Кадет. Отже, початкова фаза найбільше залежить від гідротермічних умов року, при цьому сорт Кадет на Mini-till стартує дещо швидше.

Період формування листкового апарату у рослин кунжуту тривав від 14 до 18 діб. Сорти Кадет і Гусар демонстрували майже ідентичну динаміку розвитку листків. Аналіз періоду «ріст стебел» (ВВСН 20–45) свідчить, що він тривав від 20 до 27 діб, що робить його одним із найважливіших етапів формування біомаси. Проведення оранки в 2025 році (найбільш розтягнутому за часом сезону) забезпечила дещо швидше проходження фази для обох сортів порівняно з Mini-till. Препарат Фулвіт Баланс продемонстрував цікавий ефект подовження активного росту стебла. Особливо це помітно у сорту Кадет на оранці: у 2023–2025 роках додавання Фулвіт Балансу збільшувало тривалість фази на 3–4 доби. Для сорту Гусар на оранці у 2024–2025 роках спостерігалась аналогічна тенденція (подовження на 2 доби). Застосування «Фулвіт Баланс» на фоні оранки сприяло подовженню фази росту стебла, що створює кращий потенціал для продуктивності. При Mini-till цей період проходить швидше та стабільніше між роками.

Тривалість фази бутонізації (ВВСН 46–50) становила 11–23 доби, найбільш різкий контраст спостерігали між способами обробітку ґрунту. На відміну від попередніх фаз, період бутонізації на варіанті Mini-till значно довший, ніж на оранці. Так, у сорту Кадет у 2023 році він становив 11–12 діб на оранці проти 21 доби на ділянках з Mini-till. У сорту Гусар спостерігали аналогічну ситуацію. Отже, на оранці кунжут довше нарощує стебло, але дуже швидко проходить етап бутонізації. На Mini-till, навпаки, стебло росте швидше, але рослина значно довше перебуває у фазі бутонізації. Це важливо, оскільки триваліша фаза бутонізації може сприяти кращому закладанню генеративних органів за умови достатнього зволоження.

Міжфазний період – цвітіння, формування коробочок та налив насіння (ВВСН 51–70) – найтриваліший етап у життєвому циклі кунжуту, який безпосередньо визначає майбутню врожайність. Він тривав залежно від факторів, що вивчали у дослідках, від 38 до 46 діб. Застосування «Фулвіт Баланс» стабільно подовжує фазу цвітіння та наливу на 2–5 діб на обох варіантах обробітку ґрунту. Довша тривалість цієї фази є позитивним фактором, оскільки це означає триваліший період фотосинтетичної активності та більш повний налив насіння в коробочках. Сорт Кадет виявився більш чутливим до поєднання мінімального обробітку і удобрення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, демонструючи максимальну тривалість наливу (до 46 діб у 2025 р.). Сорт Гусар показує подібну динаміку, але з трохи меншою амплітудою коливань між роками (40–45 діб).

Завершальний період дозрівання-збирання (ВВСН 71-97) тривав 23–30 діб. На варіантах, де цвітіння було найдовшим (завдяки Фулвіт Балансу), період власне дозрівання часто ставав дещо коротшим або інтенсивнішим. Це вказує на те, що препарат допомагає рослині реалізуватися під час наливу, після чого настає фізіологічне дозрівання.

Поєднання оранки з позакореневим живленням «Фулвіт Баланс» або перехід на Mini-till дозволяють максимально розтягнути в часі налив насіння, що є фундаментом для отримання високої маси 1000 насінин. Найдовше дозрівання спостерігалось у 2025 році (до 30 діб), що збігається із загальною тенденцією року до подовження вегетації. Поєднання оранки з позакореневим живленням «Фулвіт Баланс» або перехід на Mini-till дозволяють максимально розтягнути в часі налив насіння, що є фундаментом для отримання високої маси 1000 насінин. Вегетація кунжуту в умовах досліджень коливалася в межах 117–144 діб. Це свідчить про те, що культура повністю вписується в кліматичні рамки регіону, хоча її тривалість суттєво коригується агротехнікою. Вегетаційний період в середньому за роки досліджень становив для сортів Кадет і Гусар – 127–134 діб.

Найбільш тривалий період вегетації та репродуктивних фаз забезпечує поєднання оранки з позакореневим підживленням Фулвіт Баланс (особливо для сорту Кадет) або перехід на технологію Mini-till. Подовження вегетації у цих варіантах відбувається за рахунок критично важливих фаз – росту стебла, бутонізації та наливу, що створює передумови для реалізації вищого потенціалу врожайності.

3.3.2. Висота рослин кунжуту залежно від обробітку ґрунту, особливостей сорту і удобрення

Ріст і розвиток кунжуту індійського критично залежать від термічного режиму та вологозабезпеченості, проте саме елементи технології вирощування дозволяють максимально реалізувати його генетичний потенціал. Оптимізація живлення та вибір способу обробітку ґрунту стимулюють інтенсивне наростання вегетативної маси, що безпосередньо впливає на кількість сформованих коробочок та їхню виповненість. Висота рослин у кунжуту виступає індикатором загального стану посіву: чим краще розвинене головне стебло та активніше бічне розгалуження, тим більшою стає площа асиміляційної поверхні, що забезпечує інтенсивний відтік поживних речовин до насіння. Водночас збалансована технологія запобігає надмірному витягуванню стебла, що важливо для стійкості до вилягання та рівномірного дозрівання культури. Аналіз результатів досліджень висоти рослин кунжуту індійського за період 2023–2025 рр. свідчить про значну залежність ростових процесів від погодних умов і проведених агротехнічних заходів. Показники висоти за роками демонструють, що найбільш сприятливим для культури був 2024 рік, коли середня висота травостою сягнула 114,3 см. У 2023 році цей показник був дещо нижчим – 109,4 см, а найбільш критичним за вологозабезпеченням або температурним режимом виявився 2025 рік, де середня висота рослин знизилася до 96,4 см (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Висота рослин кунжуту за роками (2023–2025 рр.), см

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрєння (фактор С)	Висота рослин за роками, см			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	113,0	116,0	96,7	108,6
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	122,7	125,3	110,3	119,4
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	104,0	110,7	95,7	103,5
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	119,7	124,7	108,3	117,6
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	102,0	106,0	85,0	97,7
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	112,0	114,3	97,3	107,9
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	96,0	103,7	82,3	94,0
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	106,0	113,7	95,3	105,0
НР ₀₅ , см: 2023 р. ABC – 3,92; А – 1,96; В – 1,96; С – 1,96; АВ – 2,77; АС – 2,77; ВС – 2,77 2024 р. ABC – 3,78; А – 1,89; В – 1,89; С – 1,89; АВ – 2,67; АС – 2,67; ВС – 2,67 2025 р. ABC – 2,63; А – 1,31; В – 1,31; С – 1,31; АВ – 1,86; АС – 1,86; ВС – 1,86						

Традиційна звичайна оранка на 18 см (фактор А) сприяла формуванню середньої висоти травостою кунжуту – 112,3 см. За технології Mini-till на 4–6 см спостерігалось зниження висоти до 101,2 см, що вказує на чутливість кунжуту до щільності ґрунту та необхідність глибокого розпушування для активного стартового росту. Дослідження сортових особливостей (фактор В) виявило певну перевагу сорту Кадет, який у середньому за роки досліджень сформував травостій висотою 108,4 см, що на 3,4 см більше порівняно з сортом Гусар (105,0 см). Це свідчить про вищий потенціал росту сорту Кадет у даних екологічних умовах. Фактор удобрення продемонстрував високу ефективність: використання лише мінерального фону забезпечило середню висоту 101,0 см, тоді як додаткове позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс інтенсифікувало ріст до 112,5 см. Середній приріст від стимулятора склав 11,5 см (11,4%), що підкреслює важливість позакореневого живлення для рослин кунжуту.

Аналіз середніх показників висоти рослин кунжуту за три роки (2023–2025 рр.) демонструє чітку реакцію культури на зміну технологічних факторів, де значення варіюють у межах від 94,0 см до 119,4 см. Найбільш вагомим чинником впливу виявився спосіб обробітку ґрунту. Варіанти із застосуванням оранки стабільно демонстрували вищі показники – від 103,5 до 119,4 см (середнє по фактору – 112,3 см). Натомість за технології Mini-till висота рослин була помітно нижчою і знаходилася в межах 94,0–107,9 см (середнє – 101,2 см). Таким чином, відмова від глибокої оранки призвела до втрати висоти в середньому на 11,1 см. У розрізі сортових особливостей (Фактор В) спостерігалася стійка перевага сорту Кадет. У порівнянних варіантах він завжди випереджав сорт Гусар: наприклад, за оранки та фоновго удобрення висота рослин Кадета становила 108,6 см проти 103,5 см у Гусара. Загалом по досліді сорт Кадет (108,4 см) виявився вищим за сорт Гусар (105,0 см) на 3,4 см, що вказує на його кращу адаптивність до умов вирощування.

Використання удобрення (Фактор С) значно інтенсифікувало ріст і розвиток рослин. Так, додаткове застосування препарату Фулвіт Баланс забезпечило суттєвий стрибок показників у всіх варіантах. Зокрема, на фоні оранки висота зросла з 103,5–108,6 см до 117,6–119,4 см. Середній приріст від стимулятора роста склав 11,5 см, що дозволило сорту Кадет на мінімальному обробітку (107,9 см) майже досягти показників сорту Кадет на оранці без позакореневого підживлення (108,6 см). Максимальне середнє значення за три роки (119,4 см) зафіксовано на варіанті оранка + сорт Кадет + Фулвіт Баланс, тоді як мінімальне (94,0 см) – на варіанті Mini-till + сорт Гусар + $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон), що підтверджує доцільність інтенсивної технології для формування розвиненого травостою кунжуту.

Висновки до розділу 3

1. Тривалість вегетації амаранту залежала від року та технології: найкоротшою вона була у посушливому 2024-му (100–103 доби), найдовшою – у вологому 2025-му (124–130 діб). Сорт Студентський

виявився більш пластичним і на 3–4 доби пізньостиглішим за сорт Лера. Підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ подовжувало вегетацію обох сортів на 5–11 діб, стимулюючи фази інтенсивного росту (ВВСН 11–50) та наливу насіння (ВВСН 61–97).

2. Вегетаційний період гарбуза голонасінного тривав 124–152 доби. У вологому 2025 році цей період становив у середньому 147 діб, що на 12 діб перевищило показник посушливого 2023 року. Застосування препарату Фулвіт Баланс стимулювало ріст і подовжило налив насіння у сортів Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга до 138–146 діб. У середньому використання препарату збільшило вегетаційний цикл на 6,9 доби (зі 135,7 до 142,6 доби), що сприяло повній реалізації продуктивності рослин. Найбільш виражений ефект пролонгації спостерігався у фазах бутонізації (ВВСН 46–50) та цвітіння-налив насіння (ВВСН 51–70), що створювало фізіологічні передумови для підвищення виповненості насіння та збільшення вмісту олії.
3. Загальна тривалість вегетаційного періоду кунжуту сортів Кадет і Гусар на Поліссі тривала 117–144 доби. Найдовшим цикл був у 2025 році, найкоротшим – у 2023-му. Технологія Mini-till стабілізувала сходи та подовжила бутонізацію до 19–23 діб (на 40–50% більше, ніж при оранці). Підживлення Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні оранки пролонгувало фазу цвітіння-наливу (ВВСН 51–70) на 3–5 діб. Сорт Кадет виявився більш пластичним до оранки з підживленням (134–144 доби вегетації), тоді як Гусар продемонстрував вищу стабільність розвитку за умов переходу на Mini-till.
4. Суттєвим чинником формування висоти рослин амаранту є спосіб обробітку ґрунту та рівень удобрення. Застосування традиційної оранки забезпечило приріст висоти рослин амаранту на 22,6 см порівняно з Mini-till, а використання препарату Фулвіт Баланс додало в середньому 19,4 см, тоді як сортові особливості (Лера та Студентський) не мали суттєвого впливу на цей показник.

5. Висота рослин кунжуту на Поліссі залежала від обробітку ґрунту та живлення: оранка забезпечила перевагу над Mini-till на 11,1 см, а сорт Кадет стабільно був вищим за Гусар на 3,4 см. Підживлення Фулвіт Баланс стало ключовим чинником росту, додавши в середньому 11,5 см висоти та нівелювавши відставання Mini-till від традиційного обробітку. Максимальний показник (119,4 см) досягнуто при поєднанні оранки, сорту Кадет та повного удобрення. Це доводить ефективність інтенсифікації для підтримки морфометричних параметрів культури.
6. Формування листкової поверхні гарбуза голозерного залежало від обробітку ґрунту та удобрення. Оранка забезпечила перевагу над Mini-till на 3,8 тис. м²/га. Підживлення Фулвіт Баланс додало 2,5–3,0 тис. м²/га, компенсуючи негативний вплив мінімального обробітку. Сорт Гляйсдорфер Олжурбіс виявився більш стабільним на фоні Mini-till, а максимальну площу (33,0 тис. м²/га) отримано за поєднання оранки та позакореневого підживлення.

Список посилань на літературу до розділу 3: 68, 73, 74, 76, 79.

РОЗДІЛ IV. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО, КУНЖУТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ І ОЛІЙ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

4.1. Продуктивність насіння амаранту (*Amaranthus* L.) в умовах Полісся

4.1.1. Індивідуальна продуктивність рослин амаранту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення

У науковій літературі залежність між показниками індивідуальної продуктивності амаранту описується системою прямих та зворотних кореляційних зв'язків. Найбільш тісний позитивний зв'язок встановлено між масою насіння з рослини та лінійними параметрами волоті (довжиною та діаметром), де коефіцієнт кореляції часто перевищує $r = 0,80$ [17].

Формування врожайності насіння амаранту є складним біологічним процесом, що базується на тісній кореляції між морфологічними ознаками та репродуктивною здатністю кожної окремої рослини. Центральним показником індивідуальної продуктивності виступає структура суцвіття, зокрема довжина та щільність волоті, які визначають загальну кількість генеративних одиниць. Збільшення лінійних розмірів волоті та кількості її розгалужень першого й другого порядків створює необхідну місткість для формування насінневої маси. При цьому вирішальне значення має озерненість волоті, яка безпосередньо залежить від фертильності квіток та інтенсивності запилення [17]. Важливим показником врожайності є маса насіння з однієї рослини і маса 1000 насінин, що відображають ступінь виповненості зерна та ефективність відтоку асимілятів із вегетативних органів до репродуктивних. Цей процес тісно пов'язаний із площею листової поверхні та інтенсивністю фотосинтезу: чим вищий асиміляційний потенціал рослини в період цвітіння та наливу, тим більшою є кінцева маса насіння з однієї особини. Крім того, висота рослини та діаметр стебла відіграють роль структурного каркаса, що визначає загальну біоенергетичну потужність організму та його здатність утримувати масивне суцвіття. Кінцевий результат продуктивності також

Таблиця 4.1.

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Довжина волоті рослин амаранту за роками, см			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	52,7	57,3	48,0	52,7
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	61,3	66,3	56,3	61,3
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	53,7	55,0	50,0	52,9
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	66,0	68,7	58,7	64,5
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	48,7	58,3	46,0	51,0
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	61,0	64,3	55,3	60,2
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	50,7	52,7	42,7	48,7
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	58,7	60,0	51,7	56,8
НР ₀₅ , см: 2023 р. АВС – 3,82; А – 1,91; В – 1,91; С – 1,91; АВ – 2,70; АС – 2,70; ВС – 2,70 2024 р. АВС – 3,62; А – 1,81; В – 1,81; С – 1,81; АВ – 2,56; АС – 2,56; ВС – 2,56 2025 р. АВС – 3,34; А – 1,67; В – 1,67; С – 1,67; АВ – 2,36; АС – 2,36; ВС – 2,36						

Застосування органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ забезпечило стабільне зростання лінійних параметрів суцвіття у всіх варіантах досліду, що підтверджує суттєвий вплив препарату на репродуктивний розвиток культури. Зокрема, у варіанті з традиційною оранкою середній показник довжини волоті сорту Лера зріс із 52,7 см до 61,3 см, а сорту Студентський – із 52,9 см до 64,5 см, що свідчить про його потребу в мінеральному живленні за умови глибокого обробітку ґрунту.

Порівняльний аналіз способів основного обробітку ґрунту вказує на перевагу оранки, яка створює більш сприятливі умови для формування потужних суцвіть порівняно з технологією Mini-till. При мінімальному обробітку спостерігається певне пригнічення ростових процесів, що відобразилося у зниженні середньої довжини волоті, проте внесення Фулвіт Балансу нівелювало цей негативний вплив, дозволяючи досягти показників у 60,2 см для сорту Лера та 56,8 см для сорту Студентський. Варто відмітити сортову специфіку: сорт Лера виявився більш адаптивним та пластичним до мінімізації обробітку ґрунту, зберігаючи високі параметри продуктивності, тоді як сорт Студентський продемонстрував максимальний біологічний потенціал (64,5 см) саме на фоні оранки з додатковим підживленням.

Динаміка за роками досліджень вказує на суттєвий вплив абіотичних чинників, де найбільш сприятливим для морфогенезу волоті виявився 2024 рік, коли довжина суцвіття сорту Студентський досягала рекордних 68,7 см. Натомість умови 2025 року були менш оптимальними, що призвело до загального зниження показників, хоча закономірність щодо ефективності добрива Фулвіт Баланс (0,5 л/га) залишилася незмінною.

Аналіз експериментальних даних щодо формування маси насіння з однієї рослини амаранту впродовж 2023–2025 років свідчить про те, що цей показник значною мірою зумовлюється інтенсивністю технологічних заходів та генетичними особливостями досліджуваних сортів. Оцінка впливу способу обробітку ґрунту (фактор А) вказує на виразну перевагу традиційної оранки, яка в середньому за роки досліджень забезпечила вищу індивідуальну

продуктивність рослин порівняно з технологією Mini-till. На фоні оранки спостерігалось повніше розкриття репродуктивного потенціалу культури, що пояснюється створенням оптимальних умов для розвитку кореневої системи та кращим засвоєнням поживних речовин (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Маса насіння з однієї рослини амаранту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення (2023–2025 рр.), г

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса насіння з однієї рослини за роками, г			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	12,0	12,5	9,8	11,4
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	13,0	13,5	10,3	12,3
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	12,9	13,5	9,5	12,0
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	13,8	14,6	10,6	13,0
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	9,6	10,2	8,7	9,5
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	11,0	11,4	10,9	11,1
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	10,2	10,1	8,4	9,6
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	11,4	12,0	10,2	11,2
НІР ₀₅ , г: 2023 р. АВС – 0,31; А – 0,16; В – 0,16; С – 0,16; АВ – 0,22; АС – 0,22; ВС – 0,22 2024 р. АВС – 0,45; А – 0,22; В – 0,22; С – 0,22; АВ – 0,32; АС – 0,32; ВС – 0,32 2025 р. АВС – 0,75; А – 0,38; В – 0,38; С – 0,38; АВ – 0,53; АС – 0,53; ВС – 0,53						

Вплив фактора С (удобрення) виявився стабільно позитивним у всіх варіантах дослідів: застосування органо-мінерального препарату Фулвіт Баланс на фоні мінерального живлення сприяло зростанню маси насіння в обох сортів. Зокрема, у сорту Студентський на фоні оранки додаткове підживлення забезпечило досягнення максимальної середньої маси насіння – 13,0 г, що на 1,0 г перевищувало показник на варіанті N₈₁P₄₀K₈₄ (фон).

Сортова специфіка (фактор В) проявилася у різному ступені адаптивності до технологічних умов вирощування. Сорт Студентський демонстрував вищі абсолютні значення маси насіння на варіантах із глибоким обробітком ґрунту, тоді як сорт Лера виявив значну пластичність за умов мінімізації обробітку. При використанні Фулвіт Балансу на фоні Mini-till даний показник у сорту Лера становив 11,1 г, що було практично тотожним показникам у сорту Студентський – 11,2 г.

4.1.2. Урожайність насіння амаранту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення

Установлено, що рослини амаранту є надзвичайно пластичними і позитивно реагують на послідовне впровадження елементів технології вирощування як за основного обробітку ґрунту, добору сортів, удобрення, так і ґрунтових та погодних умов впродовж вегетаційного періоду. Це дозволяє амаранту добре адаптуватися до умов вирощування, але дотримання агротехнічних вимог є ключовим фактором для отримання стабільних і високих врожаїв. Оскільки амарант чутливий до надмірної вологи та посухи, то його продуктивність значно залежала від погодних умов [77]. Оптимальна врожайність досягається, коли кількість опадів у період вегетації є помірною, а температури сприятливими. Висока вологість на початку вегетації, а також посуха можуть знизити врожай. На основі одержаних результатів досліджень встановлено, що найбільш сприятливими для формування врожайності насіння амаранту були вегетаційні періоди 2023 та 2024 років. В умовах 2025 року спостерігали значне зниження врожаю насіння. Причиною було те, що середньодобові температури в період формування врожаю амаранту у фазах ВВСН 51-79 у 2023 та 2024 роках порівняно з 2025 роком були значно сприятливішими. Різниця температур в 1,5 градуси за Цельсієм між 2023 і 2025 роками значною мірою вплинула на зниження врожаю в 2025 році. Результати фенологічних спостережень за рослинами амаранту у вегетаційний та

генеративний періоди свідчать, що середньодобові температури мають більший вплив на формування врожаю амаранту, аніж кількість опадів та кількість продуктивної вологи в ґрунті. За період досліджень кількість опадів була достатньою для формування врожаю, оскільки вона не є лімітуючим фактором для амаранту, який є посухостійкою рослиною з низьким транспіраційним коефіцієнтом 250–300 (табл. 4.3; дод. Б-1–Б-3).

Таблиця 4.3

Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування, т/га (2023–2025 рр.)

Обробіток грунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожайність за роками, т/га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,80	0,79	0,75	0,78
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,88	0,88	0,81	0,86
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,83	0,78	0,75	0,79
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,91	0,87	0,79	0,86
Mini-till	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,61	0,60	0,53	0,58
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,65	0,71	0,61	0,66
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,63	0,60	0,53	0,59
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,64	0,70	0,62	0,65
НР ₀₅ , т/га: 2023 р. ABC – 0,06; А – 0,03; В – 0,03; С – 0,03; АВ – 0,04; АС – 0,04; ВС – 0,04 2024 р. ABC – 0,03; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,02; АС – 0,02; ВС – 0,02 2025 р. ABC – 0,02; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,01; АС – 0,01; ВС – 0,01						

В агроєкологічних умовах 2023 року було одержано найбільшу урожайність насіння амаранту, яка, незалежно від досліджуваних факторів, становила від 0,61 т/га до 0,91 т/га. Врожайність насіння в 2024 році

коливалася в межах від 0,60 т/га до 0,88 т/га. Найменший показник врожайності був відмічений у 2025 році і становив на рівні 0,53–0,81 т/га.

Амарант потребує належної підготовки ґрунту, оскільки вона забезпечує сприятливі умови для росту рослин і мінімізує конкуренцію з бур'янами. Щодо основного обробітку ґрунту, то проведення звичайної оранки на глибину 18 см значно переважало обробіток ґрунту за технологією Mini-till (4–6 см). Так, за проведення оранки середня врожайність амаранту за три роки досліджень становила 0,78–0,86 т/га, а за мінімального обробітку відповідно 0,58–0,66 т/га. Приріст урожаю насіння залежно від впливу основного обробітку ґрунту (фактора А) на сорти амаранту знаходився у межах похибки дослідів.

Порівняльна характеристика продуктивності сортів амаранту (фактор В) свідчить, що врожайність сорту Лера і сорту Студентський в середньому за роки досліджень знаходилася майже на однаковому рівні і становила за оранки відповідно 0,78–0,86 т/га та 0,79–0,86 т/га, а за мінімального обробітку – для сорту Лера – 0,58–0,66 та сорту Студентський – 0,59–0,65 т/га.

Установлено, що внесення добрив в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів значно підвищує врожайність амаранту. Так, позакореневе підживлення рослин амаранту (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) органомінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га, незалежно від факторів, що вивчали в досліді, сприяло одержанню 0,65–0,86 т/га насіння, що на 0,06–0,08 т/га більше порівняно з внесенням $N_{81}P_{40}K_{84}$ (без підживлення).

Маса 1000 насінин відноситься до якісних показників амаранту, є важливою характеристикою крупності насіння і варіює залежно від сорту, умов вирощування та удобрення. Установлено, що найбільший вплив на цей показник мав обробіток ґрунту. Так, маса 1000 насінин за оранки для сорту Лера варіювала за роками від 0,78 до 0,81 г, а для сорту Студентський даний показник становив 0,79–0,81 г. За мінімального обробітку ґрунту (Mini-till) маса 1000 насінин сорту Лера зменшувалася до 0,74–0,80 г, а сорту Студентський відповідно до 0,74–0,79 г (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Маса 1000 насінин амаранту залежно від елементів технології
вирощування за роками, г (2023–2025 рр.)**

Обробіток грунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса 1000 насінин за роками, г			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,78	0,80	0,78	0,79
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,80	0,81	0,80	0,80
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	0,79	0,79	0,79
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,81	0,81	0,80	0,81
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	0,77	0,76	0,76
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,80	0,80	0,79	0,80
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	0,75	0,74	0,74
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,78	0,78	0,79	0,78
НІР ₀₅ , г			0,01	0,01	0,01	—

Середній показник маси 1000 насінин під впливом листкового підживлення рослин амаранту добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні оранки збільшувався у сорту Лера на 0,01 г і сорту Студентський на 0,02 г. За проведення мінімального обробітку ґрунту маса 1000 насінин підвищувалася відповідно у сортів Лера і Студентський на 0,04 г.

4.2. Продуктивність насіння гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) в умовах Полісся

4.2.1. Індивідуальна продуктивність рослин гарбуза голозерного залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і добрива

Формування високої продуктивності посівів гарбуза голонасінного є результатом реалізації генетичного потенціалу сорту за певних

гідротермічних умов через оптимізацію основних елементів технології вирощування. Індивідуальна продуктивність рослини, як інтегральний показник, визначається комплексом морфологічних ознак та структурою врожаю, серед яких ключове значення мають кількість плодів на одній рослині, їх середня маса, а також вихід насіння та його якісні характеристики. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що індивідуальна продуктивність гарбуза голонасінного суттєво варіювала залежно від погодних умов років проведення досліджень та факторів інтенсифікації вирощування (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Маса насіння з однієї рослини гарбуза голозерного залежно від обробітку ґрунту, сорту і удобрення, (2023–2025 рр.) г

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса насіння з однієї рослини за роками, г			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	339,3	385,3	307,0	343,9
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	410,3	443,7	349,3	401,1
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	316,7	359,3	301,7	325,9
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	401,7	415,3	343,0	386,7
Mini-till	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	316,3	325,0	300,3	313,9
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	383,7	393,0	330,7	369,1
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	308,3	314,7	298,3	307,1
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	359,3	363,7	329,0	350,7
НР ₀₅ , г: 2023 р. АВС – 13,62; А – 6,81; В – 6,81; С – 6,81; АВ – 9,63; АС – 9,63; ВС – 9,63 2024 р. АВС – 14,72; А – 7,36; В – 7,36; С – 7,36; АВ – 10,41; АС – 10,41; ВС – 10,41 2025 р. АВС – 7,41; А – 3,71; В – 3,71; С – 3,71; АВ – 5,24; АС – 5,24; ВС – 5,24						

Спостерігається чітка перевага традиційної оранки порівняно з технологією Mini-till. В середньому за варіантами, глибоке розпушування ґрунту (оранка на 18 см) забезпечило вищу масу насіння з однієї рослини.

