

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГОРДІЄНКО МИКОЛА ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК 633.171:631.81.095.337(292.485)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
ПРОСА У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Спеціалізація 201 – Агрономія
20 Аграрні науки і продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
наукових результатів і цитат супроводжується посиланнями на їх авторів та
джерела опублікування.

_____ М.В. Гордієнко

Науковий керівник – Голодна Антоніна Василівна,
доктор сільськогосподарських наук, професор

Чабани - 2026

АНОТАЦІЯ

Гордієнко М.В. Оптимізація процесів формування продуктивності проса у технології вирощування в Правобережному Лісостепу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агронімія. - Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», Чабани, 2026.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню процесів формування продуктивності проса посівного (*Panicum milaceum* L.) сорту Заповітне в умовах Правобережного Лісостепу України шляхом поліпшення живлення рослин та активізації процесів росту й розвитку, поєднуючи в технології вирощування такі агрозаходи, як внесення мінеральних добрив і підживлення рослин органо-мінеральним добривом у критичні періоди росту, передпосівне оброблення насіння нанокмпозитним комплексним бактеріальним препаратом, що сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових чинників навколишнього середовища, максимальної реалізації генетичного потенціалу та отримання якісної продукції.

За результатами досліджень встановлено особливості росту й розвитку рослин проса, тривалість міжфазних періодів та період вегетації залежно від погодних умов, мінерального удобрення, передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення рослин, а також особливості формування фотосинтетичного апарату рослин проса та його функціонування в динаміці залежно від факторів, взятих для вивчення. Визначено вплив елементів технології вирощування, а також гідротермічних показників років досліджень на врожайність та якість насіння проса. Обґрунтовано економічну та біоенергетичну ефективність застосування досліджуваних агрозаходів у технології вирощування проса.

У розділі 1 («Значення проса та сучасні технології його вирощування») приведений аналіз літературних джерел, показано динаміку посівних площ, значення, ботаніко-морфологічна характеристика та сучасні технології вирощування проса посівного. Показано значення мінеральних добрив і біологічних препаратів у технології вирощування культури. Обґрунтовано необхідність подальшого системного вивчення даного питання, що сприятиме удосконаленню технології вирощування культури та підвищенню її продуктивності.

В розділі 2 («Умови та методи досліджень») наведена характеристика ґрунтово-кліматичних умов зони проведення досліджень, даний аналіз гідротермічних показників упродовж періоду вегетації проса у роки проведення досліджень, а також вказані об'єкти, схеми та методики проведення досліджень.

Розділ 3 («Особливості росту та розвитку рослин проса залежно від технологічних прийомів вирощування») містить результати досліджень стосовно визначення польової схожості насіння та збереження рослин до повної стиглості, тривалості міжфазних періодів та періоду вегетації рослин проса залежно від погодних умов, особливості формування лінійних показників та надземної маси рослин у динаміці залежно від досліджуваних факторів. Встановлено пряму залежність тривалості періоду сівба–сходи від середньодобової температури повітря ($r=0,965$) та суми активних температур понад 10°C ($r=0,974$) і обернену залежність від кількості опадів ($r=-0,803$). Тривалість періоду вегетації демонструвала сильний зв'язок із середньодобовою температурою повітря ($r=-0,991$), кількістю опадів ($r=-0,761$) та сумою активних температур понад 10°C ($r=-0,674$). Найвищі показники висоти рослин проса впродовж періоду вегетації (133,3 см) та надземної маси (36,8 г/роsl.) формувались на варіанті зі внесенням $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Майстер агро що свідчить про синергетичну дію макро- та мікроелементів на ростові процеси. Варіанти з оптимізованим живленням

краще утримували надземну масу на завершальних етапах вегетації, що сприяло повнішому наливу зерна та створювало передумови для формування вищої врожайності культури.

У розділі 4 («Фотосинтетична діяльність проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння») приведено динаміку формування та функціонування листкового апарату рослин проса, фотосинтетичного потенціалу посіву та чистої продуктивності фотосинтезу посіву, а також накопичення сухої маси рослинами залежно від варіанту удобрення й передпосівного оброблення насіння.

На варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, сівбу насінням, обробленим біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння і сформував максимальну врожайність у середньому за роки досліджень, індекс листової поверхні становив $7,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Максимальні значення ФПП були у міжфазний період наливу зерна- дозрівання на варіантах із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}+$ Майстер агро за передпосівного оброблення насіння Азогран та проведення позакореневого підживлення Браман мультикомплекс у фазу викидання волоті $1,59 \text{ млн м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$. Найвищий показник ЧПФ – $9,2 \text{ г}/\text{м}^2$ за добу – зафіксовано на варіанті з внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівним обробленням насіння біопрепаратом Азогран та позакореневим підживленням Браман мультикомплекс у фазі кущіння.

Розділ 5 («Продуктивність проса за різних варіантів технології вирощування») містить показники елементів структури, врожаю та його якості залежно від досліджуваних агрозаходів. Максимальну врожайність ($5,08 \text{ т}/\text{га}$ за показника на абсолютному контролі $3,37 \text{ т}/\text{га}$) отримали на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння. На вказаному варіанті сформувалась довжина волоті на рівні $29,8 \text{ см}$ масою $6,66 \text{ г}$, з кількістю гілочок першого $16,2$

шт. та другого порядку – 89,1 шт., кількістю зерен у волоті – 624 штуки, та масою зерна у волоті 6,01 г. На абсолютному контролі (з урожайністю 3,37 т/га) рослини формували волоть з довжиною 26,0 см, масою 4.92 г, кількістю гілочок першого 13,1 шт. та другого порядку 64,7 шт., кількістю зерен у волоті становила 410 штук та масою зерна у волоті 3,28 г.

У розділі 6 («Забезпечення рослин проса елементами живлення залежно від технології вирощування») приведені показники фотометричних вимірювань реакції хлоропластів проса на 14 елементів живлення у критичні фази росту та розвитку рослин. Виявлено, що для рослин проса більш визначальним є забезпечення оптимального живлення у період викидання волоті. Фаза стеблуння є не настільки критичною у плані впливу живлення на кінцеву продуктивність рослин. Найкращою системою удобрення виявилось роздільне внесення азотних добрив (45 кг/га д.р. в основне удобрення та 15 кг/га д.р. у підживлення в фазі стеблуння) на фоні $P_{60}K_{60}$. Позакореневе підживлення органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс позитивно впливало на збалансування живлення рослин макро і мікроелементами, оскільки на всіх варіантах його використання значною мірою врівноважувало співвідношення елементів живлення у рослині, що є важливим фактором у формуванні продуктивності рослин

Результати, приведені у розділі 7 («Економічна та біоенергетична ефективність вирощування проса посівного за різних моделей технології вирощування») показали, що за вирощування проса посівного економічно та енергетично вигідним є варіант технології вирощування, який передбачає внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, сівбу насінням, обробленим біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння, забезпечує отримання прибутку 37580 грн/га за рівня рентабельності 145 %, та вихід енергії з урожаєм 83566 МДж/га, витрати енергії на вирощування 1 т зерна 3870 МДж за Кеє 4,26.

У дисертаційній роботі викладене теоретичне узагальнення і науково обґрунтоване нове вирішення питання збільшення врожайності шляхом оптимізації агротехнічних умов вирощування у відповідності до біологічних вимог рослин і ґрунтово-кліматичних умов зони Правобережного Лісостепу, що гарантує отримання врожаю зерна проса посівного 5,08 т/га за показника на абсолютному контролі 3,37 т/га.

Ключові слова: *просо посівне, технологія вирощування, удобрення, передпосівне оброблення насіння, позакореневе підживлення рослин, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал посіву, чиста продуктивність фотосинтезу, урожайність, якість насіння, погодні умови.*

ABSTRACT

Hordiienko M.V. Optimization of Millet Yield Formation Processes in Cultivation Technology within the Right-Bank Forest-Steppe – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 – Agronomy. – National Scientific Center "Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine", Chabany, 2026.