Найбільша маса 1000 насінин виявлена за оранки у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс, яка становила 222,78 г на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га, що на 26,22 г більше порівняно з фоном. За мінімальної обробки ґрунту (mini-till) цей показник знижувався до 212,78 г. Оптимальна маса 1000 насінин гарбуза сорту Ольга зафіксована на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 208,67 г (за оранки) та 204,78 г за mini-till.

4.3. Продуктивність насіння кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.) в умовах Полісся

4.3.1. Індивідуальна продуктивність рослин кунжуту залежно від основного обробки ґрунту, сорту і удобрення

Формування високої врожайності кунжуту (*Sesamum indicum* L.) значною мірою залежить від реалізації генетичного потенціалу конкретного сорту через оптимізацію елементів технології вирощування. Індивідуальна продуктивність окремої рослини є важливим показником, який відображає адаптивну здатність культури до умов навколишнього середовища та реакцію на агротехнічні заходи. У структурі індивідуальної продуктивності кунжуту визначальними показниками є висота рослин, висота прикріплення першої коробочки, їх кількість на одній рослині, а також маса насіння з однієї рослини і маса 1000 насінин. Оптимізація цих параметрів можлива лише за умови комплексного підходу до вивчення факторів впливу. Враховуючи специфіку погодних умов років проведення досліджень (2023–2025 рр.), зокрема підвищену кількість опадів та відсутність стресової посухи у 2025 році, особливий науковий інтерес викликає аналіз того, як поєднання інтенсивного живлення та різних способів обробки ґрунту вплинуло на морфометричні показники досліджуваних сортів. Аналіз результатів досліджень свідчить, що найвищу кількість коробочок з однієї рослини кунжуту забезпечило поєднання оранки з внесенням препарату Фулвіт Баланс, що дозволило досягти абсолютного максимуму у 112,1 шт. коробочок на рослині у сприятливому 2024 році (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Кількість коробочок з однієї рослини кунжуту залежно від елементів технології вирощування, шт. (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Кількість коробочок з однієї рослини за роками, штук			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	81,9	95,6	74,0	83,8
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	95,7	112,1	80,1	96,0
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	82,7	95,0	69,3	82,3
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	90,8	105,5	77,2	91,2
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	71,3	83,5	66,1	73,6
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	80,2	95,0	76,6	83,9
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	75,1	84,0	65,4	74,8
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	84,2	94,5	73,2	84,0
НІР ₀₅ , шт.: 2023 р. АВС – 5,98; А – 2,99; В – 2,99; С – 2,99; АВ – 4,23; АС – 4,23; ВС – 4,23 2024 р. АВС – 5,23; А – 2,61; В – 2,61; С – 2,61; АВ – 3,70; АС – 3,70; ВС – 3,70 2025 р. АВС – 4,43; А – 2,21; В – 2,21; С – 2,21; АВ – 3,13; АС – 3,13; ВС – 3,13						

Установлено, що 2025 рік, попри згадувану велику кількість опадів, продемонстрував найнижчу продуктивність серед трьох років (у середньому на 15–20% менше, ніж у 2024-му). Це може свідчити про те, що надмірна вологість або нерівномірність її розподілу в критичні фази (цвітіння) могла призвести до абортів частини квіток або погіршення запилення. Погодні умови 2023 року мали проміжне значення, демонструючи стабільні результати, близькі до середніх багаторічних показників. Порівняння способів обробітку ґрунту демонструє чітку перевагу оранки, де середній показник за кількістю коробочок становив 88,3 шт., тоді як при Mini-till він знижується до 79,1 шт., тобто на 11,7%. У середньому за 3 роки на оранці рослини формували на 10–12 коробочок більше, ніж за мінімального обробітку. Це можна пояснити кращою аерацією та розвитком кореневої системи кунжуту в глибших горизонтах ґрунту.

Установлено, що найбільшу кількість насіння формували рослини кунжуту в умовах 2024 року із середнім показником 6415,3 шт., що на 21,0% перевищує рівень 2023 року (5301,3 шт.) та на 42,1% – 2025 рік (4513,4 шт.). Надмірне зволоження 2025 року суттєво пригнітило репродуктивну здатність культури. Фактор обробітку ґрунту продемонстрував перевагу оранки, де середня кількість насіння склала 5714,2 шт. проти 5105,6 шт. при Mini-till, забезпечивши приріст у 11,9%. Вибір сорту мав найменший вплив. Так, сорт Кадет показав середній результат 5451,6 шт., що лише на 1,5% більше за сорт Гусар (5368,2 шт.). Застосування препарату Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ збільшило кількість насіння в середньому з 5080,1 шт. до 5739,7 шт., що становить 13,0% приросту. Абсолютний максимум насіння з однієї рослини кунжуту зафіксовано у 2024 році для сорту Кадет на оранці з повним удобренням – 7526 шт., тоді як мінімальне значення склало 4051 шт. у сорту Гусар за проведення мінімального обробітку ґрунту і внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (2025 р.). Найбільш ефективною комбінацією за три роки стала оранка за сівби сорту Кадет з використанням Фулвіт Балансу (середнє 6217,0 шт.), що на 30,8% вище за найменш продуктивний варіант з мінімальним обробітком ґрунту і внесенням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ під сорт Кадет – 4753,8 шт. насіння з однієї рослини.

Аналіз маси насіння з однієї рослини кунжуту за 2023–2025 рр. свідчить про суттєвий вплив метеорологічних умов та технологічних чинників. Так, у надмірно вологому 2025 році середня маса насіння знизилася до 9,24 г, що на 20,3% менше порівняно з найбільш продуктивним 2024 роком – 11,59 г. Звичайна оранка на 18 см (фактор А) продемонструвала значну перевагу над мінімальним обробітком Mini-till, забезпечивши середній показник 11,13 г проти 9,96 г (приріст +11,8%), що підкреслює її роль у поліпшенні водного режиму ґрунту. Фактор удобрення (фактор С) став ключовим для компенсації стресових умов рослин кунжуту. Застосування позакореневого підживлення Фулвіт Балансу (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ підвищило масу насіння на 12,9% (з 9,91 до 11,18 г), причому у перезволоженому 2025 році ефект був особливо помітним за обох способів обробітку ґрунту (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Маса насіння з однієї рослини кунжуту залежно від елементів технології вирощування, г. (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса насіння з однієї рослини за роками, г			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	10,7	11,6	9,4	11,4
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	12,5	13,6	10,2	12,3
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	10,8	11,5	8,8	12,0
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	11,9	12,8	9,8	13,0
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	9,3	10,1	8,4	9,5
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	10,5	11,5	9,7	11,1
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	9,8	10,2	8,3	9,6
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	11,0	11,4	9,3	11,2
НІР ₀₅ , г: 2023 р. ABC – 0,78; А – 0,39; В – 0,39; С – 0,39; АВ – 0,55; АС – 0,55; ВС – 0,55 2024 р. ABC – 0,61; А – 0,30; В – 0,30; С – 0,30; АВ – 0,43; АС – 0,43; ВС – 0,43 2025 р. ABC – 0,55; А – 0,27; В – 0,27; С – 0,27; АВ – 0,39; АС – 0,39; ВС – 0,39						

Різниця між сортами кунжуту (фактор В) була мінімальною. Сорт Кадет показав середню масу 10,63 г, що лише на 1,5% більше за даний показник у сорту Гусар (10,47 г), проте Гусар виявився дещо чутливішим до оранки при інтенсивному живленні. Максимальне значення маси насіння з однієї рослини зафіксовано у 2024 році для сорту Кадет на варіанті оранки з повним удобренням – 13,6 г, тоді як мінімум спостерігався у вологому 2025 році на варіанті з Mini-till і сортом Гусар без додаткового підживлення – 8,3 г. Загалом, впровадження оранки та внесення органо-мінерального добрива дозволило збільшити продуктивність однієї рослини на 1,2–1,5 г порівняно з базовими варіантами, що є критично важливим для стабілізації врожайності в екстремальні за зволоженням роки Полісся.

Аналіз кореляційної залежності між кількістю коробочок та масою насіння з однієї рослини кунжуту за період 2023–2025 рр. підтвердив наявність дуже сильного прямого зв'язку з коефіцієнтом кореляції $r=0,975$. Згідно з отриманим рівнянням лінійної регресії ($y=0,1102x+1,32$), формування кожної додаткової коробочки забезпечує приріст маси насіння на 0,11 г (рис. 4.1).

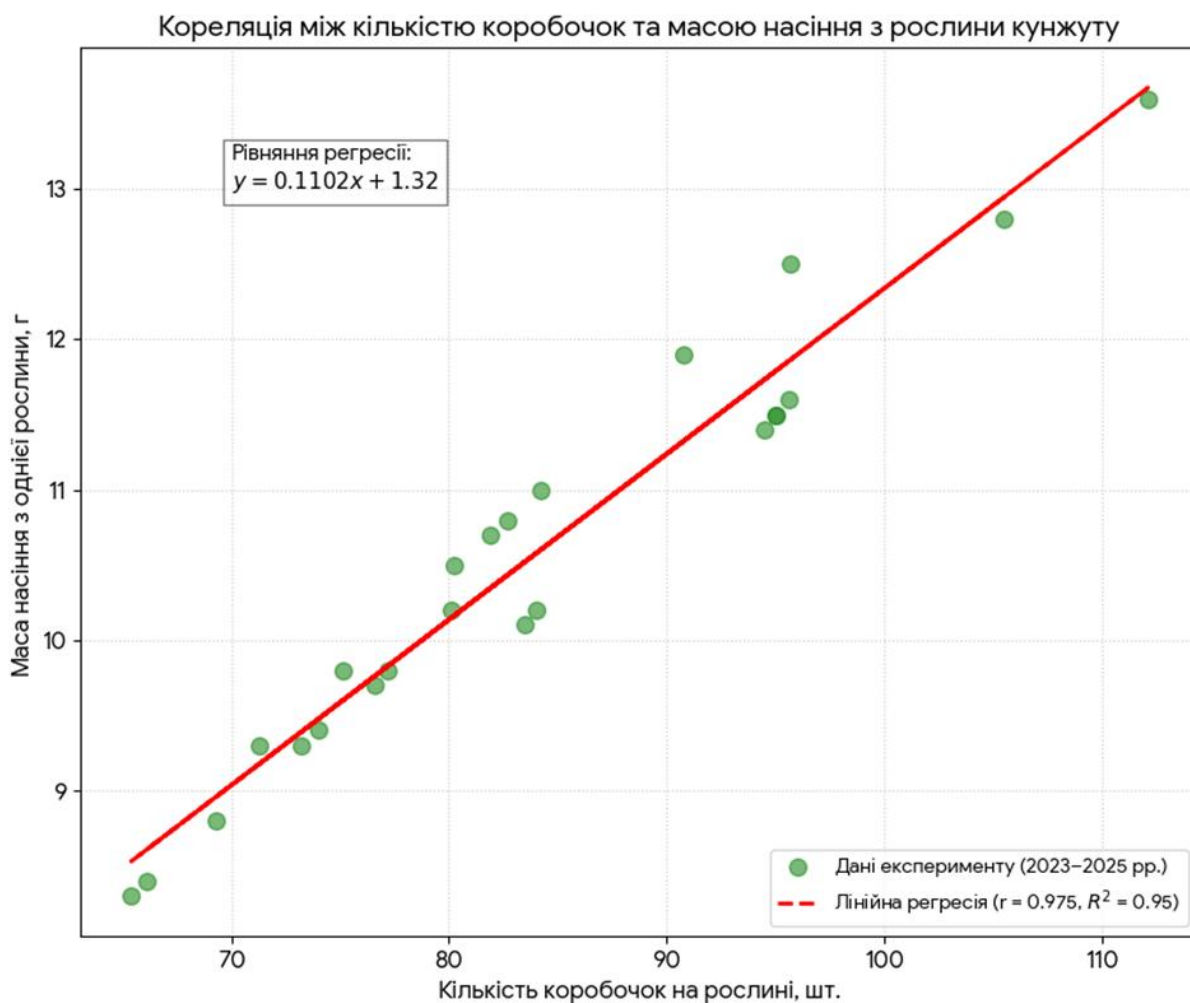


Рис. 4.1. Кореляція між кількістю коробочок на рослині та масою насіння з однієї рослини кунжуту за період 2023–2025 рр.
(де $r = 0,975$; $R^2 = 0,95$; рівняння регресії $y = 0,1102x + 1,32$)

Високе значення коефіцієнта детермінації ($R^2=0,95$) свідчить, що 95% варіації маси насіння безпосередньо зумовлено кількістю сформованих коробочок, і лише 5% припадає на інші фактори (виповненість насіння, маса 1000 насінин). На графіку кореляції чітко простежується кластеризація даних:

варіанти з оранкою та застосуванням Фулвіт Балансу зміщені у верхній правий сектор (максимальна продуктивність), тоді як варіанти Mini-till у дощовому 2025 році формують зону мінімальних значень. Це підтверджує, що оптимізація технології через оранку та органо-мінеральне добриво прямо впливає на врожайність саме через збільшення кількості репродуктивних органів рослини.

4.3.2. Урожайність насіння кунжуту залежно від основного обробітку ґрунту, сорту і удобрення

Оптимальний ріст і розвиток рослин кунжуту залежить від багатьох чинників. Установлено, що на формування врожаю насіння впливали погодні умови вегетаційного періоду, способи основного обробітку ґрунту, основне мінеральне живлення рослин та позакореневе листкове підживлення органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га. Так, більш сприятливими за рівнем врожайності були 2023 і 2024 роки, у які даний показник знаходився у межах від 0,73 до 1,32 т/га. В агроекологічних умовах 2025 року врожайність насіння кунжуту становила 0,69–1,21 т/га, що на 0,04–0,11 т/га менше від попередніх років.

Сорти кунжуту Кадет та Гусар суттєво реагували на основний обробіток ґрунту. Максимальна середня врожайність насіння одержана на фоні оранки на 18 см – 1,14–1,28 т/га, що 0,40–0,42 т/га більше порівняно з мінімальним обробітком ґрунту на 4–6 см (0,74–0,86 т/га). Результати досліджень свідчать, що рівень врожайності обох сортів кунжуту за оранки був майже однаковим – 1,19–1,28 т/га у сорту Кадет та 1,14–1,25 т/га у сорту Гусар

Приріст врожаю насіння кунжуту за рахунок позакореневого підживлення на фоні оранки становив у сорту Кадет 0,09 т/га та 0,11 т/га у сорту Гусар, а за проведення мінімального обробітку ґрунту відповідно 0,1 т/га (сорт Кадет) та 0,12 т/га (сорт Гусар). Найбільшу врожайність насіння

спостерігали на варіанті з внесенням $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 1,28 т/га у сорту Кадет та 1,25 т/га у сорту Гусар (табл. 4.11; дод. Б-7–Б-10).

Таблиця 4.11

**Врожайність насіння кунжуту залежно від елементів технології
вирощування, т/га (2023–2025 рр.)**

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожайність за роками, т/га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,23	1,23	1,12	1,19
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,32	1,30	1,21	1,28
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,18	1,13	1,10	1,14
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,28	1,28	1,20	1,25
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,77	0,77	0,69	0,74
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,87	0,86	0,80	0,84
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	0,73	0,70	0,74
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,89	0,89	0,81	0,86
НР ₀₅ , т/га: 2023 р. АВС – 0,07; А – 0,03; В – 0,03; С – 0,03; АВ – 0,05; АС – 0,05; ВС – 0,05 2024 р. АВС – 0,04; А – 0,02; В – 0,02; С – 0,02; АВ – 0,03; АС – 0,03; ВС – 0,03 2025 р. АВС – 0,02; А – 0,01; В – 0,01; С – 0,01; АВ – 0,02; АС – 0,02; ВС – 0,02						

Маса 1000 насінин кунжуту залежить від гідротермічних умов вирощування, застосування агротехнічних заходів, мінерального живлення рослин та шкочинних організмів. Нестача вологи під час дозрівання призводить до слабого розвитку насіння і меншої ваги, а надмірна вологість у період збирання врожаю призводить до самозігрівання, розвитку плісняви та грибків, проростання. При цьому збільшуються втрати врожаю, з'являються шкідники. Зниження якості насіння робить його непридатним для подальшого зберігання та використання [75]. Установлено, що маса 1000 насінин відрізнялася за роками і факторами, що вивчали у дослідях. Так, даний показник варіював за варіантами від 1,83 г до 2,83 г (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

**Маса 1000 насінин кунжуту залежно від елементів технології
вирощування, г (2023–2025 рр.)**

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Маса 1000 насінин за роками, г			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	2,43	2,30	2,00	2,24
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	2,57	2,70	2,43	2,57
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	2,27	2,47	1,97	2,24
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	2,47	2,57	2,27	2,44
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	2,23	2,47	1,87	2,19
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	2,47	2,83	2,20	2,50
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	2,03	2,20	1,83	2,02
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	2,37	2,53	2,10	2,33
НІР ₀₅ , г 2023 р. АВС – 0,08; А – 0,04; В – 0,04; С – 0,04; АВ – 0,06; АС – 0,06; ВС – 0,06 2024 р. АВС – 0,15; А – 0,07; В – 0,07; С – 0,07; АВ – 0,10; АС – 0,10; ВС – 0,10 2025 р. АВС – 0,14; А – 0,07; В – 0,07; С – 0,07; АВ – 0,10; АС – 0,10; ВС – 0,10						

Найбільша маса 1000 насінин кунжуту сформувалася на варіантах з удобренням. Внесення мінеральних добрив у нормі N₈₁P₄₀K₈₄ (фон) забезпечило середню масу 1000 насінин обох сортів за оранки – 2,24 г, а позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні N₈₁P₄₀K₈₄ сприяло збільшенню маси насіння до 2,44 г (сорт Гусар) і 2,57 г (сорт Кадет). Технологія Mini-till (мінімального обробітку) також позитивно впливала на формування маси 1000 насінин кунжуту, яка становила у сорту Гусар – 2,33 г, а у сорту Кадет – 2,50 г.

4.4. Якість насіння і олій з амаранту (*Amaranthus* L.), гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) та кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.).

4.4.1. Якість насіння та вихід олій з амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту індійського залежно від сортового складу

Вміст жиру (олії) в насінні амаранту зазвичай становить від 5% до 9% і є одним із ключових показників його харчової та промислової цінності. Амарантова олія цінується не за кількість, а за унікальний хімічний склад. Визначення масової частки олії використовується для виведення нових сортів із підвищеною енергетичною цінністю або специфічним жирнокислотним складом. Олія амаранту містить сквален (до 8% від складу олії) – потужний антиоксидант. Чим вища загальна частка олії, тим рентабельнішим є видобуток цієї рідкісної речовини.

Установлено, що масова частка олії у насінні амаранту незалежно від елементів технології вирощування становила за роками від 5,03 до 7,47% у перерахунку на суху речовину. За проведення оранки на 18 см уміст олії у насінні в середньому становив від 5,87 до 6,56%, а за мінімального обробітку ґрунту на 4–6 см відповідно від 5,60 до 6,36%. У насінні сорту Лєра за оранки масова частка олії становила 5,87–6,50%, а у сорту Студентський найбільше – 6,0–6,56%. Мінімальний обробіток ґрунту забезпечив менший уміст олії у насінні обох сортів, а саме, у сорту Лєра він становив 5,60–6,19%, а сорту Студентський відповідно – 5,62–6,36%. Отримана достовірна прибавка умісту олії за рахунок внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ та позакореневого підживлення рослин амаранту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га порівняно з варіантом $N_{81}P_{40}K_{84}$, без підживлення. Найкращий варіант за умістом олії виявлено у сорту Лєра за проведення звичайної оранки – 6,50%, що на 0,63% більше по відношенню до агрофону. У сорту Студентський уміст олії в насінні зріс на 0,56%. За проведення мінімального обробітку ґрунту спостерігали аналогічну закономірність підвищення умісту масової частки олії, але з

меншими показниками. Так, у сорту Лєра уміст олії становив 6,19%, що на 0,59% перевищує агрофон, а у насінні сорту Студентський масова частка олії у перерахунку на суху речовину становила 6,36%, що на 0,74% більше порівняно до контрольного варіанту $N_{81}P_{40}K_{84}$ (табл. 4.13; дод. Д-1–Д-3).

Таблиця 4.13

Масова частка олії у перерахунку на суху речовину в насінні амаранту залежно від елементів технології вирощування за роками, (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Масова частка олії за роками, %			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,27	5,67	5,67	5,87
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,17	6,17	6,17	6,50
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,93	5,53	5,53	6,00
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,47	6,10	6,10	6,56
Mini-till	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,13	5,33	5,33	5,60
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	6,90	5,83	5,83	6,19
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	6,80	5,03	5,03	5,62
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	7,27	5,90	5,90	6,36
НІР ₀₅ , %: 2023 р. АВС – 0,26; А – 0,13; В – 0,13; С – 0,13; АВ – 0,18; АС – 0,18; ВС – 0,18 2024 р. АВС – 0,29; А – 0,14; В – 0,14; С – 0,14; АВ – 0,20; АС – 0,20; ВС – 0,20 2025 р. АВС – 0,21; А – 0,11; В – 0,11; С – 0,11 АВ – 0,15; АС – 0,15; ВС – 0,15						

Результати досліджень показують, що оранка забезпечує значно вищий вихід олії з амаранту порівняно з Mini-till. Середній показник по оранці незалежно від сорту і удобрення становить 47,15 л/га. Mini-till (мінімальний обробіток) продемонстрував нижчу ефективність – у середньому 34,28 л/га. Перехід від мінімального обробітку до оранки дозволяє отримати додатково в середньому 12,87 л/га (або +37,5%) олії. Найкращий результат у всьому дослідженні зафіксовано саме на фоні оранки (61,6 л/га у 2023 році). Вибір сорту також впливає на кінцевий вихід продукції, хоча цей вплив менш радикальний, ніж спосіб обробітку ґрунту. Сорт Студентський виявився

продуктивнішим за сорт Лера. Його середній показник по всіх варіантах становить 41,55 л/га. Сорт Лера має середній вихід на рівні 39,88 л/га. Сорт Студентський перевершує сорт Лера в середньому на 1,67 л/га (близько 4%). Важливо зазначити, що перевага сорту Студентський зберігається за будь-якої системи обробітку та добрив (табл. 4.14).

Таблиця 4.14

Умовний вихід олії з насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування, л/га (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Умовний вихід олії за роками, л/га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	45,6	40,7	38,9	41,7
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	57,4	48,3	45,5	50,4
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	52,4	41,2	37,8	43,8
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	61,6	52,5	44,0	52,7
Mini-till	Лєра	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	34,0	30,6	25,6	30,1
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	41,0	38,4	32,6	37,3
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	39,0	30,9	24,1	31,3
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	42,3	39,3	33,5	38,4
НІР ₀₅ , л/га 2023 р. АВС – 6,21; А – 3,10; В – 3.10; С – 3,10; АВ – 4,39; АС – 4,39; ВС – 4,39 2024 р. АВС – 2,12; А – 1,06; В – 1,06; С – 1,06; АВ – 1,50; АС – 1,50; ВС – 1,50 2025 р. АВС – 1,77; А – 0.88; В – 0.88; С – 0,88; АВ – 1,25; АС – 1,25; ВС – 1.25						

Застосування стимулятора росту показало стабільний позитивний ефект.

Середній вихід амарантової олії на фоні N₈₁P₄₀K₈₄ становив 36,73 л/га. А на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га середній показник зріс до 44,70 л/га. Додаткове позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс забезпечує приріст виходу олії в середньому на 7,97 л/га (або +21,7%). Найбільш відчутним цей приріст був за сівби сорту Лера по оранці (+8,7 л/га до середнього). Спостерігалася чітка тенденція до зниження продуктивності

За даними власних досліджень встановлено, що масова частка олії у насінні гарбуза істотно змінювалася залежно від сорту. Так, найбільший уміст олії був у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс, який становив незалежно від факторів, що вивчали у дослідках, від 36,89 до 46,22%. Основний обробіток ґрунту у вигляді звичайної оранки мав переваги над мінімальним обробітком (mini-till) за масовою часткою олії (35,22–46,22% проти 33,89–42,55%). Найвищий вміст олії у насінні сорту Ольга становив на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га за оранки – 40,11%, а за мінімального обробітку ґрунту відповідно 39,66%.

Гарбузове насіння є важливим джерелом отримання корисної олії. На вихід олії значний вплив мають біологічні особливості сортів гарбуза, якість сировини, стиглість і умови зберігання насіння. Умовний вихід гарбузової олії є комплексним показником, який безпосередньо залежить від урожайності насіння та його олійності.

Результати досліджень свідчать, що умовний вихід олії із насіння гарбуза голозерного залежить від оптимізації агротехнічних заходів вирощування культури та погодних умов впродовж вегетаційного періоду.

Розрахунки показують, що умовний вихід олії може становити 290,15–379,81 л/га. Так, на варіанті з оранкою і удобренням у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс вихід олії становив 281,09–379,81 л/га, що на 70,99–89,66 л/га більше порівняно із сортом Ольга. За мінімального обробітку ґрунту умовний вихід олії був значно нижчим і становив відповідно у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс – 205,29–261,87 л/га, що перевищувало сорт Ольга на 31,22–35,25 л/га. Позакореневе підживлення рослин гарбуза органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ сприяло значному підвищенню виходу олії із врожаю насіння сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс, приріст олії порівняно до фону мінеральних добрив ($N_{81}P_{40}K_{84}$) становив 98,72 л/га за оранки та 56,58 л/га за проведення мінімального обробітку ґрунту. У сорту Ольга приріст олії становив відповідно 80,05 л/га за оранки та 52,55 л/га (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Умовний вихід олії з насіння гарбуза голозерного залежно від елементів технології вирощування, л/га (2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Умовний вихід олії за роками, л/га			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Гляйсдорфер Олжюрбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	299,18	279,80	264,29	281,09
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	372,51	384,87	382,05	379,81
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	229,02	216,78	184,49	210,10
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	308,02	276,71	285,72	290,15
Mini-till	Гляйсдорфер Олжюрбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	206,29	234,81	174,77	205,29
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	243,25	289,55	252,82	261,87
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	190,04	179,71	152,47	174,07
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	221,41	238,68	219,76	226,62
НР ₀₅ , л/га: 2023 р. АВС – 8,82; А – 0,41; В – 0,41; С – 0,41; АВ – 6,24; АС – 6,24; ВС – 6,24 2024 р. АВС – 20,71; А – 10,35; В – 10,35; С – 10,35; АВ – 14,64; АС – 14,64; ВС – 14,64 2025 р. АВС – 14,29; А – 7,15; В – 7,15; С – 7,15; АВ – 10,11; АС – 10,11; ВС – 10,11						

Насіння кунжуту є одним із найбагатших джерел рослинних жирів, у якому масова частка олії зазвичай коливається в межах 45–60%. Завдяки високій концентрації олеїнової та лінолевої кислот цей показник є ключовим індикатором господарської цінності сорту, що зумовило необхідність детального аналізу виходу олії в межах наших польових дослідів.

Розрахунки та інтерпретація результатів досліджень щодо масової частки олії у насінні кунжуту показує, що найбільший уміст її спостерігали на варіантах з внесенням добрив. Між сортами різниця незначна – 50,73–55,42% (сорт Кадет) і 51,08–56,90% (сорт Гусар) на фоні оранки, а за мінімального

обробітку ґрунту – 50,65–54,33% у сорту Кадет і 50,52–54,96% у сорту Гусар. Найбільша масова частка олії у перерахунку на суху речовину виявлена у сорту Кадет на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 55,42% та сорту Гусар – 56,90% (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

**Масова частка олії у перерахунку на суху речовину в насінні кунжуту
залежно від елементів технології вирощування (2023–2025 р.),%**

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Масова частка олії, %			
			2023	2024	2025	середнє
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	51,20	51,83	49,17	50,73
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	56,33	56,67	53,27	55,42
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	51,87	50,77	50,60	51,08
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	58,43	57,30	54,97	56,90
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	51,90	50,57	49,47	50,65
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	55,33	55,33	52,33	54,33
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	50,23	50,87	50,47	50,52
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	55,47	55,03	54,37	54,96
НІР ₀₅ , % 2023 р. АВС – 1,50; А – 0,75; В – 0,75; С – 0,75; АВ – 1,06; АС – 1,06; ВС – 1,06 2024 р. АВС – 1,28; А – 0,64; В – 0,64; С – 0,64; АВ – 0,91; АС – 0,91; ВС – 0,91 2025 р. АВС – 1,18; А – 0,59; В – 0,59; С – 0,59; АВ – 0,83; АС – 0,83; ВС – 0,83						

Умовний вихід олії кунжуту з одного гектара є інтегральним показником його продуктивності, який за оптимальних умов вирощування може сягати 300–800 л/га. Враховуючи високу ринкову вартість кунжутної олії, саме цей параметр слугує головним критерієм економічної ефективності розроблених елементів агротехніки в наших дослідженнях. Розрахунки показують, що

4.4.2. Фізико-хімічні показники та жирнокислотний склад олій з насіння сортів гарбуза голонасінного, амаранту та кунжуту індійського

Кислотне та пероксидне числа є ключовими індикаторами якості та свіжості олії, оскільки вони відображають різні стадії та типи її псування. Кислотне число вказує на кількість вільних жирних кислот, що вивільняються в результаті гідролізу жирів під дією вологи, ферментів або високої температури. Воно є показником ступеня розщеплення жиру: чим вище це число, тим нижча якість очистки або тим довше олія зберігалася в несприятливих умовах. Пероксидне число характеризує вміст первинних продуктів окиснення – пероксидів та гідропероксидів, які утворюються при контакті олії з киснем повітря. Це критичний маркер раннього прогоркання. Високе пероксидне число свідчить про те, що в олії вже запустилися процеси, які з часом можуть призвести до появи неприємного запаху, гіркого смаку і накопичення токсичних речовин, тобто воно сигналізує про поточну хімічну стабільність та безпечність для споживання. На основі представлених даних за 2023–2025 рр. можна провести порівняльний аналіз якості олій різних малопоширених культур. Ці показники дозволяють оцінити як початкову якість сировини, так і її стійкість до окиснення і гідролізу (табл. 4.19).

Таблиця 4.19

Фізико-хімічні показники олії з насіння сортів гарбуза голонасінного, амаранту та кунжуту індійського, середнє за 2023–2025 рр.

(за даними ВЦ Житомирської філії ДП «ВІННИЦЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»)

Культура	Сорт	Кислотне число, мг КОН/г	Пероксидне число, ½ О ммоль/кг
Амарант	Лера	1,4	10,7
	Студентський	1,5	14,2
Гарбуз	Гляйсдорфер Олжюрбіс	0,95	2,8
	Ольга	1,5	10,6
Кунжут	Кадет	2,8	0,8
	Гусар	0,9	4,3

Найвищий показник кислотного числа у сорту кунжуту «Кадет» (2,8 мг КОН/г) свідчить про інтенсивніші процеси гідролізу жирів у цьому сорті порівняно з іншими, що може бути пов'язано з біологічними особливостями насіння або умовами його переробки. Найкращі (найнижчі) показники виявлені у кунжуту сорту Гусар (0,9 мг КОН/г) та гарбуза сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс (0,95 мг КОН/г). Ці сорти демонструють високу чистоту олії та мінімальний рівень розщеплення жирів. Сорти амаранту Лера і Студентський показали стабільні результати в межах 1,4–1,5 мг КОН/г. Для оцінки отриманих результатів важливо порівняти їх із чинними нормативними документами. Оскільки амарант, гарбуз та кунжут відносяться до нішевих культур, вимоги до них часто регулюються загальними ДСТУ для рослинних олій або технічними умовами (ТУ) конкретних виробників. Для харчових рослинних олій встановлено такі орієнтовні межі: для нерафінованих олій вищого ґатунку норма зазвичай становить до 2,0–2,2 ; для олій першого ґатунку допускається значення до 4,0. Отже, сорт кунжуту Кадет (2,8 мг КОН/г) дещо виходить за межі вищого ґатунку, але вкладається в норми для першого. Решта сортів (Лера, Студентський, Ольга та особливо Гляйсдорфер Олкюрбіс з показником 0,95 мг КОН/г) демонструють високу якість, що відповідає преміальним стандартам.

Норма пероксидного числа для свіжовиробленої олії зазвичай не повинна перевищувати 5,0–7,0 ($\frac{1}{2}$ О ммоль/кг). Гранично допустима межа для реалізації в торговельних мережах становить 10,0 ($\frac{1}{2}$ О ммоль/кг). Отримані дані вказують на певні виклики для амаранту. Так, сорт Студентський (14,2) та Лера (10,7) дещо перевищують загальноприйнятий поріг «свіжої» олії, що підтверджує нашу тезу про високу активність окисних процесів у цієї культури. Амарантова олія сорту Студентський показала найвищий рівень пероксидів, що підкреслює її вразливість до дії світла і температури та вимагає впровадження спеціальних технологічних прийомів для стабілізації продукту, наприклад, додавання природних антиоксидантів або використання вакуумного пакування. Посилаючись на отримані показники, виникає

необхідність використання покращених технологій виробництва олій з насіння рослин, що мають біологічно активні компоненти та піддаються швидким процесам окислення під дією світла та повітря. Таким методом є технологія CO₂-екстракції олій, адже це екологічно чистий метод отримання високоякісних олій (переважно ефірних) шляхом використання вуглекислого газу в надкритичному стані (за високого тиску та низької температури). В парі із використанням камер з азотним середовищем можна максимально мінімізувати негативний вплив кисню при виробництві олій.

Натомість сорти кунжуту Кадет (0,8 ½ О ммоль/кг) та гарбуз Гляйсдорфер Олкюрбіс (2,8 ½ О ммоль/кг) мають ідеальні показники пероксидного числа, що значно нижчі за нормативні обмеження. Особливо цікавим є порівняння з сортом гарбуза Ольга (10,6), який формально знаходиться на межі допустимого за пероксидним числом, тоді як Гляйсдорфер Олкюрбіс демонструє значно вищу стабільність. Це є вагомим аргументом на користь вирощування саме цього сорту в умовах Полісся для отримання продукції з тривалим терміном придатності.

Узагальнюючи вище викладене, можна стверджувати, що для гарантування високої біологічної цінності олій необхідно забезпечувати комплексний контроль обох показників, оскільки низька кислотність не завжди гарантує відсутність процесів окиснення, що ми й спостерігали на прикладі сорту гарбуза Ольга. Кислотне та пероксидне числа виступають фундаментальними критеріями оцінки придатності рослинних олій до споживання та переробки, оскільки вони характеризують два паралельні, але хімічно відмінні процеси деградації ліпідів.

Аналіз якості олій зазвичай починається з оцінки їхньої свіжості та стабільності саме через кислотне та пероксидне числа, які відображають ступінь гідролізу та первинного окиснення ліпідів. Однак для повного розуміння біологічної цінності та функціональних властивостей продукту необхідно перейти до детального вивчення жирнокислотного складу. Саме співвідношення насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот

визначає специфіку кожної культури, зокрема: унікальну концентрацію сквалену в олії амаранту, високий вміст лінолевої кислоти в гарбузовому насінні та баланс олеїнової і лінолевої кислот у кунжуті. Такий комплексний підхід дозволяє не лише оцінити поточний стан олії, а й спрогнозувати її стійкість до зберігання та оздоровчий потенціал для організму людини.

Відомо, що жирні кислоти – це органічні сполуки, які є основними структурними компонентами жирів (ліпідів). Хімічно вони являють собою ланцюжки з атомів вуглецю, оточених атомами водню, що закінчуються функціональною карбоксильною групою ($-\text{COOH}$).

Для наших досліджень ключовими є такі характеристики жирних кислот, як: енергетична роль (при розщепленні 1 г жиру виділяється близько 9 ккал); біологічна активність (окрім енергії, жирні кислоти (особливо ненасичені) беруть участь у синтезі гормоноподібних речовин, регулюють запальні процеси та забезпечують засвоєння вітамінів А, D, Е та К; довжина ланцюга (наприклад, C18, C20, C24 вказують на кількість атомів вуглецю). Чим довший ланцюг, тим вищою зазвичай є температура плавлення кислоти. Ступінь насиченості – це наявність подвійних зв'язків (цифра після двокрапки, наприклад, :1, :2). Саме цей показник розділяє наші дані на «стабільні» насичені жири та «активні» ненасичені олії.

Основна відмінність між насиченими та ненасиченими жирними кислотами полягає в їхній хімічній структурі, а саме – у наявності подвійних зв'язків між атомами вуглецю в молекулі. У вуглецевому ланцюзі насичених жирних кислот всі зв'язки є одинарними. Вони «насичені» воднем до максимуму. При цьому молекули щільно прилягають одна до одної, тому ці жири зазвичай тверді за кімнатної температури (наприклад, пальмітинова чи стеаринова кислоти). У надмірній кількості вони можуть підвищувати рівень холестерину, проте вони є дуже стабільними до нагрівання та окислення.

Ненасичені жирні кислоти мають один (мононенасичені) або кілька (поліненасичені) подвійних зв'язків, які створюють «вигини» в молекулі, що не дозволяє їм щільно упаковуватися. Саме тому олії з високим вмістом цих

кислот залишаються рідкими. Ненасичені кислоти (як-от олеїнова чи лінолева) вважаються незамінними для організму, оскільки вони підтримують еластичність судин і клітинних мембран, проте вони більш чутливі до впливу кисню та високих температур.

Аналіз жирнокислотного складу олії амаранту сортів Лєра та Студентський свідчить про високу стабільність показників та типову для цієї культури перевагу ненасичених кислот. До насичених жирних кислот амаранту відносяться: Лігноцеринова (C24:0), Докозагексаєнова (C22:0), Арахінова (C20:0), Стеаринова (C18:0), Пальмітинова (C16:0), Пентадеканова (C15:0), Мірістинова (C14:0), а до ненасичених: Ейкозадієнова (C20:2), Олеїнова (C18:1), Ерукова (C22:1), Ліноленова та γ -ліноленова (C18:3), Пальмітолеїнова (C16:1), Нервонова (C24:1), Ейкозапентаєнова (C20:5), Лінолева (C18:2), Ейкозєнова (C20:1).

До групи з найбільшим вмістом жирних кислот (>10%), що формують основний ліпідний профіль олії амаранту, відноситься Лінолева кислота (C18:2) з вмістом понад 58%. Її вміст майже ідентичний в обох сортах: Лєра – 58,68%, Студентський – 58,34%. Олеїнова кислота (C18:1) – друга за кількістю (28,3%). Вона забезпечує баланс між рідким станом олії та її стійкістю. До кислот із середнім вмістом (1–10%) слід віднести Пальмітинову (C16:0), це основна насичена кислота (6,5–6,6%). Стеаринова кислота (C18:0) складає близько 3,4%. Олія амаранту багата на різноманітні мінорні кислоти, але їхня частка незначна (<1%): Ерукова (C22:1): близько 0,7%, Нервонова (C24:1): 0,25–0,28% та Арахінова (C20:0): 0,24–0,25%. Інші (ліноленова, ейкозапентаєнова, мірістинова тощо) становлять кожна менше 0,2%.

Загальний баланс груп жирних кислот демонструє надзвичайну схожість обох сортів. Установлена висока ненасиченість: олія амаранту містить майже 88,5% ненасичених жирних кислот, що значно вище, ніж у багатьох інших рослинних олій (наприклад, у раніше розглянутого гарбуза цей показник був близько 80%). Слід відмітити про генетичну сортову стабільність, оскільки між сортами Лєра та Студентський немає різких розбіжностей у

жирнокислотному складі. Харчова цінність олії безперечна завдяки домінуванню лінолевої кислоти (Омега-6), яка робить амарантову олію надзвичайно цінною для серцево-судинної системи, а низький вміст насичених жирів (10,5%) відповідає сучасним вимогам здорового харчування (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Жирнокислотний склад олії амаранту залежно від сортових особливостей, середнє за 2023–2025 рр.

(за даними ВЦ Житомирської філії ДП «ВІННИЦЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»)

Показники жирнокислотного складу олії, що визначали (згідно НД), %	Сорти амаранту	
	Лєра	Студентський
Арахінова кислота (C20:0)	0,244	0,250
γ-Ліноленова кислота (C18:3)	0,013	0,012
Докозагексаєнова кислота (C22:0)	0,058	0,059
Ейкозадієнова кислота (C20:2)	0,045	0,050
Ейкозапентаєнова кислота (C20:5)	0,145	0,158
Ейкозенова кислота (C20:1)	0,146	0,152
Ерукова кислота (C22:1)	0,699	0,704
Лігноцеринова кислота (C24:0)	0,107	0,158
Лінолева кислота (C18:2)	58,678	58,342
Ліноленова кислота (C18:3)	0,063	0,064
Мірістинова кислота (C14:0)	0,085	0,098
Нервонова кислота (C24:1)	0,256	0,283
Олеїнова кислота (C18:1)	28,276	28,362
Пальмітинова кислота (C16:0)	6,551	6,610
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,110	0,107
Пентадеканова кислота (C15:0)	0,023	0,026
Стеаринова кислота (C18:0)	3,397	3,421

Харчова цінність гарбузової олії зумовлена унікальним співвідношенням жирних кислот, які відіграють важливу роль у метаболічних процесах організму. Аналіз жирнокислотного профілю досліджуваних сортів дає змогу виділити домінуючі групи омега-кислот та визначити ступінь їхньої стійкості до окислення залежно від сортових особливостей. Дослідження жирнокислотного складу олії голонасінних сортів гарбуза дозволяє

класифікувати отримані дані за рівнем насиченості та кількісним вмістом окремих компонентів. Нижче наведено результати аналізу, що демонструють різницю між лінолевим та олеїновим типами олій у сортах Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга відповідно.

Установлено, що згідно з хімічною структурою (кількістю подвійних зв'язків), представлені кислоти олії гарбуза поділяються на: *Насичені жирні кислоти* (SFA) – Мірістинова (C14:0), Пальмітинова (C16:0), Гептадеканова (C17:0), Стеаринова (C18:0), Арахінова (C20:0), Докозанова (C22:0), Лігноцеринова (C24:0); *Ненасичені жирні кислоти* (UFA), що у свою чергу, поділяються на: *мононенасичені* (MUFA): Пальмітолеїнова (C16:1), Олеїнова (C18:1), Ейкозенова (C20:1), Ерукова (C22:1), Нервонова (C24:1) та *поліненасичені* (PUFA): Лінолева (C18:2), Ліноленова (C18:3), Ейкозапентаєнова (C20:5) (табл. 4. 21).

Таблиця 4.21

Жирнокислотний склад олії гарбуза голонасінного залежно від сортових особливостей, % (середнє за 2023–2025 рр.)

(за даними ВЦ Житомирської філії ДП «ВІННИЦЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»)

Показники жирнокислотного складу олії, що визначали (згідно НД), %	Сорти гарбуза голонасінного	
	Гляйсдорфер Олжурбіс	Ольга
Арахінова кислота (C20:0)	0,361	0,453
Гептадеканова кислота (C17:0)	0,057	–
Докозагексанова кислота (C22:0)	0,036	0,179
Ейкозапентаєнова кислота (C20:5)	0,127	0,024
Ейкозенова кислота (C20:1)	0,070	0,088
Ерукова кислота (C22:1)	0,120	0,114
Лігноцеринова кислота (C24:0)	0,313	0,298
Лінолева кислота (C18:2)	57,195	42,076
Ліноленова кислота (C18:3)	0,253	0,142
Мірістинова кислота (C14:0)	0,100	0,116
Нервонова кислота (C24:1)	0,062	0,116
Олеїнова кислота (C18:1)	22,423	37,051
Пальмітинова кислота (C16:0)	12,176	11,363
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,113	0,124
Стеаринова кислота (C18:0)	5,643	6,898

На основі аналізу даних обох сортів можна виділити три групи за рівнем вмісту жирних кислот в олії гарбуза голонасінного. До найбільшого вмісту ($>10\%$) належать кислоти, що складають основу олії (сумарно понад $85\text{--}90\%$ від усіх жирних кислот). Це Ліолева кислота ($C18:2$), домінує в обох сортах. У сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс її значно більше ($57,2\%$), ніж у сорті Ольга ($42,1\%$). Олеїнова кислота ($C18:1$) – друга за значущістю, сорт Ольга ($37,1\%$) багатший на цю кислоту порівняно з Гляйсдорфер Олкюрбіс ($22,4\%$). Пальмітинова кислота ($C16:0$) – основна насичена кислота, її вміст стабільний в обох сортах ($11,4\text{--}12,2\%$). До групи із середнім показником ($1\text{--}10\%$) відноситься Стеаринова кислота ($C18:0$) – це насичена кислота, що міститься в кількості $5,6\text{--}6,9\%$. У сорті Ольга її вміст трохи вищий. До групи з найменшим вмістом ($<1\%$) відносяться всі інші кислоти, які є мінорними компонентами. Найбільш помітні серед них: Арахінова ($C20:0$) – $0,36\text{--}0,45\%$; Лігноцеринова ($C24:0$) – близько $0,3\%$ та Ліноленова ($C18:3$) – $0,14\text{--}0,25\%$. Решта кислот (мірістинова, ерукова, пальмітолеїнова та інші) присутні в слідових кількостях (менше $0,2\%$). Загальний баланс між насиченими та ненасиченими жирними кислотами в обох сортах гарбуза виглядає наступним чином. Олія обох сортів є високоненасиченою (близько 80%), що свідчить про її високу біологічну цінність. Сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс містить більше омега-6, що характерно для класичної гарбузової олії. Сорт Ольга відрізняється підвищеним вмістом олеїнової кислоти. Це робить таку олію більш стійкою до окислення порівняно з першим сортом.

Кунжутна олія – це унікальний дієтичний продукт, відомий людству тисячоліттями. Її роль виходить далеко за межі простого джерела жирів. Завдяки високій концентрації антиоксидантів (сезамін та сезамолін), вона володіє надзвичайною стійкістю до прогоркання, навіть незважаючи на велику частку ненасичених кислот. У харчовому раціоні кунжутна олія цінується за збалансоване співвідношення олеїнової та лінолевої кислот, що сприяє нормалізації обміну холестерину, підтримці здоров'я нервової системи, зміцненню стінок судин та для профілактики серцево-судинних захворювань.

За типом насиченості олія кунжуту містить такі насичені жирні кислоти як Мірістинова (C14:0), Гептадеканова (C17:0), Пальмітинова (C16:0), Стеаринова (C18:0), Арахінова (C20:0), Бегенова (C22:0), Лігноцеринова (C24:0). До ненасичених жирних кислот олії кунжуту відносяться Пальмітолеїнова (C16:1), Олеїнова (C18:1), Лінолева (C18:2), Ліноленова та γ -ліноленова (C18:3), Ейкозенова (C20:1), Ейкозатрієнова (C20:3), Ейкозапентаєнова (C20:5), Ерукова (C22:1), Докозагексанова (C22:6), Нервонова (C24:1). Проаналізуємо розподіл жирних кислот за їх кількісним показником, зокрема за найбільшим вмістом в олії (>10%). Олія кунжуту має цікаву особливість: на відміну від гарбуза чи амаранту, де лінолева кислота домінує з великим відривом, тут ми спостерігаємо паритет двох кислот: Олеїнова кислота (C18:1): 38,5–41,2%, що робить кунжутну олію більш схожою на оливкову за своєю функціональністю. Лінолева кислота (C18:2): 40,6–42,1%, яка забезпечує високу біологічну активність продукту.

До групи кислот із середнім показником (1– 10%) належить Пальмітинова кислота (C16:0): стабільно близько 9,3–9,4%; Стеаринова кислота (C18:0): біля 5,2–5,7%; Ліноленова кислота (C18:3) у сорту Гусар становить 2,35%, що значно вище, ніж у сорту Кадет (0,34%). Група з найменшим вмістом (<1%) має широкий спектр мінорних кислот, зокрема 0,5% Арахінової (C20:0) та специфічної Докозагексанової (C22:6), якої в сорті «Кадет» відчутно більше (0,262%), ніж у сорту Гусар (0,077%). Отже, кунжутна олія характеризується збалансованістю, оскільки має майже рівні частки Омега-9 (олеїнова) та Омега-6 (лінолева) кислот, що є оптимальним для тривалого зберігання та здоров'я. Існує сортова відмінність – сорт Гусар вирізняється вищим вмістом ліноленової кислоти, що робить його багатшим на незамінні жирні кислоти класу Омега-3. Сорт Кадет натомість має дещо вищий вміст олеїнової кислоти, що додає йому термічної стабільності. У кунжуті ідентифіковано найбільшу кількість різноманітних жирних кислот (зокрема, ейкозатрієнову та докозагексанову) порівняно з попередніми культурами (табл. 4.22).

Таблиця 4.22

Жирнокислотний склад олії кунжуту залежно від сортових особливостей, % (середнє за 2023–2025 рр.)
(за даними ВЦ Житомирської філії ДП «ВІННИЦЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»)

Показники жирнокислотного складу олії, що визначали (згідно НД), %	Сорти кунжуту	
	Кадет	Гусар
Арахінова кислота (C20:0)	0,565	0,509
Бегенова кислота (C22:0)	–	0,097
у-Ліноленова кислота (C18:3)	0,012	0,013
Гептадеканова кислота (C17:0)	0,052	0,069
Докозагексанова кислота (C22:6)	0,262	0,077
Ейкозапентаєнова кислота (C20:5)	0,019	0,022
Ейкозатрієнова кислота (C20:3)	0,014	0,015
Ейкозенова кислота (C20:1)	0,172	0,168
Ерукова кислота (C22:1)	0,117	0,180
Лігноцеринова кислота (C24:0)	0,017	–
Лінолева кислота (C18:2)	40,606	42,069
Ліноленова кислота (C18:3)	0,342	2,346
Мірістинова кислота (C14:0)	0,025	0,025
Нервонова кислота (C24:1)	0,279	0,159
Олеїнова кислота (C18:1)	41,199	38,491
Пальмітинова кислота (C16:0)	9,447	9,324
Пальмітолеїнова кислота (C16:1)	0,120	0,231
Стеаринова кислота (C18:0)	5,692	5,203

На основі проведеного порівняльного аналізу встановлено суттєві розбіжності у профілях домінуючих жирних кислот досліджуваних культур, що визначає їхні специфічні технологічні та біологічні властивості. Поліненасичений комплекс (Лінолева кислота C18:2). Безумовним лідером за вмістом лінолевої кислоти (C18:2) є олія амаранту (сорти Лєра та Студентський), де її частка в середньому сягала 58,5%. Це дозволяє

класифікувати амарантову олію як потужне джерело незамінних жирних кислот, необхідних для корекції ліпідного обміну (рис. 4.2).

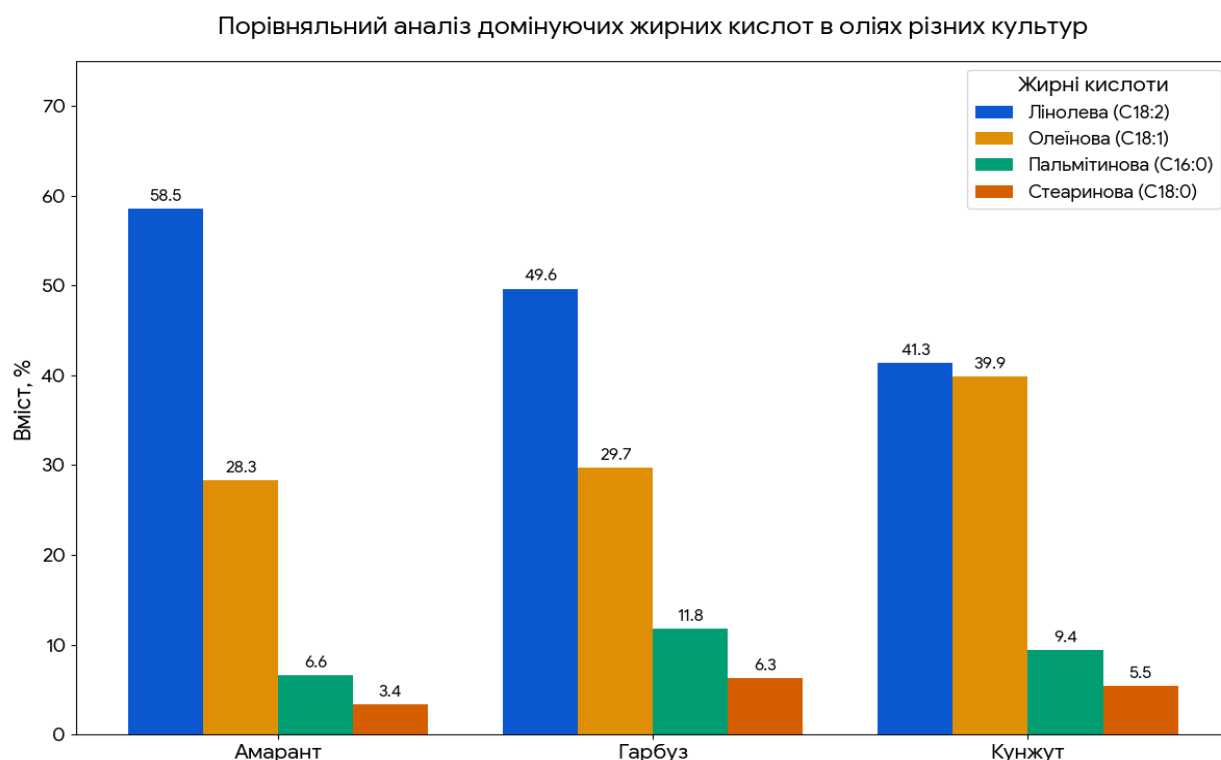


Рис. 4.2. Середній уміст переважаючих жирних кислот в олії амаранту, гарбуза та кунжуту, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Високі показники лінолевої кислоти також продемонстрували сорти гарбуза (в середньому 49,6%), у той час як в олії кунжуту цей показник був нижчим і стабільно тримався на середньому рівні 41,3%. Мононенасичений комплекс (Олеїнова кислота C18:1). Найбільш збалансованою та стійкою до окислення виявилася олія кунжуту, в якій частка олеїнової кислоти була максимальною серед усіх зразків (в середньому 39,9%). Слід відмітити сортову специфіку гарбуза: сорт Ольга за вмістом олеїнової кислоти (37,1%) наближається до показників кунжуту, тоді як сорт Гляйсдорфер містить її значно менше (22,4%). Амарант демонструє середні значення олеїнової кислоти на рівні 28,3%, що забезпечує необхідну текучість олії за низьких температур. Насичені жирні кислоти (Пальмітинова C16:0 та Стеаринова C18:0). Аналіз діаграми вказує на те, що олія насіння гарбуза має найбільш

виражений "насичений" профіль, де сума пальмітинової та стеаринової кислот в середньому сягає 18,1%. Це надає олії характерної в'язкості. Олія амаранту, навпаки, є найбільш легкою за складом, маючи мінімальний вміст насичених жирів (~10%), що підвищує її засвоюваність організмом. Таким чином, візуалізація даних підтверджує, що вибір конкретної культури та сорту дозволяє отримувати олії з прогнозованим жирнокислотним складом: від максимально ненасиченої амарантової до найбільш збалансованої та стійкої кунжутної. Особливе значення має ідентифікація сорту кунжуту Гусар, який, окрім базового набору кислот, містить підвищену частку ліноленової кислоти (2,35%), що збагачує продукт дефіцитними Омега-3 сполуками.