The dissertation is devoted to the substantiation of the processes of productivity formation in common millet (*Panicum miliaceum L.*), variety *Zapovitne*, under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. This was achieved by improving plant nutrition and activating growth and development processes, combining such agricultural practices as the application of mineral fertilizers, foliar feeding with organo-mineral fertilizers during critical growth periods, and pre-sowing seed treatment with a nanocomposite complex bacterial preparation. These measures contribute to increasing plant resistance to environmental stress factors, maximizing the realization of genetic potential, and obtaining high-quality products.

Based on the research results, the peculiarities of growth and development of millet plants, the duration of interphase periods, and the vegetation period were established depending on weather conditions, mineral fertilization, pre-sowing seed treatment, and foliar feeding. The dynamics of the formation and functioning of the photosynthetic apparatus were determined in relation to the factors studied. The influence of cultivation technology elements and hydrothermal indices on the yield and quality of millet seeds was identified. The economic and bioenergetic efficiency of applying the studied agrotechnical measures in millet cultivation technology was substantiated.

Chapter 1 ("Importance of millet and modern cultivation technologies") provides an analysis of literature sources, shows the dynamics of sown areas, the significance, botanical and morphological characteristics, and modern technologies for growing common millet. The role of mineral fertilizers and biological preparations in the cultivation technology of the crop is highlighted. The necessity for further systematic study of this issue to improve cultivation technology and increase productivity is justified.

Chapter 2 ("Conditions and methods of research") describes the soil and climatic conditions of the research zone, provides an analysis of hydrothermal indices during the millet growing season over the years of study, and specifies the objects, schemes, and methodologies of the research.

Chapter 3 ("Peculiarities of millet growth and development depending on technological cultivation practices") contains research results on determining field seed germination, plant survival until full maturity, and the duration of interphase periods and the growing season depending on weather conditions. It also details the formation of linear indicators and aboveground plant biomass. A direct correlation was established between the duration of the "sowing-emergence" period and the average daily air temperature ($r=0,965$) and the sum of active temperatures above 10°C ($r=0,974$), and an inverse correlation with precipitation ($r=-0,803$). The duration of the growing season showed a strong correlation with the average daily

air temperature ($r=-0,991$), precipitation ($r=-0,761$), and the sum of active temperatures ($r=-0,674$). The highest plant height (133,3 cm) and aboveground biomass (36,8 g/plant) were formed in the variant with $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Master Agro, indicating a synergistic effect of macro- and microelements on growth processes.

Chapter 4 ("Photosynthetic activity of millet depending on fertilization and pre-sowing seed treatment") presents the dynamics of the formation and functioning of the leaf apparatus, photosynthetic potential (PP), net photosynthesis productivity (NPP), and dry matter accumulation. In the variant involving $N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{15} , pre-sowing treatment with *Azogran* biopreparation, and foliar feeding with *Braman multicomplex* at the tillering stage, the Leaf Area Index (LAI) reached 7,60 m^2/m^2 . The maximum PP values were observed during the "grain filling-ripening" period (1,59 million $m^2/ha \cdot days$). The highest NPP (9,2 g/m^2 per day) was recorded in the same optimized nutrition variant.

Chapter 5 ("Millet productivity under different cultivation technology variants") includes indicators of yield structure, yield capacity, and quality. The maximum yield (5,08 t/ha compared to 3,37 t/ha in the absolute control) was obtained with the application of $N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{15} , *Azogran* seed treatment, and *Braman multicomplex* foliar feeding at the tillering stage. In this variant, the panicle length was 29,8 cm with a weight of 6,66 g, having 16,2 first-order and 89,1 second-order branches, containing 624 grains per panicle with a grain weight of 6,01 g.

Chapter 6 ("Provision of millet plants with nutrients depending on cultivation technology") provides photometric measurements of chloroplast reaction to 14 nutrients during critical growth phases. It was found that ensuring optimal nutrition during the panicle emergence stage is most decisive for millet. The best fertilization system proved to be split nitrogen application (45 kg/ha a.i. as basal and 15 kg/ha a.i. as top-dressing at the stem elongation stage) against the $P_{60}K_{60}$ background.