Детальний аналіз жирнокислотного складу в розрізі конкретних сортів олійних культур дозволяє виявити індивідуальні особливості кожної агрокультури та встановити ступінь впливу генотипу на формування ліпідного профілю олії (рис. 4.3).

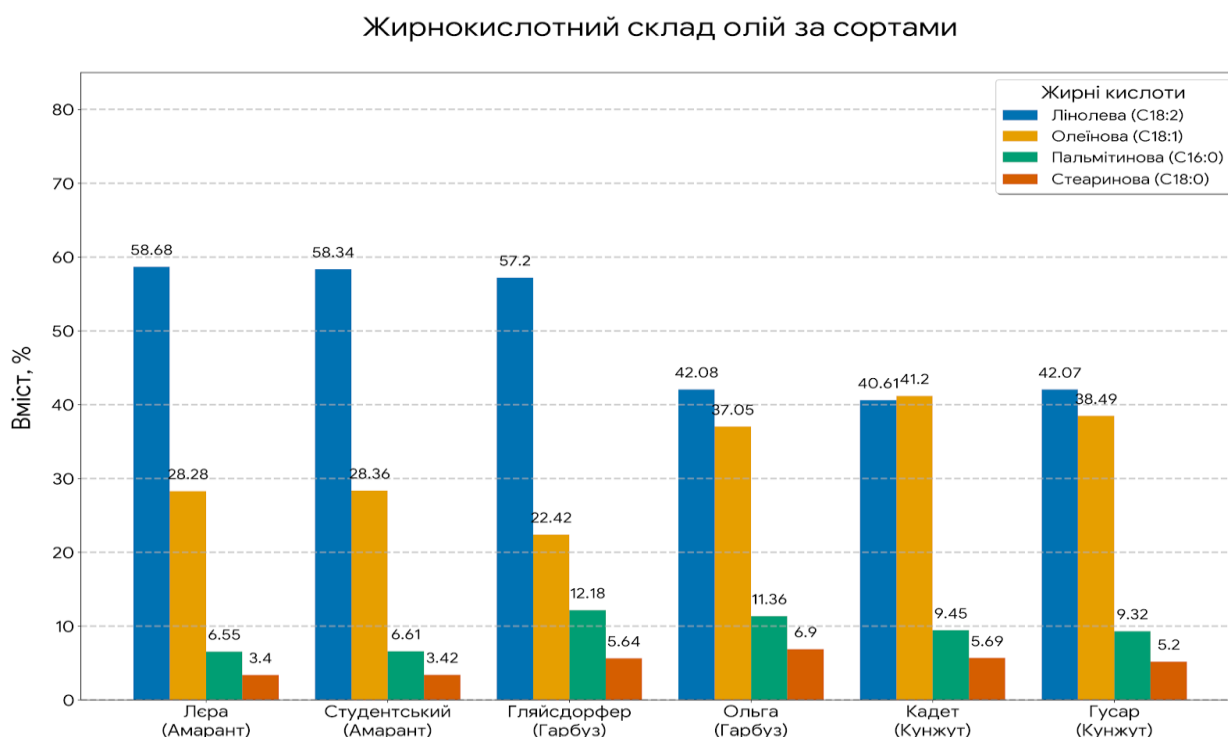


Рис. 4.3. Жирнокислотний склад олій амаранту, гарбуза та кунжуту залежно від сорту, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Порівняння сортів Лера та Студентський продемонструвало високу стабільність ознак. Показники лінолевої кислоти в обох зразках ідентичні (на рівні 58,34–58,68%), що свідчить про низьку залежність жирнокислотного складу амаранту від сортових відмінностей у межах даного виду. Це робить амарант прогнозованою сировиною для отримання олії з високим вмістом Омега-6 кислот. На відміну від амаранту, культура гарбуза виявила значну сортову амплітуду. Сорт Гляйсдорфер Олжурбіс характеризувався класичним лінолевим складом (57,2%), що робить його близьким за дієтичними властивостями до амаранту. Водночас сорт Ольга демонстрував перехід до олеїнового типу: вміст олеїнової кислоти в ньому зріс до 37,05%, що суттєво підвищує біологічну стійкість олії до окислювальних процесів.

Олія кунжуту сортів Кадет та Гусар відзначалася найбільш збалансованим співвідношенням основних жирних кислот. Слід виділити сорт Гусар, який, за ідентичних показників олеїнової та лінолевої кислот, має унікальну перевагу – підвищений вміст ліноленової кислоти (2,35%). Це надає олії даного сорту статус цінного джерела кислот родини Омега-3, що важливо для розробки продуктів оздоровчого призначення. Сорт Кадет має найвищий вміст олеїнової кислоти (41,20%), що робить його найбільш стійкою основою для якісних олій, які не втрачають своїх властивостей при зберіганні.

Таким чином, подана діаграма наочно ілюструє, що від сортового підбору досліджуваних олійних культур залежать якісні показники олії.

Висновки до розділу 4

1. На дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах Полісся сорти амаранту Лера і Студентський забезпечують високу врожайність насіння та вихід олії. Максимальна врожайність насіння отримана на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га за звичайної оранки на 18 см, яка становила у сортів Лера і Студентський – 0,86 т/га. Оранка є ефективнішою за Mini-till (4–6 см), оскільки підвищує врожайність на 0,2 т/га (до 0,78–0,86 т/га).

2. Маса 1000 насінин амаранту коливалася в межах 0,74–0,81 г. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину становила за оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у сорту Лера – 6,50%, а у сорту Студентський відповідно 6,56%, що перевищує варіант з внесенням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) на 0,63 і 0,56%. Середній вихід амарантової олії на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ становив 36,73 л/га. А на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га середній показник зріс до 44,70 л/га. Додаткове позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс забезпечило приріст виходу олії в середньому на 7,97 л/га (або +21,7%).
3. Застосування Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ стабільно стимулювало формування суцвіть амаранту. За оранки довжина волоті сорту Лера зросла з 52,7 до 61,3 см, а сорту Студентський – з 52,9 до 64,5 см. Попри абіотичний вплив, найкращі показники зафіксовано у 2024 році (сорт Студентський – 68,7 см), тоді як у менш оптимальному 2025 році ефективність добрива (0,5 л/га) також залишалася високою.
4. Сорти гарбуза голозерного (Гляйсдорфер Олкюрбіс та Ольга) позитивно реагували на вдосконалення елементів технології вирощування. Оранка на 18 см забезпечила врожайність насіння 0,65–0,89 т/га, тоді як за Mini-till (4–6 см) показники становили 0,56–0,67 т/га. Найпродуктивнішим виявився сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс із урожайністю 0,81–0,89 т/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га). Врожайність насіння сорту Ольга за цих умов становила 0,65–0,78 т/га.
5. Маса 1000 насінин гарбуза різнилася між варіантами і становила для сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс – 192,89–222,78 г, а для сорту Ольга – 181,56–208,67 г. Масова частка олії у гарбуза голозерного становила 33,89–46,22% з максимумом у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс. У сорту Ольга за оранки вміст олії склав 35,22–40,11%, що на 0,45–1,33% перевищує показники Mini-till. Умовний вихід олії варіював у межах 261,87–379,81 л/га, найвищі значення забезпечив сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс за оранки та підживлення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га).

6. Незалежно від сорту та удобрення середня врожайність насіння кунжуту варіювала в межах 1,14–1,28 т/га за проведення оранки та 0,74–0,86 т/га мінімального обробітку. Врожайність сортів відрізнялася між собою незначно, особливо на фоні Mini-till. На фоні оранки та удобрення приріст урожаю насіння у сорту Кадет становив 0,3–0,5 ц/га порівняно із сортом Гусар. Найбільша врожайність насіння отримана за внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у позакореневе підживлення, яка становила 1,28 т/га (сорт Кадет) і 1,25 т/га (сорт Гусар).
7. Маса 1000 насінин кунжуту варіювала в межах 2,02–2,57 г із найбільшою залежністю від живлення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га. Вміст олії у насінні, зумовлений сортовими особливостями та добривами, становив 50,52–56,90%. Умовний вихід олії, що залежав від способу обробітку ґрунту, біології сорту та удобрення, завдяки вдосконаленню технології досяг 341,72–650,03 л/га.
8. Застосування Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ суттєво підвищило продуктивність кунжуту. У сорту Кадет кількість коробочок зросла з 83,8 до 96,0 шт. (+14,6%), з максимальним приростом у 2024 році (+16,5 шт.). Сорт Гусар продемонстрував зростання середньої кількості коробочок з 82,3 до 91,2 шт. (+8,9 шт.).
9. Позакореневе підживлення рослин амаранту сорту Студентський за оранки забезпечило максимальну масу насіння з однієї рослини – 13,0 г (+1,0 г до фону $N_{81}P_{40}K_{84}$). За Mini-till та використання Фулвіт Балансу показники маси насіння з однієї рослини були практично тотожними – 11,1 г у сорту Лера та 11,2 г у сорту Студентський.
10. Найвищу індивідуальну продуктивність гарбуза щодо маси насіння з однієї рослини зафіксовано у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс за оранки – 401,1 г. Перехід на Mini-till за ідентичного удобрення призвів до зниження показника до 369,1 г (різниця становить 32,0 г).
11. Кореляційний аналіз за 2023–2025 рр. підтвердив дуже сильний прямий зв'язок ($r=0,975$) між кількістю коробочок та масою насіння кунжуту.

Згідно з рівнянням регресії ($y=0,1102x+1,32$), кожна додаткова коробочка забезпечує приріст маси насіння на 0,11 г. Коефіцієнт детермінації ($R^2=0,95$) доводить, що 95% варіації маси насіння зумовлено кількістю коробочок, і лише 5% – іншими факторами (виповненість, маса 1000 насінин).

12. Максимальну кількість насіння з однієї рослини кунжуту сформовано у 2024 році (6415,3 шт.), що на 21,0% та 42,1% перевищило показники 2023 та 2025 років відповідно (надмірне зволоження 2025 року пригнітило репродуктивність). Перевага оранки над Mini-till склала 11,9% (5714,2 шт. проти 5105,6 шт.). Вплив сорту був мінімальним: Кадет (5451,6 шт.) випередив Гусар (5368,2 шт.) лише на 1,5%. Застосування Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ забезпечило приріст у 13,0% (з 5080,1 до 5739,7 шт.). Абсолютний максимум зафіксовано у 2024 р. (сорт Кадет, оранка, повне удобрення – 7526 шт.), мінімум – у 2025 р. (сорт Гусар, Mini-till, фон — 4051 шт.).
13. Аналіз маси насіння з однієї рослини кунжуту за 2023–2025 рр. підтвердив суттєвий вплив метеорологічних та технологічних чинників. У надмірно вологому 2025 році показник знизився до 9,24 г, що на 20,3% менше порівняно з продуктивним 2024 роком (11,59 г). Оранка на 18 см забезпечила перевагу над Mini-till (11,13 г проти 9,96 г; приріст +11,8%), покращивши водний режим ґрунту. Позакореневе підживлення Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ підвищило масу насіння на 12,9% (з 9,91 до 11,18 г), нівелюючи стресовий вплив перезволоження 2025 року.
14. Усі зразки олії амаранту, гарбуза та кунжуту за кислотним числом відповідають ДСТУ для нерафінованих олій (до 4,0 мг КОН/г), що підтверджує високу якість сировини. Сорт кунжуту Кадет, попри найвище серед досліджених зразків кислотне число (2,8 мг КОН/г), виявив максимальну стійкість до окиснення. Це свідчить про його специфічний хімічний склад, насичений природними інгібіторами окиснення.

15. Аналіз пероксидного числа виявив суттєву сортову та видову диференціацію за стійкістю олій до первинного окиснення. Високу стабільність продемонстрували кунжут і гарбуз сорту Гляйсдорфер Олжурбіс (0,8–2,8 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг), тоді як олії обох сортів амаранту та гарбуза Ольга через високі показники (понад 10,0 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг) мають схильність до швидкого прогоркання.
16. Дослідження жирнокислотного складу підтвердило високу біологічну цінність олій завдяки переважанню ненасичених жирних кислот (80,0% у гарбуза – 88,3% в амаранті), зокрема лінолевої кислоти в амаранті (до 58,7%). Олія гарбуза продемонструвала генотипову залежність: сорт Гляйсдорфер Олжурбіс належить до лінолевого типу, тоді як сорт Ольга вирізняється підвищеною концентрацією олеїнової кислоти та вищою окислювальною стійкістю.
17. Олія амаранту сортів Лєра та Студентський – це високоненасичений ліпідний комплекс (88,4% ненасичених кислот) із переважанням лінолевої кислоти (58,3–58,7%) та низьким вмістом насичених жирів (~10,5%). Виняткова стабільність жирнокислотного профілю та відсутність значущих сортових розбіжностей роблять олію амаранту уніфікованим джерелом незамінних кислот для дієтичного харчування.
18. Дослідження олії насіння гарбуза виявило значну генотипову пластичність: сорт Гляйсдорфер Олжурбіс має лінолевий профіль (57,2%), тоді як сорт Ольга вирізняється підвищеною концентрацією олеїнової кислоти (37,1%), що підвищує її термостабільність. Вищий вміст пальмітинової кислоти (до 12,2%) у поєднанні з іншими компонентами формує унікальні фармакологічні властивості олії гарбуза обох сортів.
19. Кунжутна олія сортів Кадет та Гусар є збалансованою системою з 18 ідентифікованих жирних кислот із оптимальним співвідношенням олеїнової та лінолевої кислот (1:1). Сорт Гусар вирізняється вмістом ліноленової кислоти (2,35%, Омега-3), а наявність бегенової та

докозагексанової кислот у поєднанні з антиоксидантами забезпечує високу стійкість олії до окислення та її функціональну цінність.

20. За ступенем загальної ненасиченості культури формують ранжований ряд «амарант > кунжут > гарбуз», а виявлена сортова варіативність дозволяє цілеспрямовано добирати сировину для отримання олій із заданим функціональним профілем.

Список посилань на літературу до розділу 4: 15, 17, 75, 77, 80.

РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО, КУНЖУТУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

5.1. Енергетична оцінка технологій вирощування амаранту (*Amaranthus* L.), гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) та кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.) залежно від обробітку ґрунту, сорту і удобрення

Серед олійних культур амарант (*Amaranthus* L.), гарбуз голозерний (*Cucurbita pepo* L.) та кунжут індійський (*Sesamum indicum* L.) є не лише цілющими, поживними рослинами, а й економічно вигідними з необмеженими перспективами і напрямками використання. Економічна ефективність вирощування цих культур на насіння та олію залежить від багатьох чинників, зокрема урожайності, цін на сировину та витрат на виробництво. Завдяки високій ціні на світовому ринку існує можливість отримати високу прибутковість і рентабельність цих культур за низьких витрат на насіннєвий матеріал порівняно з іншими олійними культурами. Голонасінний гарбуз нині досить вигідна нішева культура, насіння якого містить білки, жири, магній, цинк, вітаміни К і Е. Це свідчить про позитивний вплив на серцево-судинну систему, травлення, підтримку стану кісток і шкіри, сприяє кращому сну та знижує рівень холестерину. Амарант є джерелом сквалену, який омолоджує організм і зміцнює імунітет, з однієї тонни амаранту можна отримати 30–60 літрів цінної олії. Насіння кунжуту корисне завдяки багатому складу, що включає клітковину, корисні жири, білок, вітаміни (групи В, Е) та мікроелементи (кальцій, магній, залізо, мідь) [78].

Енергетичний аудит нових технологій є невід'ємною частиною екологічного моніторингу. Оскільки екологізація промисловості базується на зниженні енергомісткості продукції, раціональне використання ресурсів стає ключовим фактором, що визначає одночасно екологічну безпеку та економічну ефективність підприємства. Енергетична оцінка вирощування

нішевих олійних культур (амаранту, голозерного гарбуза та кунжуту) дозволяє визначити, наскільки доцільними є затрати ресурсів (палива, добрив, людської праці) відносно отриманої енергії у вигляді врожаю.

5.1.1. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування амаранту

Енергетичні витрати на вирощування амаранту залежать від сукупності природно-кліматичних факторів та інтенсивності застосовуваної технології: найбільша частка енергії витрачається на мінеральні добрива (особливо азотні) та паливно-мастильні матеріали для підготовки ґрунту, посіву та багаторазових міжрядних обробок. Важливу роль відіграють витрати на очищення та сушіння насіння, оскільки дрібнонасінна структура амаранту та висока вологість культури під час збору потребують значних теплових ресурсів. На загальний енергобаланс впливає також попередник у сівозміні, рівень механізації процесів захисту від бур'янів на початкових етапах росту та біопотенціал обраного сорту, що визначає окупність витрат врожаєм.

Дослідженнями встановлено, що сумарні енергетичні витрати на один гектар амаранту за традиційної технології вирощування (із застосуванням полищевої оранки на 18 см) становлять 9541,85 МДж/га. Структура цих витрат демонструє типову для інтенсивного землеробства залежність від зовнішніх ресурсів промислового походження. Понад дві третини енергії акумульовано у мінеральних добривах (5767,5 МДж/га). Це свідчить про те, що амарант як культура з високим біологічним потенціалом потребує інтенсивного азотно-фосфорного живлення для формування врожаю. Висока частка енергії в добривах робить економіку вирощування амаранту вразливою до коливань цін на енергоносії, оскільки виробництво добрив є надзвичайно енергоємним.

Сумарна частка паливно-мастильних матеріалів (23,72%) та безпосередньо механічного обробітку ґрунту (9,55%) становить майже третину енерговитрат. Висока частка паливно-мастильних матеріалів (ПММ)

обумовлена саме звичайною оранкою, оскільки глибоке перевертання скиби є найбільш енергозатратною операцією в технологічному циклі (рис. 5.1).

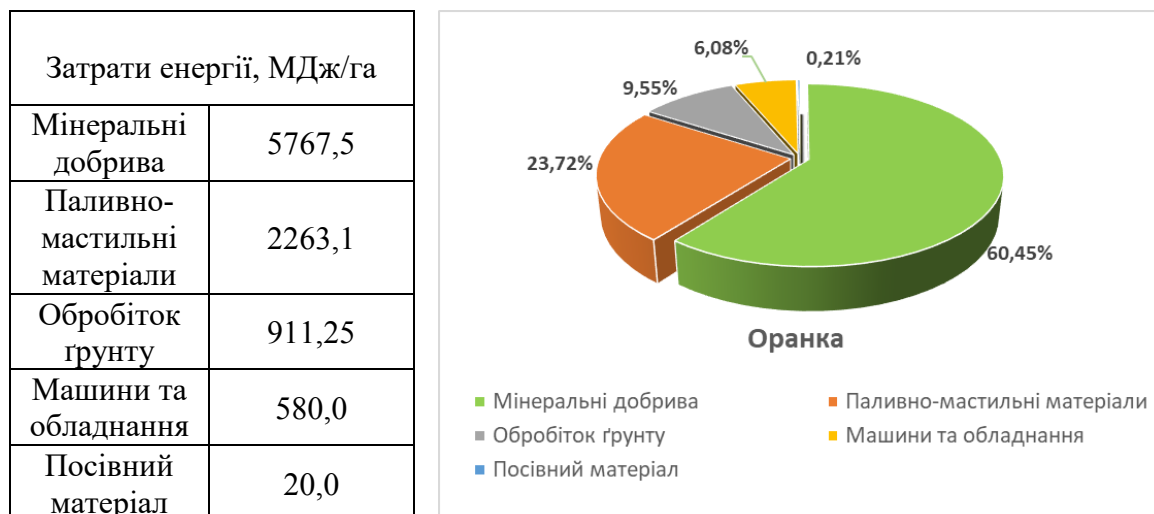


Рис. 5.1. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за традиційної технології вирощування амаранту, %

Машини та обладнання займають у енергетичних витратах 6,08%. Цей показник відображає енергію, витрачену на виготовлення і амортизацію техніки. Для амаранту він є стандартним. На посівний матеріал припадає всього лише 0,21%. Оскільки амарант має надзвичайно дрібне насіння (маса 1000 насінин якого близько 0,7–0,9 г), тому витрати енергії на сам посівний матеріал є мізерними порівняно з іншими. Незважаючи на загальні витрати на цьому варіанті (9541,85 МДж/га), амарант вважається високоефективною культурою, оскільки вихід енергії з одиниці врожаю (за рахунок високого вмісту білка та олії) зазвичай суттєво перевищує ці затрати.

Технологія Mini-till для амаранту є енергоощадною моделлю, яка дозволяє зменшити загальний енергетичний бюджет вирощування на ~5% виключно за рахунок оптимізації роботи з ґрунтом. Проте, 88% усіх енерговитрат (добрива + ПММ) залишаються незмінними, що вказує на необхідність подальшого пошуку резервів економії саме у системі живлення та захисту рослин. Порівняльний аналіз представлених даних свідчить, що впровадження технології Mini-till (мілкий обробіток на 4–6 см) дозволяє оптимізувати енергетичний баланс вирощування амаранту насамперед за

рахунок дворазового скорочення витрат на механічний обробіток ґрунту – з 911,25 МДж/га до 442,0 МДж/га (зниження на 51,5%). Попри те, що загальна енергоємність технології зменшується на 469,25 МДж/га, структура витрат залишається жорстко детермінованою інтенсивним живленням, де частка мінеральних добрив зростає до домінуючих 63,53% (рис. 5.2).

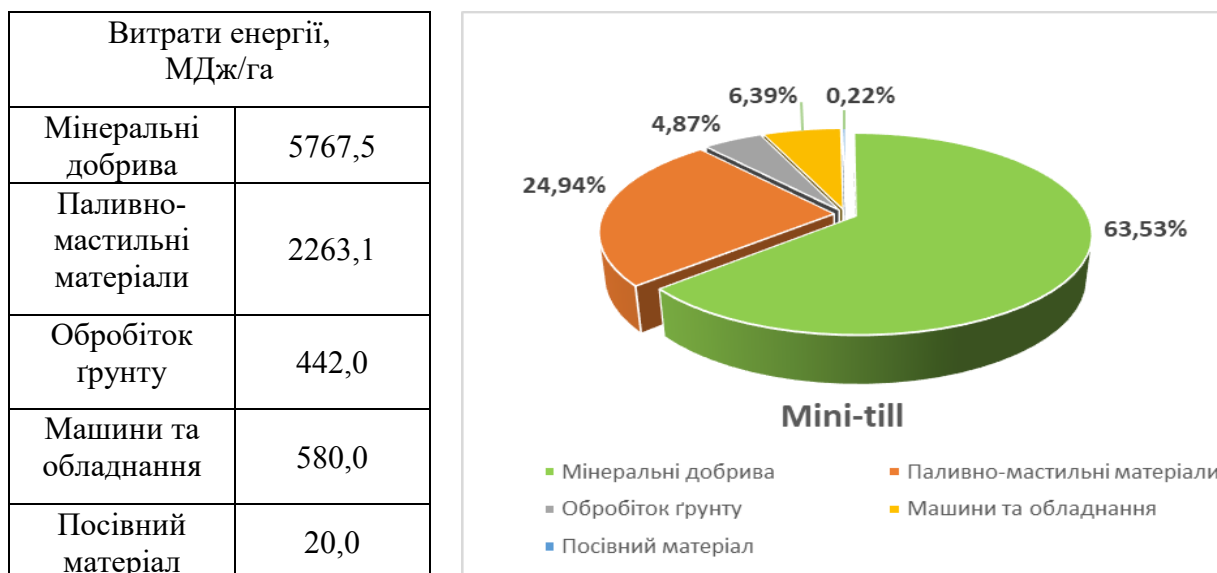


Рис. 5.2. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за Mini-till технології вирощування амаранту, %

Незмінність показників паливно-мастильних матеріалів (24,94%) на тлі відмови від глибокої оранки вказує на перерозподіл ресурсів або збереження високої інтенсивності догляду за посівами, що загалом робить Mini-till більш раціональним, проте все ще енергозалежним методом виробництва.

5.1.2. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування гарбуза голозерного

Енергетичні витрати на вирощування гарбуза голозерного (голонасінного) визначаються насамперед високою потребою в мінеральних добривах, на які припадає понад 50% загального енергобалансу, а також значними витратами дизельного пального (близько 30%) для енергоємних процесів підготовки ґрунту (глибока оранка) та міжрядних культивацій.

Специфічною статтею енерговитрат є первинна переробка, що включає виділення насіння з плодів, його ретельне промивання та інтенсивне сушіння, оскільки відсутність твердої оболонки робить насіння надзвичайно вразливим до пліснявіння та швидкого псування при затримці обробки. Також суттєвий вплив на ефективність використання енергії мають норми висіву та біостимулятори, які необхідні для компенсації низької польової схожості голозерного насіння, що часто потерпає від ґрунтових патогенів через відсутність захисної шкірки.

Результати досліджень свідчать, що сумарні енерговитрати на вирощування гарбуза голозерного становлять 9468,85 МДж/га. Структура цих витрат показує високу інтенсивність технології, де понад 84% енергії припадає на промислові ресурси (добрива і паливо), що характерно для просапних культур з високою потребою в поживних речовинах та багаторазових міжрядних обробітках. Мінеральне живлення гарбуза – основна стаття енергетичних витрат (60,91%). Витрати на добрива становлять 5767,5 МДж/га. Це підкреслює високу вибагливість гарбуза до родючості ґрунту (рис. 5.3).

Витрати енергії, МДж/га	
Мінеральні добрива	5767,5
Паливно-мастильні матеріали	2263,1
Обробіток ґрунту	911,25
Машини та обладнання	310,0
Посівний матеріал та інші	25+192



Рис. 5.3. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за традиційної технології вирощування гарбуза голозерного, %

Оскільки голозерні сорти мають дещо слабшу польову схожість та інтенсивний набір вегетативної маси, посилене мінеральне живлення є критичним для формування якісного насіння. Проте така частка робить виробництво сильно залежним від ринку енергоносіїв. Сумарна частка паливно-мастильних матеріалів (23,9%) та безпосередньо обробітку ґрунту (9,62%) вказує на значне механічне навантаження. Оранка дерново-підзолистого суглинкового ґрунту на 18 см вимагає значних витрат дизельного палива. Враховуючи, що гарбуз потребує ретельної передпосівної підготовки, міжрядного рихлення для боротьби з бур'янами, стаття паливно-мастильних матеріалів є однією з ключових.

Машини та обладнання займають у загальних енергетичних витратах на вирощування гарбуза 3,27%, показник у 310,0 МДж/га відображає енергію, витрачену на амортизацію сільськогосподарської техніки. Людська праця при цьому становить 2,03%, на відміну від зернових культур, у гарбуза цей показник є помітним (192 МДж/га). Це пояснюється специфікою культури і необхідністю ручного догляду, можливим досіванням або участю людини в процесах збирання та виділення насіння, які складніше піддаються повній автоматизації порівняно з іншими культурами.

Затрати на насіння (25,0 МДж/га) є мінімальними, що зумовлено невеликою нормою висіву (3,6 кг/га). Однак для голозерного гарбуза якість цього матеріалу є критичною через відсутність захисної оболонки на насініні. Технологія є типово інтенсивною. Основним резервом зниження собівартості є оптимізація системи добрив під гарбузи голозерні.

При переході на Mini-till сумарні енергозатрати знизилися до 8999,6 МДж/га (порівняно з 9468,85 МДж/га при оранці).

Порівняльне дослідження енергоємності вирощування амаранту та гарбуза голозерного підтвердило, що впровадження технології Mini-till (4–6 см) замість традиційної оранки забезпечує уніфіковану економію енергії на рівні 469,25 МДж/га або близько 5% від загальних затрат (рис. 5.4).

Витрати енергії, МДж/га	
Мінеральні добрива	5767,5
Паливно-мастильні матеріали	2263,1
Обробіток ґрунту	442,0
Машини та обладнання	310,0
Посівний матеріал та інші	25+192



Рис. 5.4. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за Mini-till технології вирощування гарбуза голозерного, %

Основний ефект досягається через зниження енерговитрат на обробіток ґрунту на 51,5%, проте загальний енергобаланс залишається детермінованим високою часткою мінеральних добрив (60–64%) та ПММ (24–25%). Це вказує на те, що мінімізація обробітку є першим кроком до енергозбереження, але подальший потенціал оптимізації лежить у площині скорочення хімічного навантаження та впровадження енергоефективних систем живлення.

5.1.3. Структура сукупних енергетичних витрат на вирощування кунжуту індійського

Основним чинником енергетичних витрат при вирощуванні кунжуту є застосування мінеральних добрив, на частку яких припадає понад 50–60% усіх використаних енергоємних ресурсів. Суттєвий вплив мають витрати дизельного пального на підготовку ґрунту та багаторазовий контроль бур'янів, до яких культура вкрай чутлива на початкових етапах розвитку. Окремою важливою складовою є людська праця та спеціалізована механізація під час збирання: через схильність коробочок кунжуту до розтріскування та нерівномірне дозрівання, значна кількість енергії витрачається або на ручне зрізання та делікатне сушіння у снопах, або на використання сучасних жаток і подальшу складну очистку дрібного насіння від домішок. Результати наших

досліджень свідчать, що сумарні енергетичні затрати на вирощування кунжуту становлять 9545,45 МДж/га. Структура цих витрат свідчить про високу технологічну інтенсивність виробництва, де значна частка енергії (понад 84%) припадає на промислові ресурси – добрива та паливно-мастильні матеріали. Це підтверджує статус кунжуту як культури, що потребує значного ресурсного забезпечення для реалізації свого біологічного потенціалу в умовах традиційного землеробства (рис. 5.5).

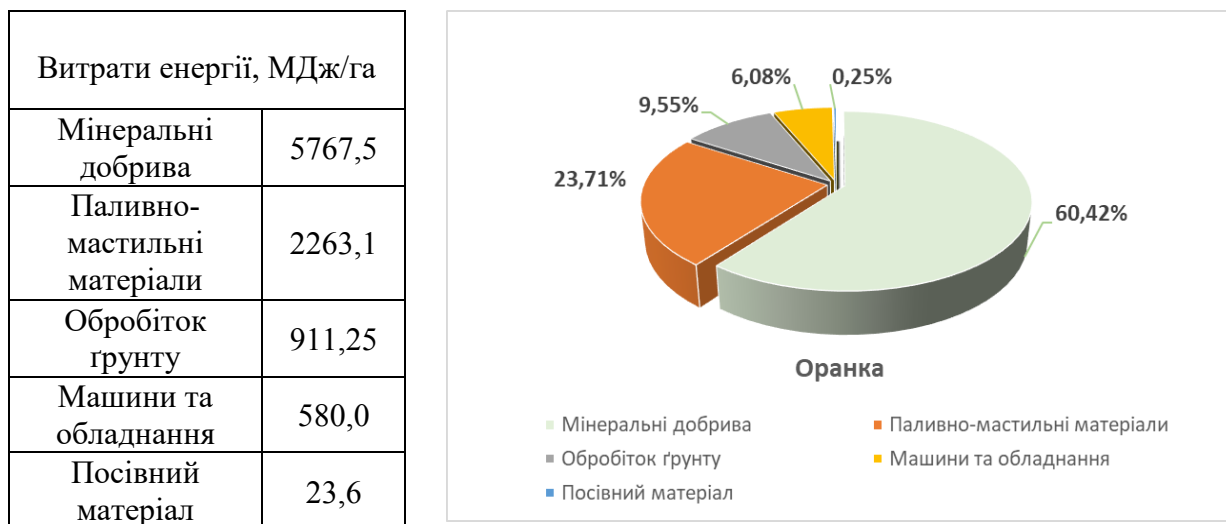


Рис. 5.5. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за традиційної технології вирощування кунжуту, %

Найбільш енергоємною статтею витрат (60,42%) є внесення мінеральних добрив у дозі $N_{81}P_{40}K_{84}$ у поєднанні з препаратом Фулвіт Баланс для позакореневого підживлення рослин кунжуту (5767,5 МДж/га).

Кунжут є культурою, яка дуже чутлива до фосфорно-калійного живлення на ранніх етапах та азотного – під час інтенсивного росту. Використання Фулвіт Баланс дозволяє підвищити коефіцієнт засвоєння мінеральних елементів, проте загальний енергетичний внесок хімізації залишається домінуючим. Це робить енергетичну ефективність кунжуту залежною від вартості виробництва добрив. Сумарні витрати на паливно-мастильні матеріали (23,71%) та механічний обробіток ґрунту (9,55%) становлять 33,26% або третину всієї суми витрат на вирощування кунжуту.

Оранка на 18 см створює оптимальні умови для розвитку кореневої системи кунжуту, але потребує 911,25 МДж/га.

Витрати енергії на насіння (23,6 МДж/га) є вкрай низькими через малу норму висіву кунжуту. Це робить його схожим на амарант: основні витрати зосереджені не на самому насінні, а на створенні ідеальних умов для його проростання (рис. 5.6).

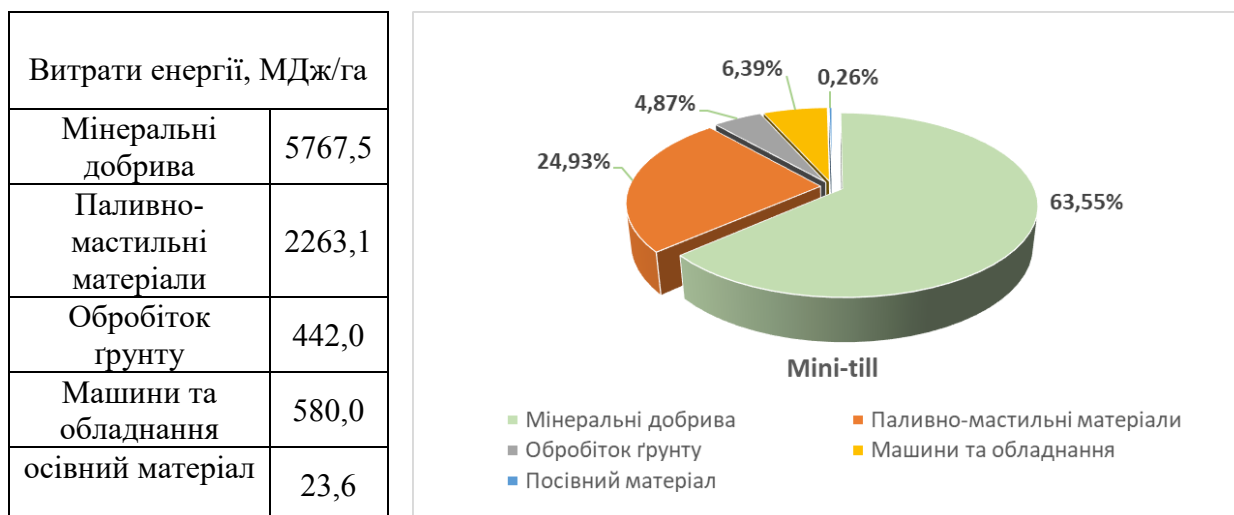


Рис. 5.6. Основні енергетичні витрати (МДж/га) та структура витрат сукупної енергії за Mini-till технології вирощування кунжуту, %

Технологія кунжуту за показниками майже ідентична амаранту, що пояснюється схожістю агротехнічних вимог до дрібнонасінних культур. Оскільки понад 60% енергії зосереджено в добривах, використання біостимулятора Фулвіт Баланс є виправданим кроком, позаяк він оптимізує ефективність кожної одиниці витраченої енергії мінерального азоту чи фосфору. Загальні енергетичні затрати при переході на мінімальний обробіток ґрунту знизилися до 9076,2 МДж/га. Це забезпечує економію енергії у розмірі 489,15 МДж/га порівняно з традиційною оранкою. Технологія Mini-till дозволяє суттєво оптимізувати структуру витрат, роблячи виробництво менш залежним від механічного втручання в ґрунт, проте зберігаючи високу інтенсивність живлення. Ключове джерело економії – це обробіток ґрунту (4,87%). Найбільш радикальні зміни відбулися саме в цій категорії. Витрати

енергії на обробіток знизилися з 911,25 МДж/га до 442,0 МДж/га. Енергоємність механічного впливу на ґрунт скоротилася на 53,7%. Для кунжуту, який потребує дрібно структурного стану верхнього шару ґрунту для проростання, мілкий обробіток на 4–6 см виявляється енергетично вигідною альтернативою глибокій оранці, оскільки значно знижує тяговий опір техніки. Частка мінеральних добрив та біостимулятора Фулвіт Баланс в абсолютному значенні залишилася незмінною (5767,5 МДж/га), проте її питома вага у загальному балансі зросла до 63,55%. Установлено, що Mini-till не передбачає економії на живленні. Навпаки, при мінімальному обробітку ґрунту роль добрив і стимулятора росту стає вирішальною для швидкого старту культури та її конкуренції з бур'янами.

Сумарна частка ПММ (24,93%) та амортизації машин (6,39%) демонструє стабільність технічного процесу. Хоча прямі витрати на обробіток впали, незмінність показника ПММ (2263,1 МДж/га) вказує на те, що звільнені ресурси палива можуть перерозподілятися на посилений догляд за посівами.

5.1.4. Енергетична ефективність олійних культур залежно від елементів технології вирощування

Дослідження технології вирощування амаранту (*Amaranthus* L.) сорту Лера за умови проведення оранки свідчить про високу ефективність додаткового позакореневого підживлення. Встановлено, що використання лише базового мінерального фону ($N_{81}P_{40}K_{84}$) забезпечує врожайність насіння на рівні 0,78 т/га, тоді як інтеграція у схему живлення препарату Фулвіт Баланс (0,5 л/га) дозволяє підвищити цей показник до 0,86 т/га. Покращення врожайності позитивно позначилося на енергетичному балансі агроценозу: загальний прихід енергії з продукцією зріс із 15 600 до 17 200 МДж. При цьому варіант із застосуванням стимулятора росту продемонстрував значно вищий чистий енергетичний приріст – 7657,15 МДж/га проти 6061,65 МДж/га на базовому фоні. Відповідно, енергетичний коефіцієнт технології зріс із 1,64 до

1,80, що підтверджує доцільність використання Фулвіт Балансу як інструменту підвищення енергоефективності вирощування амаранту. (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Енергетична ефективність амаранту залежно від елементів технології вирощування, (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Прихід енергії з урожаєм, МДж/га	Приріст енергії, МДж/га	Енергоємність, МДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,78	9538,35	15600	6061,65	12228,65	1,64
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	9541,85	17200	7658,15	12233,14	1,80
	Студент- ський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	9538,35	15800	6261,65	12228,65	1,66
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	9541,85	17200	7658,15	12233,14	1,80
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,58	9069,1	11600	2530,9	11627,05	1,28
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,66	9072,6	13200	4127,4	11631,54	1,45
	Студент- ський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,59	9069,1	11800	2730,9	11627,05	1,30
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,65	9072,6	13000	3927,4	11631,54	1,43

Дослідження продуктивності амаранту сорту Студентський за умови оранки підтвердили ефективність інтенсифікації живлення шляхом позакореневого підживлення. Встановлено, що застосування препарату Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні мінеральних добрив N₈₁P₄₀K₈₄ дозволяє збільшити врожайність зерна з 0,79 т/га до 0,86 т/га. Це супроводжувалося зростанням енергетичної продуктивності агроценозу: прихід енергії збільшився на 1400 МДж, а чистий приріст енергії сягнув 7658,15 МДж/га.

Завдяки оптимізації живлення енергетичний коефіцієнт зріс із 1,66 до 1,80, що свідчить про високу технологічну ефективність даного заходу.

Порівняльний аналіз сортів показав, що на базовому мінеральному фоні ($N_{81}P_{40}K_{84}$) сорт Студентський дещо переважав сорт Лера за врожайністю (0,79 проти 0,78 т/га) та енергетичним коефіцієнтом (1,66 проти 1,64). Однак, при інтенсифікації живлення препаратом Фулвіт Баланс обидва сорти продемонстрували ідентичну максимальну врожайність – 0,86 т/га та однаковий рівень енергетичної ефективності (1,80). Це свідчить про те, що сорт Лера є більш чутливим до позакореневого підживлення, забезпечуючи вищий відносний приріст показників, тоді як сорт Студентський стабільніший на бідніших агрофонах.

Застосування мінімального обробітку ґрунту (Mini-till) при вирощуванні амаранту сорту Лера призвело до зниження загальної продуктивності порівняно з оранкою, проте зберегло позитивну динаміку від використання стимуляторів росту. Зокрема, на базовому мінеральному фоні ($N_{81}P_{40}K_{84}$) було отримано врожайність 0,58 т/га з енергетичним коефіцієнтом 1,28, тоді як додавання позакореневого підживлення Фулвіт Баланс (0,5 л/га) підвищило збір насіння до 0,66 т/га. Це забезпечило зростання приходу енергії з 11 600 до 13 200 МДж та збільшення енергетичного коефіцієнта до 1,45, що підтверджує ефективність препарату навіть за менш інтенсивного обробітку ґрунту, хоча чистий приріст енергії на цьому варіанті (4127,4 МДж/га) залишався суттєво нижчим, ніж при традиційній оранці.

При впровадженні технології мінімального обробітку ґрунту (Mini-till) для амаранту сорту Студентський спостерігалася аналогічна тенденція до зростання продуктивності за умови оптимізації живлення. Використання мінерального фону $N_{81}P_{40}K_{84}$ забезпечило врожайність на рівні 0,59 т/га, тоді як додавання позакореневого підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) підвищило цей показник до 0,65 т/га. Відповідно, прихід енергії з урожаєм збільшився з 11 800 до 13 000 МДж, а чистий енергетичний приріст зріс із 2730,9 до 3927,4 МДж/га. Енергетична ефективність вирощування

також продемонструвала позитивну динаміку: енергетичний коефіцієнт піднявся з 1,30 на базовому фоні до 1,43 у варіанті з комплексним удобренням, що підтверджує доцільність інтенсифікації живлення навіть за ощадних способів обробітку ґрунту.

Визначальним чинником впливу на продуктивність амаранту є спосіб обробітку ґрунту: традиційна оранка забезпечує значно вищі показники врожайності (0,78–0,86 т/га) та енергетичної ефективності (КЕ 1,64–1,80) порівняно з технологією Mini-till, де врожайність не перевищувала 0,66 т/га. Застосування позакореневого підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ є стабільно ефективним для обох сортів, забезпечуючи приріст урожаю та підвищення енергетичного коефіцієнта на 0,13–0,17 одиниць незалежно від способу обробітку. Сорт Студентський демонстрував дещо вищу адаптивність до менш інтенсивних умов (базовий фон), проте сорт Лера виявляв вищу чуйність до стимулятора росту, що дозволяє йому наздоганяти або навіть дещо випереджати Студентський за інтенсивної технології живлення. Таким чином, для досягнення максимального прибутку та енергоефективності рекомендовано поєднання оранки з інтегрованою системою удобрення.

Аналіз енергетичної ефективності вирощування гарбуза голозерного за 2023–2025 рр. свідчить, що найвищий валовий збір енергії забезпечив сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс за умов оранки та комплексного удобрення (22,25 тис. МДж/га), що зумовлено максимальною врожайністю насіння (0,89 т/га). Хоча технологія Mini-till дозволяє знизити сукупні витрати енергії на 5% порівняно з оранкою (з 9,47 до 9,00 тис. МДж/га), вона призводить до зростання енергоємності виробництва одиниці продукції та зниження енергетичного коефіцієнта через суттєве недобирання врожаю. Застосування позакореневого підживлення препаратом Фулвіт Баланс виявилось високоефективним технологічним заходом: воно незначно збільшувало енерговитрати, проте суттєво підвищувало чистий приріст енергії та енергетичний коефіцієнт, який

досягав пікового значення 2,35 у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс на фоні оранки (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність гарбуза голозерного залежно від елементів технології вирощування, (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрєння (фактор С)	Врожай на́сіння, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Прихід енергії з урожаєм, МДж/га	Приріст енергії, МДж/га	Енергоємність, МДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Оранка	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,81	9465,35	20250	10784,65	12135,06	2,14
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,89	9468,85	22250	12781,15	12139,55	2,35
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,65	9465,35	16250	6784,65	12135,06	1,72
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,78	9468,85	19500	10031,15	12139,55	2,06
Mini-till	Гляйсдорфер Олжурбіс	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,6	8996,1	15000	6003,9	11533,46	1,67
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,67	8999,6	16750	7750,4	11537,95	1,86
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,56	8996,1	14000	5003,9	11533,46	1,56
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,62	8999,6	15500	6500,4	11537,95	1,72

Сорт Ольга демонстрував нижчу загальну енергопродуктивність, проте виявляв високу окупність витрат на підживлення, що дозволяло підняти його енергетичний коефіцієнт з 1,72 до 2,06 при традиційному обробітку ґрунту. Таким чином, поєднання генетичного потенціалу сорту Гляйсдорфер Олжурбіс, глибокого обробітку ґрунту та інтенсифікації живлення є найбільш енергетично виправданим варіантом.

Аналіз енергетичної ефективності вирощування кунжуту свідчить, що максимальний прихід енергії з урожаєм у варіанті з використанням

стимулятора росту зріс до 30208 МДж (проти 28084 МДж на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$), а чистий приріст енергії збільшився на 2120,5 МДж/га, сягнувши позначки 20662,55 МДж/га. Завдяки раціональному співвідношенню витрачених та отриманих енергоресурсів, енергетичний коефіцієнт варіанту з комплексним удобренням склав 3,16 порівняно з 2,94 на базовому фоні. Отримані дані підтверджують, що сорт Кадет за умови оранки демонструє один із найвищих рівнів енергоефективності серед досліджуваних культур.

Дослідження продуктивності кунжуту сорту Гусар за умов оранки підтверджують високу ефективність інтенсифікації технології вирощування. Встановлено, що використання позакореневого підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні мінеральних добрив ($N_{81}P_{40}K_{84}$) забезпечує суттєве зростання врожайності насіння – з 1,14 т/га до 1,25 т/га. Така динаміка безпосередньо позначилася на енергетичних показниках: прихід енергії з урожаєм збільшився з 26904 до 29500 МДж, а чистий енергетичний приріст на варіанті з комплексним удобренням сягнув 19954,55 МДж/га. Завдяки високій енергетичній окупності внесених ресурсів, коефіцієнт енергоефективності зріс із 2,82 до 3,09, що свідчить про доцільність застосування фульвокислот для максимізації результативності культивування сорту Гусар.

Покращення продуктивності супроводжувалося позитивними змінами енергетичного балансу: прихід енергії з урожаєм зріс із 17464 до 19824 МДж, а чистий енергетичний приріст на варіанті з підживленням сягнув 10747,8 МДж/га. Завдяки високій окупності витрат енергетичний коефіцієнт технології зріс із 1,92 до 2,18. Варто зауважити, що хоча показники Mini-till поступаються результатам оранки, застосування фульвокислот дозволяє суттєво нівелювати різницю в продуктивності та підвищити загальну рентабельність вирощування сорту Кадет. Зростання врожайності супроводжувалося суттєвим покращенням енергетичного балансу агроценозу: прихід енергії з продукцією збільшився з 17464 до 20296 МДж, а чистий енергетичний приріст на варіанті з підживленням склав 11219,8 МДж/га. Завдяки ефективному використанню ресурсів енергетичний коефіцієнт

технології зріс із 1,92 до 2,24. Це свідчить про те, що сорт Гусар виявляє високу чутливість до стимулятора росту в умовах Mini-till, забезпечуючи навіть дещо кращі результати за інтенсивного живлення, ніж сорт Кадет (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Енергетична ефективність кунжуту залежно від елементів технології вирощування, (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Прихід енергії з урожаєм, МДж/га	Приріст енергії, МДж/га	Енергоємність, МДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,19	9541,95	28084	18542,05	12233,27	2,94
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,28	9545,45	30208	20662,55	12237,76	3,16
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,14	9541,95	26904	17362,05	12233,27	2,82
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,25	9545,45	29500	19954,55	12237,76	3,09
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	9072,7	17464	8391,3	11631,67	1,92
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,84	9076,2	19824	10747,8	11636,15	2,18
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	9072,7	17464	8391,3	11631,67	1,92
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	9076,2	20296	11219,8	11636,15	2,24

Хоча технологія Mini-till дозволяє знизити сукупні витрати енергії приблизно на 5% (з 9545,45 до 9076,2 МДж/га), вона суттєво погіршує фінальні показники ефективності: енергетичний коефіцієнт падає з пікових значень 3,09–3,16 при оранці до 1,92–2,24 при мінімальному обробітку. Позакореневе підживлення фульвокислотами виявилось ключовим чинником оптимізації, оскільки за мінімальних додаткових енерговитратах воно забезпечує зростання енергетичного коефіцієнта на 0,22–0,32 одиниці незалежно від сорту та способу обробітку ґрунту. Сорт Гусар продемонстрував дещо нижчу енергопродуктивність на фоні оранки, проте в умовах Mini-till за використання

підживлення досяг найвищого для цієї технології енергетичного коефіцієнта (2,24) та чистого приросту енергії (11 219,8 МДж/га). Загалом, попри нижчу енергоємність виробництва одиниці продукції при Mini-till, традиційна оранка залишається найбільш енергетично доцільною завдяки значно вищій окупності витрат і врожайності.

5.2. Економічна ефективність вирощування насіння та виробництва олій з амаранту (*Amaranthus* L.), гарбуза голозерного (*Cucurbita pepo* var. *styriaca* L.) та кунжуту індійського (*Sesamum indicum* L.) залежно від обробітку ґрунту, сорту і удобрення

Останнім часом у наукових виданнях активно з'являються публікації, присвячені економічній оцінці олійних культур залежно від оптимізації технологічних прийомів вирощування [67, 78, 98, 109].

Дослідження на темно-сірих опідзолених ґрунтах показали, що застосування мінеральних добрив у нормі $N_{200}P_{80}K_{160}$ під амарант сорту Харківський 1 забезпечило максимальну врожайність зерна на рівні 4,88 т/га. Попри зростання витрат на добрива до 27450 грн, собівартість одиниці продукції залишалася стабільною (10087–10682 грн/т). Водночас пік економічної ефективності за показником чистого прибутку (70813 грн) було зафіксовано за дещо нижчої норми калійних добрив – $N_{200}P_{80}K_{120}$ [185].

Розвиток кунжутного сектору є стратегічно важливим для економічної стабільності Ефіопії та добробуту місцевих аграріїв. Ключовою особливістю культивування цієї культури є висока потреба в трудових ресурсах, що зумовлено схильністю насіння до розтріскування, особливо в період збиральних робіт [182].

Метою досліджень було установити економічну доцільність вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту на насіння залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся. Розрахунки показують, що олійні культури потребують значних виробничих витрат на вирощування насіння. Так, серед олійних культур, що вивчали у дослідках,

найменш затратним був амарант – 18237–20237 грн/га. При цьому показник витрат залежав від сорту та основного обробітку ґрунту. У сорту Лера за оранки спостерігали більші витрати, ніж у сорту Студентський. Різниця становила 100 грн/га. За проведення мінімального обробітку ґрунту виробничі витрати у сортів Лера та Студентський знижувалися порівняно з оранкою на 1900 грн/га.

Незалежно від сорту гарбуза голозерного витрати на виробництво насіння на фоні звичайної оранки становили 24487–25087 грн/га, а за Mini-till відповідно 22587–23187 грн/га. Більш затратним порівняно із сортом Ольга був сорт Гляйсдорфер Олькюрбіс, перевищення становило 600 грн/га за рахунок збільшення ціни на посівний матеріал (рис. 5.7).