Chapter 7 ("Economic and bioenergetic efficiency of proso millet cultivation under different technological models") showed that the most efficient variant ($N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{15} , *Azogran*, and *Braman multicomplex* at tillering) ensures a profit of

37,580 UAH/ha with a profitability level of 145%, energy output of 83,566 MJ/ha, and energy consumption of 3,870 MJ per 1 ton of grain (Energy efficiency coefficient $K_{ee} = 4,26$).

The dissertation provides a theoretical generalization and a scientifically substantiated new solution for increasing yields by optimizing agrotechnical conditions in accordance with the biological requirements of the plants and the soil-climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, guaranteeing a yield of 5,08 t/ha.

Keywords: proso millet, cultivation technology, fertilization, pre-sowing seed treatment, foliar feeding, leaf area index, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, yield (productivity), seed quality, weather conditions.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Грищенко Р.Є., **Гордієнко М.В.** Ефективність підживлень у формуванні врожаю проса звичайного в Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 2 (16). С.82-90. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.09> (здобувачем проведено польові дослідження, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

2. **Гордієнко М.В.**, Грищенко Р.Є. Тривалість міжфазних періодів та вегетації проса залежно від погодних умов у Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 3 (17). С. 49-56. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.03.05>. (здобувачем проведено польові дослідження, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

3. **Гордієнко М.В.**, Грищенко Р.Є. Елементи структури врожаю та врожайність проса залежно від технології вирощування в Правобережному

Лісостепу. *Збалансоване природокористування*, 2026. №1. С. 84-90. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2026.359983>. (здобувачем проведено польові дослідження, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

4. Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Фотосинтетична діяльність посівів проса залежно від технології вирощування у Правобережному Лісостепу. *Агроекологічний журнал*, 2026. № 2. С. 167-177. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2026.359718> (здобувачем проведено польові дослідження, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

Тези доповідей і матеріали конференцій

1. Любчич О.Г., **Гордієнко М.В.** Формування висоти рослинами проса залежно від варіанту технології вирощування. *Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів: всеукраїнська наукова конференція молодих вчених* (14 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023. С. 49-52.

2. **Гордієнко М.В.** Облиственість та площа листкової поверхні рослин проса посівного залежно від варіантів удобрення та оброблення насіння. *Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин* (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро). Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С. 113-115.

3. Голодна А.В., Грищенко Р.Є., **Гордієнко М.В.** Надземна маса та облиственість рослин проса посівного залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали II Всеукраїнської*

науковопрактичної інтернет-конференції (Полтава: ПДАУ, 29 березня 2024 року) 2024. С.81-84.

4. **Гордієнко М.В.** Вплив передпосівного оброблення насіння на польову схожість та ступінь збереженості рослин проса посівного. *Інноваційні екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції* (Київ – Сквир, 20 серпня 2024 р.) /за редакцією академіка НААН О.І. Дребот. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024. С. 26-27.

5. Любчич О.Г., Грищенко Р.Є., Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Особливості засвоєння елементів живлення рослинами проса залежно від удобрення. *Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави: міжнародна наукова конференція* (24 жовтня 2024 р. Київ, ННЦ «ІАЕ»), 2024. С. 147-151.

6. **Гордієнко М.В.** Продуктивність проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: ХУІ міжнародна науково-практична конференція* (17 червня 2025 року, Чабани). К.:ТОВ «ТРОПЕА», 2025. С. 54-56.

7. **Гордієнко М.В.** Індекс листкової поверхні проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Сучасне і майбутнє систем землеробства: парадигма розвитку в контексті глобальних викликів та інноваційних рішень»: міжнародна наукова конференція* (5 листопада 2025 р., Чабани). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2025. С. 89-93.

8. Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Економічна ефективність вирощування проса в Правобережному Лісостепу України. *International Scientific and Practical Conference “Integration of Science, Technology and Education in the Context of Global Changes: Challenges and Opportunities for the Sustainable*

Development of Society”: *Conference Proceedings* (San Francisco, USA, February 26, 2026). San Francisco, USA: Golden Quill Publishing, 2026. P.76-79.