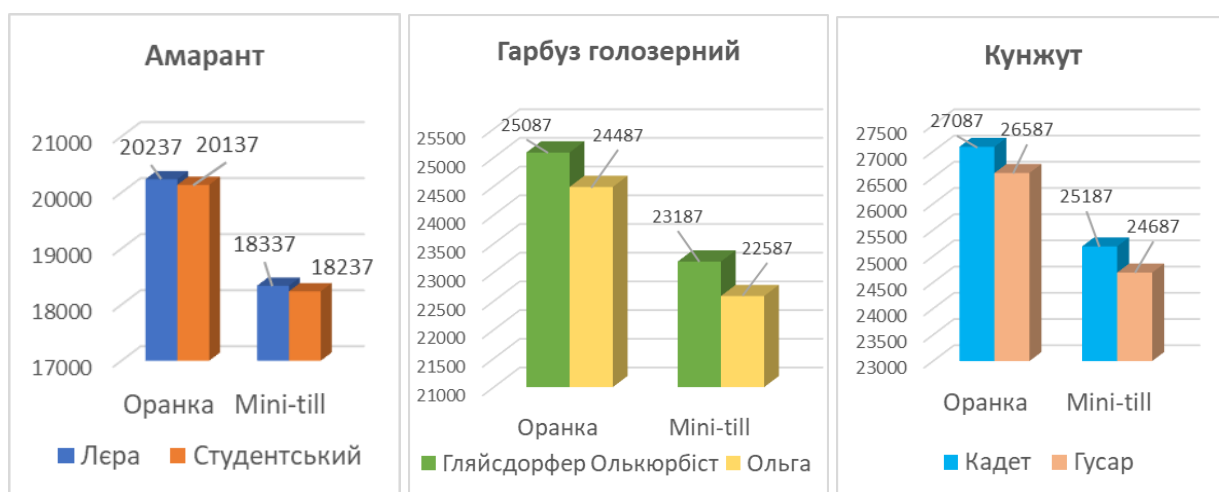


Рис. 5.7. Виробничі витрати на вирощування насіння сортів амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту, грн/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Вирощування кунжуту індійського потребує найбільших виробничих витрат. Так, за проведення звичайної оранки витрати становили в середньому за роки досліджень для сорту Кадет – 27087 грн/га, а для сорту Гусар відповідно 26587 грн/га. За проведення мінімального обробітку на 4–6 см (Mini-till) сума витрат знижувалася до 25187 грн/га (сорт Кадет) і 24687 грн/га (сорт Гусар). У структурі витрат найбільшу питому вагу становили мінеральні добрива $N_{81}P_{40}K_{84}$ (13250 грн), паливно-мастильні матеріали (2650 грн.) та машини і обладнання (2400 грн.).

Установлено, що на економічну ефективність олійних культур впливає рівень врожайності насіння, показник виробничих витрат на вирощування насіння, реалізаційна ціна на продукцію. Економічна оцінка, зокрема, амаранту показує його суттєву вигідність завдяки високій врожайності, стійкості до посухи та універсальному застосуванню (зерно, олія, зелена маса, макуха). Сорти амаранту забезпечили високу для умов Полісся врожайність насіння, яка коливалася у дослідях від 0,58 т/га до 0,86 т/га. Середня реалізаційна ціна 1 т насіння амаранту на сьогодні становить 40,0 тис. грн., що забезпечило високу вартість продукції амаранту – 23200–34400 грн. Виробничі витрати на вирощування насіння амаранту обох сортів були близькими і становили на фоні оранки 31,2–34,4 тис. грн/га, а за мінімального обробітку ґрунту 23,2–26,4 тис. грн/га (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Економічна ефективність вирощування амаранту залежно від сорту, обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,78	31,200	19,975	11,23	25,61	156,20
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	34,400	20,237	14,16	23,53	169,99
	Студент- ський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	31,600	19,875	11,73	25,16	159,00
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	34,400	20,137	14,26	23,41	170,83
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,58	23,200	18,075	5,13	31,16	128,36
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,66	26,400	18,337	8,06	27,78	143,98
	Студент- ський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,59	23,600	17,975	5,63	30,47	131,30
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,65	26,000	18,237	7,76	28,06	142,57

Найбільший умовно чистий прибуток від амаранту отримано також за звичайної оранки та внесення мінеральних добрив – 11,23–14,26 тис. грн/га. Проведення мінімального обробітку ґрунту знижувало даний показник до 5,1–8,06 тис. грн/га. Рівень рентабельності був найвищим на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га і становив за оранки – 169,99–170,83 %, а за Mini-till відповідно – 142,57–142,98 %. Собівартість 1 т насіння амаранту знаходилася за варіантами дослідів в межах від 23,41 до 31,16 тис. грн.

Результати досліджень свідчать, що в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів Полісся гарбуз голозерний здатний забезпечити значну врожайність насіння – 0,56–0,89 т/га та прибутковість (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Економічна ефективність вирощування гарбуза голозерного залежно від сорту, обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрєння (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Гляйсдорфер Олжторбіс	$N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон)	0,81	68,850	24,825	44,03	30,65	277,34
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,89	75,650	25,087	50,56	28,19	301,55
	Ольга	$N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон)	0,65	55,250	24,225	31,03	37,27	228,07
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,78	66,300	24,487	41,81	31,39	270,76
Mini-till	Гляйсдорфер Олжторбіс	$N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон)	0,60	51,000	22,925	28,08	38,21	222,46
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,67	56,950	23,187	33,76	34,61	245,61
	Ольга	$N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон)	0,56	47,600	22,325	25,28	39,87	213,21
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,62	52,700	22,587	30,11	36,43	233,32

Враховуючи те, що середня ціна реалізації 1 т насіння наразі становить 85,0 тис. грн., вартість продукції гарбуза голозерного з одного гектара досить висока і становить за варіантами дослідів від 47,6 до 75,65 грн. Виробничі витрати на вирощування сортів гарбуза за оранки становили 24,225–25,087 тис. грн., а за мінімальної обробки ґрунту – 22,325–23,187 тис. грн. Найбільший умовно чистий прибуток від вирощування гарбуза становив у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс на фоні оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 50,56 тис. грн/га. Сорт Ольга забезпечив при цьому 41,81 тис. грн/га. За мінімальної обробки ґрунту спостерігали значне зменшення умовно чистого прибутку до 33,76 тис. грн/га (сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс) та 30,11 тис. грн/га (сорт Ольга). Собівартість 1 т насіння становила 28,19–39,87 тис. грн. Рівень рентабельності вирощування сортів гарбуза був значно вищим, ніж у амаранту. Найвищий рівень рентабельності відмічено у сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс на удобрених ділянках за оранки, який становив 277,34–301,55%. Сорт Ольга забезпечив відповідно 228,07–270,76%. За мінімальної обробки ґрунту рентабельність становила для обох сортів 213,21–245,61%.

Установлено, що економічна оцінка кунжуту індійського була аналогічною щодо попередніх культур і також залежала від рівня врожайності насіння, виробничих витрат на вирощування насіння, реалізаційної ціни на отриману продукцію тощо. Однак, доцільно відмітити, що саме кунжут індійський виявився найбільш прибутковою і рентабельною культурою. Врожайність насіння кунжуту була найбільш оптимальною для обох сортів на удобрених ділянках за проведення звичайної оранки ґрунту на 18 см і становила 1,14–1,28 т/га. За мінімальної обробки ґрунту врожайність зменшилася до 0,74–0,86 т/га.

Середня ціна реалізації 1 т насіння кунжуту висока і становить за даними 2025 року 120,0 тис. грн. Вартість отриманого врожаю насіння кунжуту становила 136,8–153,6 тис. грн. на фоні оранки і удобрення, а на фоні Mini-till відповідно – 88,8–103,2 тис. грн.

Виробничі витрати на вирощування насіння кунжуту сорту Кадет становили за оранки і удобрення 26,825–27,087 тис. грн/га, а сорту Гусар – 26,325–26,587 тис. грн/га. За мінімального обробітку ґрунту ці показники зменшилися до 24,925–25,187 тис. грн/га (сорт Кадет) та 24,425–24,687 тис. грн/га у сорту Гусар. У дослідях отримано високий умовно чистий прибуток, який незалежно від факторів, що вивчали у дослідях, знаходився в межах від 63,88 до 126,51 тис. грн/га. Собівартість 1 т насіння сорту Кадет становила 21,16–22,54 тис. грн. за оранки та удобрення, а сорту Гусар відповідно 21,27–23,09 тис. грн. За Mini-till ці показники підвищувалися (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Економічна ефективність вирощування кунжуту залежно від сортових особливостей, обробітку ґрунту та удобрення, (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,19	142,800	26,825	115,98	22,54	532,34
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,28	153,600	27,087	126,51	21,16	567,06
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,14	136,800	26,325	110,48	23,09	519,66
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,25	150,000	26,587	123,41	21,27	564,19
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	88,800	24,925	63,88	33,68	356,27
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,84	100,800	25,187	75,61	29,98	400,21
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	88,800	24,425	64,38	33,01	363,56
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	103,200	24,687	78,51	28,71	418,03

Рівень рентабельності вирощування насіння кунжуту коливався за варіантами дослідів від 356,27 до 567,06%. Максимальний рівень рентабельності встановлено у сорту Кадет на варіанті з внесенням N₈₁P₄₀K₈₄

(фон) та позакореневим підживленням рослин кунжуту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 567,06%, що на 34,72% більше порівняно із використанням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон).

Висновки до розділу 5:

1. Встановлено, що застосування технології Mini-till (мілкий обробіток на 4–6 см) у посівах амаранту забезпечує зниження сумарних енергетичних затрат на 4,9% порівняно з традиційною оранкою (до 9072,6 МДж/га), переважно завдяки скороченню енергоємності операцій з обробітку ґрунту на 51,5%. Проте структура енергетичного балансу залишається критично залежною від антропогенних чинників – мінеральних добрив та паливно-мастильних матеріалів, які сумарно акумулюють понад 88% усіх затрат, що вказує на необхідність подальшої оптимізації системи живлення для підвищення енергетичної автономності культури.
2. Енергетичний аналіз традиційної технології вирощування гарбуза голозерного (оранка на 18 см) демонструє високу сумарну енергоємність на рівні 9468,85 МДж/га. Структура витрат характеризується жорсткою залежністю від зовнішніх ресурсів: 60,91% енергії акумульовано в мінеральних добривах, а 33,52% припадає на механізовані операції та паливно-мастильні матеріали. Специфічною рисою є наявність частки живої праці (2,03%), що зумовлено особливостями догляду та збирання культури. Такий розподіл енергії свідчить про інтенсивний характер виробництва, де високі витрати на глибокий обробіток ґрунту та мінеральне живлення створюють значне навантаження на собівартість продукції.
3. Аналіз енергетичних затрат на вирощування кунжуту за традиційною технологією (оранка на 18 см) свідчить про високу ресурсну інтенсивність виробництва із сумарними витратами на рівні 9545,35 МДж/га. Пріоритетною статтею витрат є мінеральне живлення та біостимуляція ($N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс), що акумулюють 60,42% енергетичного

бюджету, підкреслюючи високу вибагливість культури до агрохімічного фону. Суттєва частка енергії витрачається на механізовані операції – паливно-мастильні матеріали (23,71%) та безпосередньо обробіток ґрунту (9,55%), що обумовлено енергоємністю полицевої оранки для створення оптимального ложа для дрібнонасінної культури. За низької питомої ваги витрат на посівний матеріал (0,25%) та стабільних показників амортизації техніки (6,08%), традиційна модель вирощування кунжуту залишається енергозалежною від промислових ресурсів, що визначає необхідність пошуку шляхів оптимізації через мінімізацію обробітку ґрунту.

4. Впровадження технології Mini-till (мілкий обробіток на 4–6 см) при вирощуванні кунжуту забезпечує оптимізацію загального енергобалансу до рівня 9056,2 МДж/га, що на 489,15 МДж/га менше порівняно з традиційною оранкою. Основним джерелом енергозбереження є радикальне скорочення витрат на безпосередній обробіток ґрунту – з 9,55% до 4,87% (у грошовому еквіваленті до 442,0 МДж/га), що дозволяє знизити тяговий опір техніки без втрати якості передпосівної підготовки. При цьому структура витрат демонструє зростання частки мінерального живлення та біостимуляції до 63,55%, що підтверджує перехід до інтенсивної ресурсощадної моделі, де економія на механічних операціях супроводжується збереженням високого рівня агрохімічного впливу для забезпечення стабільної врожайності дрібнонасінної культури
5. Економічна ефективність вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту є багатофакторною і залежить від обґрунтованого вибору та впровадження адаптованих і ресурсозберігаючих технологій, які забезпечують високу врожайність насіння за оптимальних виробничих витрат. Не дивлячись на підвищені виробничі витрати на вирощування, але завдяки значній врожайності та високій реалізаційній ціні за одну тону насіння (амарант – 40 тис. грн.; гарбуз – 85 тис. грн.; кунжут – 120 тис. грн.) можливо отримувати високий умовно чистий прибуток від сучасних сортів. Сорти амаранту Лера і Студентський забезпечили на оптимальному

варіанті 14,16–14,26 тис. грн/га умовно чистого прибутку з рівнем рентабельності 170%. Сорти гарбуза Гляйсдорфер Олжурбіс і Ольга забезпечили відповідно 50,56–41,81 тис. грн/га умовно чистого прибутку з рівнем рентабельності 301–270%. Найвищий прибуток отримано від сортів кунжуту Кадет і Гусар – 126,51–123,41 тис. грн/га з рівнем рентабельності 567–564%.

Список посилань на літературу до розділу 5: 67, 78, 98, 109, 182, 185.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано інноваційні методи дослідження біології росту амаранту, голозерного гарбуза та кунжуту індійського за міжнародною шкалою BBCH, а також розроблено шляхи оптимізації основних елементів їх вирощування на насіння з метою виробництва олій в умовах Полісся.

1. Тривалість вегетації амаранту залежала від метеорологічних умов та агротехніки: у посушливому 2024 році вона становила 100–103 доби, а в перезволоженому 2025-му зросла до 124–130 діб. Сорт Студентський виявився на 3–4 доби пізньостиглішим за сорт Лєра. Позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) подовжувало вегетацію на 5–11 діб, активізуючи фази інтенсивного росту (BBCH 11–50) та наливу насіння (BBCH 61–97).
2. Вегетаційний період гарбуза голонасінного варіював у межах 124–152 доби. У вологому 2025 році він тривав у середньому 147 діб, що на 12 діб довше, ніж у посушливому 2023-му. Застосування препарату Фулвіт Баланс подовжило вегетацію в середньому на 6,9 доби (зі 135,7 до 142,6 доби), зокрема фазу наливу насіння у сортів Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга до 138–146 діб. Найбільша пролонгація зафіксована на етапах бутонізації (BBCH 46–50) та цвітіння-наливу (BBCH 51–70), що сприяло вищій виповненості насіння та накопиченню олії.
3. Вегетація кунжуту сортів Кадет і Гусар тривала 117–144 доби, досягаючи максимуму у 2025 році. Технологія Mini-till сприяла стабілізації періоду посів-поява сходів та подовжила фазу бутонізації до 19–23 діб (на 40–50% порівняно з оранкою). Підживлення рослин добривом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні оранки пролонгувало період цвітіння-наливу (BBCH 51–70) на 3–5 діб. Сорт Кадет виявився найбільш пластичним за оранки з підживленням (134–144 доби вегетації), тоді як Гусар продемонстрував вищу стабільність розвитку за умов Mini-till.

4. Висота рослин амаранту залежала переважно від обробітку ґрунту та удобрення: традиційна оранка забезпечила приріст на 22,6 см порівняно з Mini-till, а підживлення препаратом Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ збільшило висоту рослин в середньому на 19,4 см. Сортові відмінності (Лера та Студентський) на цей параметр суттєво не вплинули.
5. На висоту кунжуту в умовах Полісся впливали обробіток ґрунту, живлення та сортові особливості. Оранка забезпечила приріст на 11,1 см відносно Mini-till. Сорт Кадет виявився вищим за сорт Гусар у середньому на 3,4 см. Позакореневе підживлення рослин добривом Фулвіт Баланс нівелювало недоліки мінімального обробітку, додавши 11,5 см до висоти рослин. Максимальний показник (119,4 см) зафіксовано у сорту Кадет за поєднання оранки та повної системи удобрення.
6. Площа листової поверхні гарбуза найбільше залежала від обробітку ґрунту та удобрення. Оранка забезпечила перевагу над Mini-till на 3,8 тис. $m^2/га$. Підживлення препаратом Фулвіт Баланс додало ще 2,5–3,0 тис. $m^2/га$, компенсуючи недоліки мінімального обробітку. Сорт Гляйсдорфер Олкюрбіс виявився найбільш стабільним на фоні Mini-till, а максимальний показник (33,0 тис. $m^2/га$) отримано за поєднання оранки та стимуляції росту рослин фульвокислотами.
7. На дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах Полісся сорти амаранту Лера і Студентський забезпечують високу врожайність насіння та вихід олії. Максимальна врожайність насіння отримана на варіанті $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га за звичайної оранки на 18 см, яка становила у сортів Лера і Студентський – 0,86 т/га. Оранка є ефективнішою за Mini-till (4–6 см), оскільки підвищує врожайність на 0,2 т/га (до 0,78–0,86 т/га).
8. Маса 1000 насінин амаранту коливалася в межах 0,74–0,81 г. Масова частка олії у перерахунку на суху речовину становила за оранки та внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у сорту Лера – 6,50%, а у сорту Студентський відповідно 6,56%, що перевищує варіант з внесенням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) на 0,63 і 0,56%. Середній вихід

амарантової олії на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ становив 36,73 л/га. А на варіанті Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га середній показник зріс до 44,70 л/га. Додаткове позакореневе підживлення препаратом Фулвіт Баланс забезпечило приріст виходу олії в середньому на 7,97 л/га (або +21,7%).

9. Застосування Фулвіт Баланс на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ стабільно стимулювало формування суцвіть амаранту. За оранки довжина волоті сорту Лера зросла з 52,7 до 61,3 см, а сорту Студентський – з 52,9 до 64,5 см. Попри абіотичний вплив, найкращі показники зафіксовано у 2024 році (сорт Студентський – 68,7 см), тоді як у менш оптимальному 2025 році ефективність добрива (0,5 л/га) також залишалася високою. Позакореневе підживлення рослин амаранту сорту Студентський за оранки забезпечило максимальну масу насіння з однієї рослини – 13,0 г (+1,0 г до фону $N_{81}P_{40}K_{84}$). За Mini-till та використання Фулвіт Балансу показники маси насіння з однієї рослини були практично тотожними – 11,1 г у сорту Лера та 11,2 г у сорту Студентський.
10. Сорти гарбуза голозерного (Гляйсдорфер Олжурбіс та Ольга) позитивно реагували на вдосконалення елементів технології вирощування. Оранка на 18 см забезпечила врожайність насіння 0,65–0,89 т/га, тоді як за Mini-till (4–6 см) показники становили 0,56–0,67 т/га. Найпродуктивнішим виявився сорт Гляйсдорфер Олжурбіс із урожайністю 0,81–0,89 т/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га). Врожайність насіння сорту Ольга за цих умов становила 0,65–0,78 т/га.
11. Маса 1000 насінин гарбуза різнилася між варіантами і становила для сорту Гляйсдорфер Олжурбіс – 192,89–222,78 г, а для сорту Ольга – 181,56–208,67 г. Найвищу індивідуальну продуктивність гарбуза щодо маси насіння з однієї рослини зафіксовано у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс за оранки – 401,1 г. Перехід на Mini-till за ідентичного удобрення призвів зниження показника до 369,1 г (різниця становить 32,0 г). Масова частка олії у гарбуза голозерного становила 33,89–46,22% з максимумом у сорту Гляйсдорфер Олжурбіс. У сорту Ольга за

оранки вміст олії склав 35,22–40,11%, що на 0,45–1,33% перевищує показники Mini-till. Умовний вихід олії варіював у межах 261,87–379,81 л/га, найвищі значення забезпечив сорт Гляйсдорфер Олжурбіс за оранки та підживлення $N_{81}P_{40}K_{84}$ + Фулвіт Баланс (0,5 л/га).

12. Незалежно від сорту та удобрення середня врожайність насіння кунжуту варіювала в межах 1,14–1,28 т/га за проведення оранки та 0,74–0,86 т/га мінімального обробітку. Врожайність сортів відрізнялася між собою незначно, особливо на фоні Mini-till. На фоні оранки та удобрення приріст урожаю насіння у сорту Кадет становив 0,3–0,5 ц/га порівняно із сортом Гусар. Найбільша врожайність насіння отримана за внесення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га у позакореневе підживлення, яка становила 1,28 т/га (сорт Кадет) і 1,25 т/га (сорт Гусар).
13. Маса 1000 насінин кунжуту варіювала в межах 2,02–2,57 г із найбільшою залежністю від живлення $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га. Вміст олії у насінні, зумовлений сортовими особливостями та добривами, становив 50,52–56,90%. Умовний вихід олії, що залежав від способу обробітку ґрунту, біології сорту та удобрення, завдяки вдосконаленню технології досяг 341,72–650,03 л/га.
14. Застосування Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ суттєво підвищило формування коробочок на рослинах кунжуту. У сорту Кадет кількість коробочок зросла з 83,8 до 96,0 шт. (+14,6%), з максимальним приростом у 2024 році (+16,5 шт.). Сорт Гусар продемонстрував зростання середньої кількості коробочок з 82,3 до 91,2 шт. (+8,9 шт.). Аналіз маси насіння з однієї рослини кунжуту у надмірно вологому 2025 році показник знизився до 9,24 г, що на 20,3% менше порівняно з продуктивним 2024 роком (11,59 г). Позакореневе підживлення підвищило масу насіння на 12,9% (з 9,91 до 11,18 г). Кореляційний аналіз за 2023–2025 рр. підтвердив дуже сильний прямий зв'язок ($r=0,975$) між кількістю коробочок та масою насіння кунжуту. Згідно з рівнянням регресії ($y=0,1102x+1,32$), кожна додаткова коробочка забезпечує

приріст маси насіння на 0,11 г. Коефіцієнт детермінації ($R^2=0,95$) доводить, що 95% варіації маси насіння зумовлено кількістю коробочок, і лише 5% – іншими факторами (виповненість, маса 1000 насінин).

15. Усі зразки олій з насіння дослідних культур відповідають вимогам ДСТУ за кислотним числом (до 4,0 мг КОН/г). Найвищу стійкість до окиснення виявив кунжут сорту Кадет (2,8 мг КОН/г) завдяки природним інгібіторам. За показником пероксидного числа найбільш стабільними виявилися кунжут і гарбуз сорту Гляйсдорфер Олжурбіс (0,8–2,8 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг). Натомість олії амаранту та гарбуза сорту Ольга через високе пероксидне число (понад 10,0 ммоль $\frac{1}{2}$ О/кг) схильні до швидкого прогоркання.
16. Лабораторний аналіз підтвердив високу біологічну цінність олій: вміст ненасичених жирних кислот склав 80,0% у гарбуза та до 88,3% в амаранті. У гарбузовій олії виявлено сортову специфіку: Гляйсдорфер Олжурбіс є лінолевим типом (57,2%), тоді як сорт Ольга має вищий вміст олеїнової кислоти (37,1%) та кращу стійкість до окиснення. Вміст пальмітинової кислоти сягає 12,2%, що зумовлює фармакологічну цінність обох сортів. Олія амаранту (Лера, Студентський) – це стабільний високоненасичений ліпідний комплекс, де переважає лінолева кислота (58,3–58,7%) та низький вміст насичених жирів (~10,5%). Сортіві розбіжності незначні, що робить її уніфікованим дієтичним продуктом.
17. Кунжутна олія (сорті Кадет і Гусар) є збалансованою системою з 18 ідентифікованих жирних кислот із оптимальним співвідношенням олеїнової та лінолевої кислот (1:1). Сорт Гусар додатково містить 2,35% ліноленової кислоти (Омега-3). Наявність бегенової та докозагексанової кислот разом із антиоксидантами забезпечує високу стійкість до окиснення. За рівнем загальної ненасиченості досліджувані культури утворюють наступний ранжований ряд: амарант > кунжут > гарбуз.

Виявлена сортова диференціація дозволяє підбирати сировину для отримання олій із конкретним функціональним профілем.

18. Енергетична оцінка вирощування сортів амаранту підтвердила перевагу традиційної оранки та удобрення, що забезпечили коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,64–1,80. У гарбуза сорту Гляйсдорфер Олкюрбіс прихід енергії з урожаєм зріс із 20250 до 22250 МДж, а енергетичний коефіцієнт збільшився з 2,14 до 2,35. Сорт Ольга продемонстрував зростання приходу енергії з 16250 до 19500 МДж, при цьому чистий приріст енергії піднявся до 10031,15 МДж/га, а енергетичний коефіцієнт – з 1,72 до 2,06. Завдяки ефективному використанню ресурсів технології вирощування енергетичний коефіцієнт кунжуту сорту Кадет зріс із 2,94 до 3,16, а сорту Гусар відповідно від 2,82 до 3,09.
19. Економічна ефективність вирощування досліджуваних культур зумовлена високою врожайністю та ринковою ціною насіння (амарант – 40 тис. грн/т, гарбуз – 85 тис. грн/т, кунжут – 120 тис. грн/т). За удосконалення елементів технології вирощування амарант обох сортів (Лера, Студентський) забезпечив умовно чистий прибуток у межах 14,16–14,26 тис. грн/га з рівнем рентабельності 170%. Гарбуз голозерний (Гляйсдорфер Олкюрбіс, Ольга) сприяє отриманню умовно чистого прибутку від 41,81 до 50,56 тис. грн/га за рентабельності 270–301%. Найвищий умовно чистий прибуток отримано від сортів кунжуту Кадет і Гусар – 126,51–123,41 тис. грн/га з рівнем рентабельності 567–564%.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. В умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів Полісся рекомендуємо застосовувати під амарант, гарбуз голозерний та кунжут традиційну оранку на 18 см, яка забезпечує найвищий умовно чистий прибуток і рівень рентабельності порівняно з технологією Mini-till на 4-6 см.
2. Усі сорти досліджуваних культур придатні для вирощування на насіння в умовах Полісся, однак доцільно обирати сорти з найвищою адаптивністю і потенціалом урожайності, це сорт амаранту Студентський, сорт гарбуза голозерного Гляйсдорфер Олкюрбіс та сорт кунжуту індійського Кадет.
3. Для досягнення максимальної врожайності амаранту (0,78–0,86 т/га), гарбуза голозерного (0,65–0,89 т/га) та кунжуту (1,14–1,28 т/га) необхідно проводити позакореневе підживлення рослин у фазі бутонізації ВВСН 30-35 органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс (0,5 л/га) на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$.
4. Для отримання високоякісних олій із заданим функціональним профілем ненасичених жирних кислот рекомендується використовувати сорти Студентський і Лера (амарант), Гляйсдорфер Олкюрбіс і Ольга (гарбуз), Кадет і Гусар (кунжут).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азотовмісний складник та жирнокислотний склад насіння різних сортів амаранту / Любич В. В., Кононенко Л. М., Полторецька Н. М. та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268938>
2. Аксьонов І. В., Кирпичова Н. М. Розглянемо особливості вирощування кунжуту з огляду на його біологічні особливості. *Зерно і хліб*. 2013. № 3. С. 45–48.
3. Амарант: селекція, генетика та перспективи вирощування : монографія / Т. І. Гопцій, М. Ф. Воронков, М. А. Бобро та ін. ; Харківський НАУ ім. В.В. Докучаєва. Харків : ХНАУ, 2018. 362 с. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/3111> (дата звернення: 25.01.2026).
4. Амарантова олія – якість та безпечність щодо використання як біологічно активної добавки / І. В. Левчук, В. А. Кіщенко, В. К. Тимченко та ін. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. № 2. С. 74–81.
5. Амінокислотний склад незнежиреного борошна кунжутного та перспективи його використання у виробництві органічних продуктів спеціального призначення / Я. В. Євчук, Л. М. Кононенко, В. І. Войтовська, С. О. Третьякова. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 41–48. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-41-48
6. Бородіна О. Сільське господарство України в умовах воєнного стану: уроки для суспільства і політиків. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=9288> (дата звернення: 25.01.2026).
7. Валентюк Н. О., Юркевич Е. О., Когут І. М. Елементи технології вирощування амаранту і післязбиральної обробки зерна амаранту. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 167–173. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.24>

8. Ведмедєва К. В., Білозуб А. С., Махова Т. В. Кластеризація колекції кунжуту за морфологічними ознаками. *Наук.-техн. бюл. Інституту олійних культур НААН*. 2025. Вип. 38. С. 18–27. DOI: 10.36710/IOC-2025-38-02
9. Ведмедєва К. В., Махова Т. В., Левченко В. І. Перспективи використання амаранту *Amaranthus caudatus* як олійної культури на Півдні України. *Наук.-техн. бюл. Інституту олійних культур НААН*. 2021. Вип. 31. С. 33–45. DOI: <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-31-04>
10. Ведута А. В. Продуктивність кунжуту залежно від способів сівби та норм висіву в умовах Степу України. *Бюл. Інституту зернового господарства НААН України*. 2010. № 39. С. 85–89.
11. Використання борошна кунжутного в технології хлібобулочних виробів спеціального призначення / Л. М. Кононенко, Я. В. Євчук, В. І. Войтовська, С. О. Третьякова. *Збірник наукових праць*. У.: УНУС, 2021. Вип. 98, ч. 1 : Агрономія. С. 299–306. DOI: 10.31395/2415-8240-2021-98-1-299-306
12. Вміст біохімічної складової в насінні кунжута залежно від його забарвлення / Л. М. Кононенко, Я. В. Євчук, В. І. Войтовська, С. О. Третьякова. *Збірник наук. праць Уманського нац. університету*. 2020. Вип. 97, ч. 1. С. 229–239. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-97-1-229-239
13. Вовк Г. О., Носенко Т. Т. Вплив параметрів ферментативної обробки на вихід пресової гарбузової олії та її властивості. *Наукові праці Нац. університету харчових технологій*. 2023. Т. 29, № 1. С. 108–118. DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-1-10
14. Вплив сортових особливостей на формування хімічних складових насіння кунжуту / Л. М. Кононенко, Я. В. Євчук, С. О. Третьякова, В. П. Кошовий. *Новітні агротехнології*. 2020. № 8. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.231237>
15. Гопцій Т. І. Амарант: біологія, вирощування, перспективи використання, селекція : монографія. Харків, 1999. 273 с.

16. Гопцій Т. І. Польова схожість насіння амаранту залежно від агроєкологічних факторів. *Вісник Сумського нац. аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2004. Вип. 6. С. 84–87.
17. Гопцій Т. І., Воронков М. Ф., Попов В. М. Кореляційна залежність між ознаками у деяких зернових видів амаранту. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 54–60.
18. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко А. О. Методи біологічних і агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів : навч. посібник / за ред. З. М. Грицаєнко. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.
19. Гудковська Н. Б. Жирнокислотний склад зерна амаранту, вирощеного в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Львівського нац. аграрного університету*. 2017. № 21. С. 76–84.
20. Гудковська Н. Б., Гопцій Т. І. Вплив строків сівби на схожість насіння амаранту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Сер.: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2016. № 1. С. 195–204.
21. Гудковська Н. Б., Гопцій Т. І. Урожайність зерна амаранту залежно від строків та способів сівби в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Сер.: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2018. № 2. С. 112–124.
22. Гуменюк М. М., Неміш Д. В. Забезпечення сталого розвитку малих фермерських господарств в умовах воєнного стану. *Вісник аграр. науки*. 2024. № 10. С. 76–83. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2024_10_12 (дата звернення: 25.01.2026).
23. Гусєв М. Г., Войташенко Д. П. Продуктивність амаранту зернового напрямку залежно від способу сівби та норми висіву. *Зрошуване землеробство*. 2006. Вип. 46. С. 109–112.
24. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік / Український інститут експертизи сортів рослин. URL:

<https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 25.01.2025).

25. Дзюндзя О. В., Велнечук О. О. Дослідження різних сортів гарбуза для використання у харчовій промисловості. *Таврійський науковий вісник. Сер. Технічні науки*. 2024. Вип. 6. С. 174–180. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.19>
26. Динько О. П., Штонда О. А. Дослідження властивостей борошна з насіння гарбуза для варених ковбасних виробів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 2(52), ч. 3. С. 214–217.
27. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.
28. ДСТУ 4287: 2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-01-07]. Київ, 2004. 22 с. (Інформація та документація).
29. ДСТУ 4289: 2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005-01-07]. Київ, 2004. 22 с. (Інформація та документація).
30. ДСТУ 4405: 2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору та калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2006-01-77]. Київ, 2005. 22 с. (Інформація та документація).
31. ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначання пероксидного числа. [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 9 с. (Національний стандарт України).
32. ДСТУ 4603:2006. Олії. Методи визначення масової частки вологи та летких речовин. З Поправкою (ІПС № 6-2006). [Чинний від 2008-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 10 с. (Національний стандарт України).
33. ДСТУ 5046:2008. Насіння кавуна, дині, гарбуза. Технологія вирощування. [Чинний від 2009-01-10]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 16 с. (Національний стандарт України).

34. ДСТУ 7012:2009. Кунжут. Технічні умови. [Чинний від 2010-01-01]. Київ, 2010. (Інформація та документація).
35. ДСТУ 7213:2011. Зерно амаранту. Технічні умови. [Чинний від 2012-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 12 с. (Національний стандарт України).
36. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-01-04]. Київ, 2014. (Інформація та документація).
37. ДСТУ 7863: 2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-01-07]. Київ, 2015. (Інформація та документація).
38. ДСТУ 8347: 2015. Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА ім. Соколовського. [Чинний від 2017-01-07]. Київ, 2015. (Інформація та документація).
39. ДСТУ EN ISO 660:2019. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення кислотного числа та кислотності (EN ISO 660:2009, IDT; ISO 660:2009, IDT). [Чинний від 2019-01-09]. Київ : Держспоживстандарт, 2018. 18 с. (Національний стандарт України).
40. ДСТУ ISO 520: 2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT). [Чинний від 2016-01-07]. Київ, 2015. (Інформація та документація).
41. ДСТУ ISO 5508:2001. Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT). [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2001. 14 с. (Національний стандарт України).
42. ДСТУ ISO 659:2007. Насіння олійне. Визначення вмісту олії (контрольний метод). [Чинний від 2007-07-27]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. (Інформація та документація).
43. ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT). [Чинний від 2009-01-10]. Київ, 2007. (Інформація та документація).

44. Дубініна А., Летута Т., Томашевська Р. Порівняльна оцінка якості господарсько-ботанічних сортів гарбуза. *Товари і ринки*. 2011. Вип. 1. С. 132–139.
45. Дудка М. І. Вплив способу сівби, норми висіву і рівня мінерального живлення на продуктивність амаранту волотистого. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Вип. 11, № 1. С. 23–32. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.023>
46. Енергетична оцінка агроєкосистем : навч. посібник / О. Ф. Смаглій, А. С. Малиновський, А. Т. Кардашов та ін. Житомир : Волинь, 2004. 132 с.
47. Ефективність використання морфометричного аналізу для ідентифікації сортів гарбуза / В. І. Троценко, Г. О. Жатова, І. М. Коваленко та ін. *Вісник Сумського нац. аграр. Університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2023. Вип. 1(51). С. 120–128. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.14>
48. Ефективність вирощування амаранту в умовах зони Полісся / О. І. Савчук, В. В. Гуреля, Н. А. Кошицька, А. Г. Блек. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2016. Вип. 9. С. 36–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/avpol_2016_9_9 (дата звернення: 25.01.2026).
49. Жири у виробництві харчової продукції : монографія / Л. З. Шильман та ін.; під заг. ред. Л. З. Шильмана. Суми : Університетська книга, 2016. 278с.
50. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. Київ : Мета, 2002. 495 с.
51. Каращук Г. В., Ільчук В. Т., Казанок О. О. Вплив ширини міжрядь та фону живлення на приріст абсолютно-сухої біомаси рослин і урожайність сортів гарбуза столового на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 142, ч. 1. С. 78–86. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.11>
52. Кірілеско О. Л., Строяновський В. С. Основи метрології, стандартизації, сертифікації та управління якістю : навч. посібник. Вінниця ; Кам'янець-Подільський : Медобори–2006, 2016. 480 с.

53. Книш В. Технологія вирощування гарбуза голонасінного. *Пропозиція*. 2023. 16 травня. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi/tekhnolohiya-vyroshchuvannya-harbuza-holonasinnoho> (дата звернення: 25.01.2026).
54. Кобзева Д. О., Лях В. О. Схожість та якість насіння кунжуту різних років вирощування. *Наук.-техн. бюл. Інституту олійних культур НААН*. 2014. Вип. 20. С. 112–117. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2014_20_16. (дата звернення: 21.12.2025).
55. Ковбасюк П. Кунжут в інтенсифікації кормовиробництва. *Пропозиція*. 2002. № 10. С. 25–27.
56. Когут І. М., Мішин С. М., Когут С. Г. Вплив строків сівби на умови росту, розвитку та продуктивність рослин амаранту в умовах Південного Степу. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2016. Вип. 79. С. 35–40.
57. Кокойко В. В. Продуктивність і якість плодів різних сортів гарбуза в умовах органічного овочівництва. *Наук. доповіді Нац. університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_1_8.pdf. (дата звернення: 21.12.2025).
58. Кононенко Л. М. Формування продуктивності амаранту залежно від строків сівби у Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470>
59. Кононенко Л.М. Фізіолого-біохімічна оцінка насіння кунжуту залежно від різного ступеня травмування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 107. Ч. 1. С. 399–409. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-107-1-399-409
60. Краснєнков С. В., Дудка М. І., Черенкова Т. П. Вплив норм мінеральних добрив на насінневу продуктивність амаранту. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 103–106.

61. Красняк О. П., Довгань Ю. В. Маркетингова оцінка напрямків інвестиційно-інноваційної активності підприємств олійно-жирового підкомплексу. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 12. С. 42–46.
62. Литовченко Л. В., Брюхович Д. С. Особливості управління економічною поведінкою підприємств-виробників олійних культур. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022. Т. 7, № 4. С. 140–144. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2022-4-20>
63. Литовченко Л., Хлопоніна-Гнатенко О., Михайленко В. Фактори впливу на формування економічної поведінки підприємств з виробництва та переробки продукції олійних культур. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. № 2. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-2>
64. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському господарстві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
65. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посібник / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
66. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища шк., 1994. 425 с.
67. Мойсієнко В. В., Безкоровайний В. М. Економічна оцінка елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4(35). С. 17–28. DOI: <http://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-2>
68. Мойсієнко В., Осадчук В. Оцінка елементів технологій вирощування амаранту на зерно в умовах Полісся України. *Корми і кормовий білок : матеріали XV Міжнар. наук. конф. (19–20 верес. 2023 р.)* / Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця, 2023. С. 52–55.
69. Мороз К. Кунжут Надія. *Пропозиція*. 2004. № 4. С. 53–54.

70. Назарчук О. П. Економічна ефективність сортової технології вирощування ромашки лікарської в умовах Полісся України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28. С. 221–231. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-1-16
71. Насіннєві якості амаранту залежно від умов зберігання / Н. О. Валентюк, Є. О. Юркевич, О. С. Дробіт та ін. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 9(858). С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202409-08>
72. Оптимізація технології хліба з використанням борошна гарбузового / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, В. В. Желєзна, В. В. Новіков. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 82–88. DOI: 10.31395/2310-0478-2022-1-82-88
73. Осадчук В.В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на онтоморфогенез амаранту. Сучасні аспекти раціонального землекористування : зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (06–07 листопада 2025). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 75–78.
74. Осадчук В. В. Інновації у вирощуванні амаранту: досвід фермерського господарства «ОСАДЧУК ФЕМІЛІ ЕНД ПАРТНЕРС». *Інноваційні технології в рослинництві та землеробстві* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (03–04 квітня 2025 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 217–221.
75. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування врожайності та вихід олії з насіння кунжуту в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103, № 12(873). С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202512-02>
76. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на врожайність гарбуза голонасінного. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 черв. 2023 р. Житомир : Поліський університет, 2023. С. 40–42.
77. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся. *Передгірне та гірське*

- землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(2). С. 30–39. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-2-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-2-3)
78. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Економічна оцінка вирощування амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного як олійних культур. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 4(18). С. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.09>
79. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Оптимізація елементів технології вирощування гарбуза голозерного для виробництва олії в умовах Полісся. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 14. С. 220–228. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.21>
80. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Особливості вирощування та добір сортів кунжуту за кліматичних змін. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. праць учасн. XI Міжнар. наук.-практ. конф. (23-24 травня 2024 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2024. С. 147–149.
81. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костоґриз. Київ : Дія, 2005. 288 с.
82. Особливості використання кунжутного борошна для виробництва кондитерських виробів оздоровчого призначення в закладах ресторанного господарства / Я. В. Євчук, В. В. Любич, В. І. Войтовська, Л. М. Кононенко. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi: 10.21498/na.9.2021.255039
83. Поляков О. І., Нікітенко О. В. Вплив агротехнічних умов вирощування на урожайність кунжуту сорту Надія в умовах півдня України. *Науково-технічний бюл. ІОК УААН*. 2005. Вип. 10. С. 172–178.
84. Поляков О. І., Нікітенко О. В. Формування продуктивності кунжуту під впливом агроприйомів вирощування в посушливих умовах степу України. *Наук.-техн. бюл. Інституту олійних культур НААН*. 2019. Вип. 28. С. 151–159. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpiok_2019_28_17
85. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І. А. Шевченко, О. І. Поляков, К. В. Ведмедева, І. Б. Комарова. Запоріжжя : Статус, 2017. 40 с.

86. Романчук Л. Д., Кравчук Т. В. Жирнокислотний та біохімічний склад насіння амаранту залежно від сорту та системи удобрення. *Вісник Сумського нац. аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2024. Т. 55, № 1. С. 138–143. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.18>
87. Саратовський В. В. Вирощування та застосування амаранту на Прикарпатті. *Наук. вісник Українського держ. лісотехнічного університету*. 2004. Вип. 14.8. С. 307–313.
88. Семен Д. Т. Гарбуз на насіння – прибуткова культура. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 1. С. 178–183.
89. Семен Д. Т. Особливості вирощування гарбуза на насіння у зрошуваних умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 81. С. 184–188.
90. Семен Д. Т. Технологія вирощування гарбуза великоплідного на насіння у зрошуваних умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80, ч. 2. С. 308–315.
91. Семен О. Екологічна та економічна ефективність вирощування гарбуза мускатного в умовах Півдня України. *Вісник Житомир. національного агроекол. університету*. 2014. № 2(1). С. 253–258. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2\(1\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2(1)_37) (дата звернення: 21.12.2025).
92. Сергієнко О. В. Особливості сучасної технології вирощування гарбуза на насіння. *Агроном*. 2017. № 1. С. 194–198.
93. Сергієнко О. Гарбуз на насіння. *Пропозиція*. 2017. № 11. С. 84–89.
94. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур : навч. посібник / О. Ф. Смаглій, О. А. Дереча, П. О. Рябчук та ін. Житомир : ДВНЗ «Держ. агроекол. університет», 2007. 488 с.
95. Технологія вирощування насіння гарбуза: науково-практичні рекомендації / О. В. Сергієнко, З. П. Ліннік, М. Б. Сергієнко та ін. Селекційне : ІОБ НААН, 2023. 20 с.

96. Тирусъ М. Л. Вплив гідротермічних умов на проходження фаз вегетації сортів амаранту залежно від норм добрив. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Вип. 2(47). С. 141–146. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.19>
97. Тирусъ М. Л. Вплив норми висіву на урожайність амаранту. *Вісник ЛНУП. Серія: агрономія*. 2023. № 27. С. 81–85. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.081>
98. Тирусъ М. Л. Економічна ефективність вирощування сортів амаранту в умовах Лісостепу Західного України. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 181–187. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187
99. Тирусъ М. Л. Сидеральна цінність зеленої маси сортів амаранту. *Вісник Сумського нац. аграр. університету. Сер. Агрономія і біологія*. 2025. Вип. 1(59). С. 128–133. DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.1.16>
100. Тирусъ М. Л. Урожайність зерна амаранту (*Amarantus hypochondriacus* L.) залежно від способу і глибини сівби, норми висіву та строків сівби в умовах Лісостепу Західного України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Т. 77, № 1. С. 122–135. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-11)
101. Тирусъ М. Л. Урожайність зерна амаранту (*Amarantus Hypochondriacus*) залежно від способу та глибини сівби в умовах Західного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 141(2). С. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.14>
102. Тирусъ М. Л. Урожайність зерна амаранту залежно від глибини сівби. *Корми та кормовиробництво*. 2025. Вип. 99. С. 77–85. DOI: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202599-07>
103. Тирусъ М. Л. Формування врожайності зерна амаранту залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(4). С. 71–76. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.13>

104. Тирусь М. Л., Лихочвор В. В. Урожайність амаранту залежно від сорту та норми висіву в умовах достатнього зволоження. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73(1). С. 88–105. DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-1-6
105. Тирусь М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М. Вміст жирних кислот в олії сортів амаранту за вирощування в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76(2). С. 91–101. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-2-9](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-2-9)
106. Тирусь М. Л., Лихочвор В. В., Оліфір Ю. М. Зелена маса амаранту як альтернатива мінеральних добрив. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75(1). С. 120–131. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-11)
107. Тирусь М. Продуктивність амаранту зернового залежно від сорту та рівнів удобрення. *Вісник Львівського нац. університету природокористування. Сер. Агрономія*. 2022. № 26. С. 77–80. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.077>
108. Фізико-хімічні властивості зерна амаранту залежно від сорту та вологості / В. В. Любич, О. П. Манзій, В. І. Войтовська, Н. М. Климович. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 1. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.275736>
109. Філіпов Є. Г. Економічна ефективність елементів технології вирощування сафлору красильного в умовах зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2014. Вип. 87. С. 91–96.
110. Формування продуктивності сортів амаранту в Правобережному Лісостепу України за дії абсорбенту МахіМарін / В. В. Яценко, Н. В. Яценко, С. В. Рогальський та ін. *Plant Varieties Studying and protection*. 2023. Т. 19, № 4. С. 262–269. DOI: 10.21498/2518-1017.19.4.2023.291231
111. Хареба В. В., Кокойко В. В. Економічна оцінка елементів технології вирощування сортів гарбуза мускатного в Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 10. С. 61–64.

112. Хареба В. В., Кокойко В. В. Ріст, розвиток та урожайність і якість плодів гарбуза мускатного залежно від схем розміщення рослин. *Селекція і насінництво*. 2016. Вип. 109. С. 147–152. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.74217>
113. Хареба В. В., Кокойко В. В., Гарбуз: біологія, технологія вирощування та переробки : монографія. Київ : Аграрна наука, 2022. 208 с.
114. Черчович О., Точкова О. Амарантова олія як добавка до моркв'яно-яблучного пюре. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : програма і матеріали 80 міжнар. наукової конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. Київ : НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 420–422. URI: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/16182> (дата звернення: 21.12.2025).
115. Чехова І. В. Формування та розвиток ринку олійних культур: теорія, методологія, практика : монографія. Київ : Аграрна наука, 2021. 144 с.
116. Янюк Т., Грюнвальд Н. Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10, № 18. С. 179–192. DOI: 10.31073/foodresources2022-18-18
117. Abou-Gharbia H. A., Shehata A. A. Y., Shahidi F. Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*. 2000. Vol. 33, Iss. 5. P. 331–340. DOI: 10.1016/S0963-9969(00)00052-1.
118. Adhikary D., Khatri Chhetri U., Slaski J. Amaranth: an ancient and high-quality wholesome crop. *Nutritional value of Amaranth* / (acad. ed.) Viduranga Waisundara. London : IntechOpen, 2020. P. 111–142. DOI: 10.5772/intechopen.88093
119. Agustina N. A., Elisabeth J., Julianti E. A comparison studies on the chemical characteristics of pumpkin seed oil with extra virgin olive oil and palm olein. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Medan, Indonesia, 2019. Vol. 260(1): *International Conference on Agriculture, Environment, and Food*

- Security* 2018 (24–25 October, 2018). Article 012091. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012091>
120. Amare M., Fisseha D., Christian A. The Effect of N and P Fertilizers on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Low-Fertile Soil of North-Western Ethiopia. *Agriculture*. 2019. Vol. 9, Iss. 10. Article 227. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture9100227>.
 121. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during Plant Growth / M. Karamać et al. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, Iss. 6. Article 173. DOI: 10.3390/antiox8060173
 122. Application of enzymes for pressed oil production from pumpkin seeds / H. Vovk, K. Karnpakdee, O. Golubets et al. *Ukrainian Food Journal*. 2023. Vol. 12, Issue 1. P. 21–37. DOI: 10.24263/2304-974x-2023-12-1-4
 123. Bahlgerdi M., Aroiee H., Azizi M. The study of plant density and planting methods on some growth characteristics, seed and oil yield of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*, cv. Kaki). *American J. Life Sci.* 2014. Vol. 2. P. 319–24. DOI: <https://doi.org/10.11648/J.AJLS.20140205.21>
 124. Budi L. S., Rahayu S., Nurwantara M. P. Effect of Tillage and Irrigation Method to Sesame (*Sesamum indicum* L.) Production in Dryland and Wetland. *International Journal of Advanced Engineering Research*. 2022. Vol. 9, Issue 1. P. 320–326. DOI: <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.91.35>
 125. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil / M. Murkovic, V. Piironen, A. M. Lampi et al. *Food Chem.* 2004. Vol. 84(Part 1: Non-volatile compounds). P. 359–365. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00240-1
 126. Characterization of Seed Oil from Six In Situ Collected Wild *Amaranthus* Species / A. N. Hussain, J. Geuens, A. Vermoesen et al. *Diversity*. 2023. Vol. 15. Article 237. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15020237>
 127. Chavali S. R., Durga S. L. Sesame lignans and vitamin E potentiate the antihypertensive effect of losartan through modulation of vascular endothelial dysfunction. *J. Med. Food*. 2010. Vol. 13. P. 157–164.

128. Chemical composition and biological activity of seed oil of amaranth varieties / S. S. Bozorov, N. S. Berdiev, U. J. Ishimov U. J. et al. *Nova Biotechnol et Chimica*. 2018. Vol. 17, No. 1. P. 66–73. DOI: 10.2478/nbec-2018-0007
129. Chemical composition and metabolomic analysis of *Amaranthus cruentus* grains harvested at different stages / T. G. Manyelo et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27, issue 3. Article 623. DOI: 10.3390/molecules27030623
130. Cui H., Loy J. B. Heterosis for seed yield exhibited in hull-less seeded pumpkin. *Cucurbitaceae* / (Ed.) Maynard D. N. Alexandria, VA : ASHS Press, 2002. P. 323–329. DOI: 10.1007/978-0-387-77594-4_16
131. Current Research Trends and Prospects for Yield and Quality Improvement in Sesame, an Important Oilseed Crop / R. Yadav, S. Kalia, P. Rangan et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 863521. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.863521>
132. Defoliation timing for optimal leaf nutrition in dual-use amaranth production systems / N. Hoidal, S. Jacobsen, A. Odone, G. Alandia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100, Iss. 13. P. 4745–4755. DOI: 10.1002/jsfa.10533
133. Determination of optimum planting time of different Sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties for Chewaka district, Western Oromia, Ethiopia / C. Debela, A. Dabesa, T. Birhanu et al. *Open J Plant Sci*. 2023. Vol. 8, issue 1. P. 032–036. DOI: 10.17352/ojps.000055
134. Dotto J. M., Chacha J. S. The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. *Scientific African*. 2020. Vol. 10. Article e00575. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00575>
135. Effect of fertilizers on oil pumpkin seeds crude fat, fibre and protein quantity / E. Jarienė, H. Danilčenko, J. Kulaitienė, M. Gajewski. *Agronomy Research*. 2007. Vol. 5(1). P. 43–49.
136. Effect of NPK fertilizer on chemical composition of pumpkin (*Cucurbita pepo* Linn.) seeds / F. M. Oloyede, I. O. Obisesan, G. O. Agbaje, E. M. Obuotor.

- The Scientific World Journal* World Journal. 2012. Vol. 6. Article 808196. DOI: <https://doi.org/10.1100/2012/808196>.
137. Effect of roasting and vacuum microwave treatments on physicochemical and antioxidant properties of oil extracted from black sesame seeds / R. Muangrat, Y. Chalermchat, S. Pannasai, S. Osiriphun. *Curr. Res. Nutr. Food Sci.* 2020. Vol. 8. P. 798–814. DOI : <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.3.12>
 138. Effect of some variables on oil extraction yield from Mexican pumpkin seeds / Jesús Rodríguez-Mirandaa, Betsabé Hernández-Santosa, Erasmo Herman-Laraa et al. *CyTA – Journal of Food*. 2014. Vol. 12, No. P. 9–15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2013.777123>
 139. Effect of sowing date and time of harvesting on the yield and yield contributing characters of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed / M. N. A. Sarkar, M. Salim, N. Islam, M. M. Rahman. *International Journal of Sustainable Crop Production*. 2007. Vol. 2, Iss. 6. P. 31–35.
 140. Effect of Sowing Dates and Planting Densities on Yield and its Components of Three Varieties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in the Samangan Environment / B. Rabbani, W. Zaree, A. J. Safdary et al. *Agricultural Science Digest*. 2025. Vol. 45. P. 1–8. DOI: 10.18805/ag.DF-619
 141. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch / J. L. Jane, J. F. Chen, L. F. Lee et al. *Cereal Chemistry*. 1999. Vol. 76, Number 5. P. 629–637. DOI: 10.1094/CCHEM.1999.76.5.629
 142. Effects of Extraction Strategies on Yield, Physicochemical and Antioxidant Properties of Pumpkin Seed Oil / T. Hu, L. Zhou, F. Kong et al. *Foods*. 2023. Vol. 12, Iss. 18. Article 3351. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12183351>
 143. El Mahdi A. R. A., El-Amin S. M., Ahmed F. G. Effect of sowing date on the performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes under irrigation conditions in northern Sudan. *African Crop Science Conference Proceedings*. 2007. Vol. 8. P. 1943–1946.

144. Enhancing Functional Compounds in Sesame Oil through Acid-Soaking and Microwave-Heating of Sesame Seeds / J. Yuenyong, S. Limkoey, C. Phuksuk et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, Iss. 18. Article 2891. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13182891>
145. Evaluation of Some Quality Parameters of Pumpkin Seeds and Oil After Roasting with Marjoram / M. Kozłowska, M. Ziarno, K. Zawada et al. *Foods*. 2025. Vol. 14, Iss. 2. Article 172. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14020172>
146. Expeller Pressing of Pumpkin Seed Oil: Oil Yield, Quality, Fatty Acid Profile, and Bioactive Compounds / A. M. M. Guedes, S. Pacheco, A. E. Wilhelm et al. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2025. Vol. 102, No. 12. P. 1701–1709. DOI: <https://doi.org/10.1002/aocs.70019>.
147. Golla W. N. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at different levels of plant population in optimum moisture areas of Western Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2020. Vol. 10, No. 4. P. 16–21. DOI: 10.7176/JBAH/10-4-03
148. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds / S. P. J. Kumar, S. R. Prasad, R. Banerjee et al. *Chemistry Central Journal*. 2017. Vol. 11(9). P. 1–7.
149. Growth and Oil Yield of Sesame as Influenced by Sulphur and Nitrogen / J. Ahmad, F. Ahmad, S. M. A. Shah et al. *Open Access Journal of Agricultural Research*. 2018. Vol. 3, No. 7. Article 000187. DOI: <https://doi.org/10.23880/oajar-16000187>
150. Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under the Influence of Planting Geometry and Irrigation Regimes / A. Nadeem, S. Kashani, N. Ahmed et al. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 6. P. 980–986. DOI: 10.4236/ajps.2015.67104
151. Growth, yield and oil content of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by sulphur levels under infertile soil / D. Bunphan, R. Wanna, W. Pinta, G. Malambane. *Australian Journal of Crop Science*. 2021. Vol. 15, Iss. 10. P. 1475–1482. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.10.p3359>

152. Growth, Yield, and Oil Quality of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars Under Varying Row Spacings and Biofertilizer Application / S. Hussain, A. Qayyum, A. Jan et al. *International Journal of Plant Production*. 2025. Vol. 19, Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00358-y>
153. Guardianelli L. M., Salinasa M. V., Puppo M. C. Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flourdough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 97. Article 105242. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105242
154. Impact of sowing interval on the yield and yield contributing traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the tropical circumstance / M. Hakeem, M. Waseem, D. M. Baloch et al. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 2017. Vol. 50, Iss. 3(171). P. 83–94. DOI: <https://doi.org/10.1515/cerce-2017-0028>
155. Influence of different thermal treatment methods on the processing qualities of sesame seeds and cold-pressed oil / Y. Huang, C. Liu, Z. Ge et al. *Food Chem*. 2023. Vol. 404. Art. 134683. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134683>
156. Investigation of the physicochemical properties of vegetable oils blended with sesame oil and their oxidative stability during frying / F. Ramroudi, S. A. Yasini Ardakani, A. Dehghani-Tafti, E. Khalili Sadrabad. *Int. J. Food Sci*. 2022. Vol. 2022. Art. 3165512. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/3165512>
157. Jafari M., Goli S. A. H., Rahimmalek M. The chemical composition of the seeds of Iranian pumpkin cultivars and physicochemical characteristics of the oil extract. *European J. Lipid Sci. Tech*. 2012. Vol. 114. P. 161–167. DOI: 10.1002/ejlt.201100102
158. Jimoh M. O., Afolayan A. J., Lewu F. B. Germination response of *Amaranthus caudatus* L. to soil types and environmental conditions. *Thaiszia J*. 2019. Bot. 29(1). P. 085–100. DOI: <https://doi.org/10.33542/TJB2019-1-07>
159. Katanga Y. N., Danmaigoro O., Buba Y. Effect of Sowing Methods, Seed Rate and Variety on Yield and Seed Quality of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Its Implication on Returns in Sudan Savanna of Nigeria. *American Research*

- Journal of Agriculture*. 2017. Vol. 6, Iss. 4. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.9734/ARJA/2017/29589>
160. Murkovic M., Winkler J., Pfannhauser W. Improvement of the quality of pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) by use of cluster analysis. *Acta Hort.* 1999. Vol. 492. P. 41–46. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.492.4>
 161. Mustafa A. F., Seguin P., Gelinas B. Chemical composition, dietary fibre, tannins and minerals of grain amaranth genotypes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2011. Vol. 62, Iss. 7. P. 750–754. DOI: 10.3109/09637486.2011.575770
 162. Namiki M. Nutraceutical functions of sesame: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2007. Vol. 47(7). P. 651–673. DOI: 10.1080/10408390600919114
 163. Nutritional and Bioactive Lipid Composition of Amaranthus Seeds Grown in Varied Agro-Climatic Conditions in France / A. Azri, S. S. Aydi, S. Aydi et al. *Agronomy*. 2025. Vol. 15(3). Article 672. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15030672>
 164. Nutritional content and antioxidant properties of selected species of *Amaranthus* L. / W. Biel et al. *Italian Journal of Food Science*. 2017. Vol. 29, No. 4. P. 728–740. DOI: <https://doi.org/10.14674/IJFS-712>
 165. Nutritional functional value and therapeutic utilization of Amaranth / M. Soriano-García et al. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*. 2018. Vol. 7, Iss. 5. P. 596–600. DOI: 10.5772/intechopen.86897
 166. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars / D. G. Stevenson, F. J. Eller, L. Wang et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55, No. 10. P. 4005–4013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0706979>
 167. Oil Content and Composition of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes as Affected by Irrigation Regimes / A. Kadkhodaie, J. Razmjoo, M. Zahedi, M. Pessarakli. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2014. Vol. 91, No. 10. P. 1737–1744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2524-0>

168. Oil pumpkins seeds and their quality / J. Kulaitienė, E. Jariene, H. Danilcenko et al. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2007. Vol. 57, Special issue 48. P. 349–352.
169. Olowe V., Adeoniregun O. A. Seed yield, yield attributes and oil content of newly released sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2010. Vol. 56, Iss. 2. P. 201–210. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340903006176>
170. Pantsyreva H. Economic aspects of organic soy production in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, No. 5. P. 324–331. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-5-324-331>
171. Physicochemical characterization and nano-emulsification of three species of pumpkin seed oils with focus on their physical stability / Ordoñez Lozada M. I., Rodrigues Maldonado I., Bobrowski Rodrigues D. et al. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 343. Art. 128512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128512>
172. Protein quality of amaranth grains cultivated in Ethiopia as affected by popping and fermentation / E. Amare, C. Mouquet-Rivier, A. Servent et al. *Food and Nutrition Sciences*. 2015. Vol. 6, No. 1. P. 38–48. DOI: 10.4236/fns.2015.61005
173. Quality indicators and characterization of pumpkin seed oil variety Macre (*Cucurbita maxima* Duchesne) extracted by the expeller method / M. Gonzáles, N. Pompilla, I. Acosta, P. Tanco. *Journal Vitae*. 2025. Vol. 32, Number 2. Article a358813. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v32n2a358813>
174. Relations between digestibility and structures of pumpkin starches and pectins / Y. Bai, M. Zhang, S. Chandra Atluri et al. *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 106. Article 105894. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105894
175. Review on effect of sowing dates on sesame (*Sesamum indicum* L.) growth and yield / T. Swami Chaitanya, A. Veeraiah, S. Ramalakshmi Devi et al. *Journal of Plant Development Sciences*. 2022. Vol. 14, Iss. 3. P. 273–278.
176. Seedlings of oil pumpkins as an alternative to seed sowing: yield and production costs / F. Bavec, L. Gril, S. Grobelnik-Mlakar, M. Bavec. *Die Bodenkultur*. 2002. Vol. 53. P. 39–43.

177. Sesame Seed Yield and Growth Traits Response to Different Row Spacings in Semi-Arid Regions / A. Y. A. Ali, Z. Guisheng, A. Hassan et al. *Universal Journal of Agricultural Research*. 2020. Vol. 8, Iss. 4. P. 88–96. DOI: <https://doi.org/10.13189/ujar.2020.080402>
178. Singh M., Liu S. X. Evaluation of amaranth flour processing for noodle making. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45, Iss. 4. Article e15270. DOI: 10.1111/jfpp.15270
179. Soto C., Chamy R., Zuniga M. E. Enzymatic hydrolysis and pressing conditions effect on borage oil extraction by cold pressing. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 102. P. 834–840.
180. Sowing date and plant population effects on seed yield of Cucurbita pepo / M. Latifi, A. Barimavandi, S. Sedaghatthoor, S. R. Lipayi. *Int. J. Agric. Biol.* 2012. Vol. 14. P. 641–44.
181. Study on Economic Analysis of the Different Pumpkin Cultivars under Coastal A.P. Conditions / P. Arun Kumar, T. Suseela, R. V. Sujatha, A. V. D. Dorajeerao. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2018. Vol. 7, No. 04. P. 1393–1396. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.156>
182. Technical, Allocative And Economic Efficiencies Of Small-scale Sesame Farmers: The Case Of West Gondar Zone, Ethiopia / Gela Adugna, Haji Jema, Ketema Mengistu, Abate Hebttemariam. *Review of Agricultural and Applied Economics*. 2019. Vol. 22, No. 2. P. 10–17. DOI: 10.15414/raae.2019.22.02.10-17
183. The Effect of Extraction by Pressing at Different Temperatures on Sesame Oil Quality Characteristics / Z. Piravi-Vanak, A. Dadazadeh, S. Azadmard-Damirchi et al. *Foods*. 2024. Vol. 13, Iss. 10. Article 1472. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13101472>
184. Transformation of sesame oil into a functional ingredient: A review on recent trends in fortification / N. Pathak, A. K. Rai, R. Kumari, K. V. Bhat. *J. Food Sci. Technol.* 2020. Vol. 57. P. 1869–1879.

185. Tyrus M. Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28(1). P. 20–24. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.04>
186. Usman M., Ali A., Olatunji O. Effect of Fertilizer Application on Soil Properties and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties in Southern Guinea and Sudan Savanna Agro-Ecological Zones of Nigeria. *African Journal of Agriculture and Food Science*. 2021. Vol. 4(1). P. 89–108. DOI: 10.52589/ajafs_SITIW7KB
187. Winkler J. Breeding of hull-less seeded pumpkins (*Cucurbita pepo*) for the use of the oil. *Acta Hort.* 2000. Vol. 510. P. 123–28. DOI: 10.17660/ActaHortic.2000.510.20
188. Yaniuk T., Hriunvald N. Amaranth production in Ukraine: state and prospects. *Food Resources*. 2022. Vol. 10, No. 18. P. 179–192. DOI: <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>
189. Yield and Quality Response of Sesame (*Sesamum indicum* L.) to Irrigation Frequencies and Planting Patterns / M. F. Saleem, B. L. Ma, M. A. Malik et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2008. Vol. 88. P. 101–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.4141/CJPS07052>
190. Zhang G., Li Z., Fu M. Comparison of quality and oxidative stability of pumpkin seed (*Cucurbita maxima*) oil between conventional and enzymatic extraction methods. *Sustainable Food Technol.* 2024. Vol. 2. P. 1033–1040. DOI: 10.1039/D4FB00080C

ДОДАТКИ

Додаток А-1

Затверджено:

Голова

ФГ «Золоті лани Полісся»

Нестерчук П.П.

04.11.2025



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у Фермерському господарстві «Золоті лани Полісся» с. Кам'яний Майдан, Звягельського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Амарант, Сорти: «Лера» «Студентський».

Обсяг впровадження: 10 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів амаранту сортів «Лера», «Студентський» з міжряддям 52 см в нормі висіву 800 тис. шт. на гектар. Глибина загортання насіння 1 см. Основний обробіток ґрунту здійснювали за традиційною технологією – зяблева оранка на глибину 18 см з подальшим вирівнюванням. Позакореневе підживлення амаранту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ проводили у фазу за шкалою ВВСН 45-59.

Результати впровадження: в результаті спостережень за етапами онтогенезу рослин амаранту сортів «Лера» та «Студентський» та обліку врожаю виявлено, що листкове внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 39-50 забезпечило прибавку 0,21 т/га, урожайність насіння становила 0,93 т/га для сорту «Лера». Для сорту «Студентський» прибавка становила 0,22 т/га, урожайність насіння – 0,92 т/га. Середня врожайність амаранту по господарству становила 0,72 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня урожайності амаранту за традиційної технології обробітку ґрунту слід вносити у листкове підживлення добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин амаранту за шкалою ВВСН 39-50, а також доцільно використовувати сучасні сорти амаранту «Лера» та «Студентський».

Голова ФГ «Золоті лани Полісся»

Виконавець НДР

Науковий керівник,
доктор с.- г. наук, професор



НЕСТЕРЧУК

ОСАДЧУК

МОЙСІЄНКО

Додаток А-2

Затверджено:
Голова фермерського господарства «Золоті лани Полісся»
Ф. І. П. Нестерчук П.П.
04.11.2025 № 4366/25



АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у Фермерському господарстві «Золоті лани Полісся» с. Кам'яний Майдан, Звягельського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Кунжут, Сорти: «Кадет» «Гусар».

Обсяг впровадження: 4 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів кунжуту сортів «Кадет», «Гусар» з міжряддям 52 см в нормі висіву 575 тис. шт. на гектар. Глибина загортання насіння 2 см. Основний обробіток ґрунту здійснювали за традиційною технологією – зяблева оранка на глибину 18 см з подальшим вирівнюванням. Позакореневе підживлення кунжуту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ проводили у фазу за шкалою ВВСН 45-59.

Результати впровадження: в результаті спостережень за етапами росту та розвитку рослин кунжуту сортів «Кадет» та «Гусар» та обліку врожаю виявлено, що внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 45-59 забезпечило прибавку 0,15 т/га, урожайність насіння становила 0,98 т/га для сорту «Кадет». Для сорту «Гусар» прибавка врожаю становила 0,17 т/га, урожайність насіння становила 1,1 т/га. Середня врожайність кунжуту по господарству становить 0,83 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня врожайності кунжуту за традиційної технології обробітку ґрунту слід вносити у листкове підживлення органо-мінеральне добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин кунжуту за шкалою ВВСН 45-59, а також доцільно використовувати сучасні сорти кунжуту «Кадет» та «Гусар».

Голова ФГ «Золоті лани Полісся»

Павло НЕСТЕРЧУК

Виконавець НДР

Василь ОСАДЧУК

Науковий керівник,
доктор с.- г. наук, професор

Віра МОЙСІЄНКО



Додаток А-3

Затверджено:



Барашовець С.Д.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у ТОВ «РАНТ» с. Тупальці, Звягельського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Гарбуз голозерний, Сорти: «Гляйсдорфер Олькюрбіст», «Ольга».

Обсяг впровадження: 10 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів сортів голозерного гарбуза «Гляйсдорфер Олькюрбіст» та «Ольга» з міжряддям 140 см в нормі 18 000 шт. на гектар за технологією мінімального обробітку ґрунту на глибину 6 см. Листкове внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу активного розвитку бічних пагонів та появи перших суцвіть ВВСН 40-55.

Результати впровадження: в результаті фенологічних спостережень та обліку урожаю виявлено, що внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 40-55 забезпечило прибавку 0,12 т/га, урожайність насіння становила 0,60 т/га для сорту «Гляйсдорфер Олькюрбіст». Для сорту «Ольга» прибавка врожаю становила 0,11 т/га, врожайність насіння становила 0,56 т/га. Середня врожайність гарбуза голозерного по господарству 0,48 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня урожайності гарбуза голозерного за мінімальної технології обробітку ґрунту слід вносити у позакореневе підживлення органо-мінеральне добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин гарбуза за шкалою ВВСН 40-55, а також доцільно використовувати сучасні сорти гарбуза голозерного «Ольга» та «Гляйсдорфер Олькюрбіст».

Директор
ТОВ «РАНТ»

Виконавець НДР

Науковий керівник
доктор с.- г. наук, професор



Сергій БАРАШОВЕЦЬ

Василь ОСАДЧУК

Віра МОЙСІЄНКО

Додаток А-4

Затверджено:

Директор

ТОВ «РАНТ»

Барашовець С.Д.

03.11.2025р.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У
ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у ТОВ «РАНТ» с. Тупальці, Звягельського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Амарант, Сорти: «Лера» «Студентський».

Обсяг впровадження: 8 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів амаранту сортів «Лера», «Студентський» з міжряддям 52 см в нормі висіву 800 тис. шт. на гектар, що в фізичній величині становить 1 кг насіння на глибину 1 см. Основний обробіток ґрунту здійснювали за технологією мінімального обробітку на глибину 6 см.

Позакореневе листкове підживлення органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) проводили у фазу активного розвитку за шкалою ВВСН 45-59.

Результати впровадження: в результаті спостережень за морфологічними та фізіологічними етапами розвитку рослин амаранту сортів «Лера» та «Студентський» та обліку врожаю виявлено, що листкове внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 39-50 забезпечило прибавку 0,18 т/га, урожайність насіння становила 0,83 т/га для сорту «Лера». Для сорту «Студентський» прибавка врожаю становила 0,21 т/га, урожайність насіння становила 0,86 т/га. Середня врожайність амаранту по господарству становить 0,65 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня врожайності амаранту за мінімальної технології обробітку ґрунту (Mini-till) слід вносити у листкове підживлення добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин амаранту за шкалою ВВСН 39-50, а також доцільно використовувати сучасні сорти амаранту «Лера» та «Студентський».

Директор
ТОВ «РАНТ»

Виконавець НДР

Науковий керівник,
доктор с.- г. наук, професор

Сергій БАРАШОВЕЦЬ

Василь ОСАДЧУК

Віра МОЙСІЄНКО

Додаток А-5

Затверджено:

ФОП Каленський О.С.

О.С. Каленський

04.11.2025 р.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У
ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені господарстві КАЛЕНСЬКИЙ О.С., с. Сингаї, Коростенського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Гарбуз голозерний, Сорти: «Гляйсдорфер Олькюрбіст», «Ольга».

Обсяг впровадження: 4 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів сортів голозерного гарбуза «Гляйсдорфер Олькюрбіст» та «Ольга» з міжряддям 140 см в нормі 18 000 шт. на гектар за технологією (Mini-till) мінімального обробітку ґрунту на глибину 6 см. Листкове внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу активного розвитку бічних пагонів та появи перших суцвіть ВВСН 40-55.

Результати впровадження: в результаті фенологічних спостережень та обліку урожаю виявлено, що внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 40-55 забезпечило прибавку 0,11 т/га, урожайність насіння становила 0,56 т/га для сорту «Гляйсдорфер Олькюрбіст». Для сорту «Ольга» прибавка врожаю становила 0,09 т/га, врожайність насіння становила 0,54 т/га. Середня врожайність гарбуза голозерного по господарству 0,45 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня урожайності гарбуза голозерного за мінімальної технології обробітку ґрунту слід вносити у листкове підживлення органо-мінеральне добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин гарбуза за шкалою ВВСН 40-55, а також доцільно використовувати сучасні сорти гарбуза голозерного «Ольга» та «Гляйсдорфер Олькюрбіст».

ФОП Каленський О.С.

Виконавець НДР

Науковий керівник,

доктор с.- г. наук, професор

Олександр КАЛЕНСЬКИЙ

Василь ОСАДЧУК

Віра МОЙСІЄНКО

Додаток А-6

Затверджено:

ФОП Каленський О.С.

О.С. Каленський

04.11.2025р.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у господарстві ФОП КАЛЕНСЬКИЙ О.С. с. Сингаї, Коростенського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Амарант, Сорти: «Лера» «Студентський».

Обсяг впровадження: 11 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів амаранту сортів «Лера», «Студентський» з міжряддям 52 см в нормі висіву 800 тис. шт. на гектар, що в фізичній величині становить 1 кг насіння на глибину 1 см. Основний обробіток ґрунту здійснювали за технологією (Mini-till) мінімального обробітку на глибину 6 см. Позакореневе листкове підживлення орґано-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ проводили у фазу ВВСН 45-59.

Результати впровадження: в результаті спостережень за морфологічними та фізіологічними етапами розвитку рослин амаранту сортів «Лера» та «Студентський» і обліку врожаю виявлено, що внесення орґано-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 39-50 забезпечило прибавку 0,15 т/га, урожайність насіння становила 0,73 т/га для сорту «Лера». Для сорту «Студентський» прибавка врожаю становила 0,12 т/га, урожайність насіння становила 0,81 т/га. Середня врожайність амаранту по господарству становить 0,58 т/га

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня урожайності амаранту за мінімальної технології обробітку ґрунту слід вносити у листкове підживлення орґано-мінеральне добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин амаранту за шкалою ВВСН 39-50, а також доцільно використовувати сучасні сорти амаранту «Лера» та «Студентський».

ФОП Каленський О.С.

О.П.

Виконавець НДР

Науковий керівник,

доктор с.- г. наук, професор

Олександр КАЛЕНСЬКИЙ

Василь ОСАДЧУК

Віра МОЙСІЄНКО

Додаток А-7



«Голд Грейн Технолоджі»
Осадчук В.А.

АКТ

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У
ВИРОБНИЦТВО

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи Осадчука Василя Володимировича з теми: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся» впроваджені у ТОВ «Голд Грейн Технолоджі» с. Слобода Романівська, Звягельського району, Житомирської області.

Досліджувана культура: Кунжут, Сорти: «Кадет» «Гусар».

Обсяг впровадження: 6 га.

Період впровадження: 2024–2025 рр.

Зміст впровадження: Посів кунжуту сортів «Кадет», «Гусар» з міжряддям 52 см в нормі висіву 575 тис. шт. на гектар. Глибина загортання насіння 2 см. Основний обробіток ґрунту здійснювали за традиційною технологією – зяблева оранка на глибину 18 см з подальшим вирівнюванням. Позакореневе підживлення кунжуту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) проводили у фазу ВВСН 45-59.

Результати впровадження: в результаті спостережень за етапами росту та розвитку рослин кунжуту сортів «Кадет» та «Гусар» та обліку врожаю виявлено, що внесення органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс у фазах ВВСН 45-59 забезпечило прибавку 0,22 т/га, урожайність насіння становила 1,12 т/га для сорту «Кадет». Для сорту «Гусар» прибавка врожаю становила 0,19 т/га, урожайність насіння становила 1,1 т/га. Середня врожайність кунжуту по господарству становила 0,9 т/га.

Рекомендації виробництву: для отримання максимально високого рівня урожайності кунжуту за традиційної технології обробітку ґрунту слід вносити у листкове підживлення добриво Фулвіт Баланс в нормі 0,5 л/га (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) у фазу розвитку рослин кунжуту за шкалою ВВСН 45-59, а також доцільно використовувати сучасні сорти кунжуту «Кадет» та «Гусар».

Заст. директора
ТОВ «Голд Грейн Технолоджі»

Виконавця НД

Науковий керівник,
доктор с.- г. наук, професор

Володимир ОСАДЧУК

Василь ОСАДЧУК

Віра МОЙСІЄНКО

Додаток А-8



ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008; тел.: (0412) 47-13-56; тел./факс: (0412) 47-21-45
E-mail: mail@polissianiver.edu.ua; www.polissianiver.edu.ua, код згідно з ЄДРПОУ 00493681

від 07.04.2016 № 227/01-16-16

на № _____ від _____ 20__

АКТ

про впровадження результатів
дисертаційних досліджень у освітній процес

Поліський національний університет підтверджує, що результати дисертаційної роботи на тему: «Оптимізація елементів технологій вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту для виробництва олій в умовах Полісся», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 «Агрономія», виконаної ОСАДЧУКОМ Василем Володимировичем, впроваджено у освітній процес при викладанні дисциплін: «Олійні культури», «Технічні культури» та «Інноваційні технології в рослинництві».

Результати дисертаційного дослідження Василя ОСАДЧУКА щодо оптимізації елементів технології вирощування амаранту, гарбуза голозерного, кунжуту індійського в умовах Полісся, зокрема добору їх високопродуктивних і адаптивних сортів, способів обробітку ґрунту та позакореневого підживлення олійних культур органомінеральним добривом Фулвіт Баланс (на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$) використовуються при читанні лекцій, проведенні практичних занять, а також під час виконання наукових досліджень на кафедрі технологій у рослинництві у підготовці здобувачів вищої освіти освітніх рівнів бакалавра, магістра та доктора філософії зі спеціальності 201 «Агрономія» Поліського національного університету.

В.о. ректора університету

Олег СКИДАН

Керівник навчально-наукового
центру організації освітнього процесу

Тетяна УСЮК

В.о. декана агрономічного
факультету

Тетяна КЛИМЕНКО



Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування за повтореннями (2023 р.), т/га

Додаток Ж–1

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

*1. Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати**дисертації:*

1. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Врожайність насіння амаранту залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78(2). С. 30–39. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-2-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-2-3)
2. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Економічна оцінка вирощування амаранту, кунжуту, гарбуза голозерного як олійних культур. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 4(18). С. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.09>
3. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Вплив елементів технології вирощування на формування врожайності та вихід олії з насіння кунжуту в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103, № 12(873). С. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202512-02>
4. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Оптимізація елементів технології вирощування гарбуза голозерного для виробництва олії в умовах Полісся. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 14. С. 220–228. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.21>

2. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Осадчук В.В., Мойсієнко В.В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на врожайність гарбуза голонасінного. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 черв. 2023 р. Житомир : вид-во «Поліського університету», 2023. С. 40–42.
6. Мойсієнко В., Осадчук В. Оцінка елементів технологій вирощування амаранту на зерно в умовах Полісся України. *Корми і кормовий білок* :

матеріали XV Міжнар. наук. конф. (19–20 верес. 2023 р.) / Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця, 2023. С. 52–55.

7. Осадчук В. В., Мойсієнко В. В. Особливості вирощування та добір сортів кунжуту за кліматичних змін. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. праць учасн. XI Міжнар. наук.-практ. конф. (23-24 травня 2024 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2024. С. 147–149.
8. Осадчук В. В. Інновації у вирощуванні амаранту: досвід фермерського господарства «ОСАДЧУК ФЕМІЛІ ЕНД ПАРТНЕРС». *Інноваційні технології в рослинництві та землеробстві* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (03–04 квітня 2025 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 217–221.
9. Осадчук В.В. Вплив органо-мінерального позакореневого підживлення на онтоморфогенез амаранту. *Сучасні аспекти раціонального землекористування* : зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (06–07 листопада 2025). Житомир : Поліський нац. університет, 2025. С. 75–78.

Додаток З–1

Відомості про апробацію результатів дисертації:

1. III Міжнародна наук.-практ. конф. *Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення* : матеріали, 8–9 черв. 2023 р. Житомир : вид-во «Поліського університету», 2023;
2. XV Міжнародна наукова конференція «*Корми і кормовий білок*» (19–20 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023;
3. XI Міжнародна науково-практична конференція: *Органічне виробництво і продовольча безпека*. (23–24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024;
4. Міжнародна науково-практична конференція: *Інноваційні технології в рослинництві та землеробстві* (м. Житомир, 03–04 квітня 2025 р.) Поліський національний університет, 2025;
5. Всеукраїнська науково-практична конференція: *Сучасні аспекти раціонального землекористування* (м. Житомир, 06–07 листопада 2025), Житомир : Поліський національний університет. 2025.