DOI: <https://doi.org/10.64076/GQP-26.02.2026.008>

Науково-методичні рекомендації

1. Адаптаційні стратегії та оптимізація продуктивності круп’яних культур в умовах кліматичних змін Правобережного Лісостепу: науково-методичні рекомендації/ В.Ф. Камінський, О.Г. Любчич, Р.Є. Грищенко, В.О. Сербенюк, **М.В. Гордієнко**. Вінниця: ТВОРИ, 2025. 48 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1 ЗНАЧЕННЯ ПРОСА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ВИРОЩУВАННЯ	24
1.1.Значення проса, стан та перспективи вирощування культури в Україні .	24
1.2. Ботаніко-морфологічна характеристика рослин проса.....	28
1.3. Особливості сучасних технологій вирощування проса	32
Висновки до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень	56
2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень	58
2.3. Програма і методики проведення досліджень	63
Висновки до розділу 2	67
РОЗДІЛ 3 ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ	69
3.1. Польова схожість насіння та збереження рослин до збирання залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння.....	69
3.2. Тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації рослин проса залежно від погодних умов	73
3.3. Динаміка формування висоти рослин проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння	81
3.4 Динаміка формування вегетативної маси рослин проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння.....	87
Висновки до розділу 3.	92

РОЗДІЛ 4 ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ	95
4.1. Динаміка формування листкової поверхні рослин проса	95
4.2. Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу посівами проса залежно від варіанту технології вирощування.....	108
4.3. Чиста продуктивність фотосинтезу посіву проса залежно від варіанту технології вирощування	111
4.4. Накопичення сухої маси рослинами та посівами проса залежно від варіанту технології вирощування.....	115
Висновки до розділу 4	126
РОЗДІЛ 5 ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	128
5.1. Показники елементів структури врожаю проса за різних варіантів технології вирощування	129
5.2. Урожайність проса за різних варіантів технології вирощування	135
5.3. Якість насіння проса за різних варіантів технології вирощування	144
Висновки до розділу 5	149
РОЗДІЛ 6 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИН ПРОСА ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ.....	151
Висновки до розділу 6	160
РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО ЗА РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	162
7.1. Економічна оцінка вирощування проса за різних технологій вирощування.....	163

7.2. Біоенергетична оцінка вирощування сої за різних технологій вирощування	166
Висновки до розділу 7	170
ВИСНОВКИ	171
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	174
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	175
ДОДАТКИ	197

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ННЦ «ІЗ НААН» - Національний науковий центр «Інститут землеробства
Національної академії аграрних наук України»

ДСТУ – Державний стандарт України

млн га – мільйонів гектар

тис. га – тисяч гектар

мг/кг – міліграм на кілограм

т/га – тон на гектар

л/т – літрів на тону

л/га – літрів на гектар

млн шт. – мільйон штук

мм – міліметрів

г/роsl. – грам на рослину

см – сантиметрів

см²/роsl. – квадратних сантиметрів на рослину

шт./роsl. – штук на рослині

шт./бобі – штук у бобі

г – грам

ВВСН – міжнародна шкала фаз росту і розвитку рослин (фенологічних фаз)

ЧПФП – чиста продуктивність фотосинтезу посіву

ФПП – фотосинтетичний потенціал посіву

К_{еe} – коефіцієнт біоенергетичної ефективності

НІР₀₅ – найменша істотна різниця за 5% рівня значимості

S – стандартне відхилення

V – коефіцієнт варіації

X – середнє значення

ВСТУП

Актуальність. Просо посівне є цінною харчовою культурою, яка використовується для дієтичного харчування та відновлення у період реабілітації у військовий період. Зерно проса також є незамінною кормовою культурою, а також стратегічною в питанні продовольчої безпеки країни. Просо вважається нішевою культурою переважно внутрішнього попиту. Потенціал продуктивності сортів проса посівного в Україні складає 10-12 т/га, проте середня урожайність впродовж останніх 5 років варіює від 1,61 до 2,35 т/га. Тому, одним із найважливіших завдань аграрної науки є максимальне зменшення такого розриву, особливо зважаючи на суттєві кліматичні зміни, які відбуваються.

Селекцією сортів проса посівного та розробленням технології його вирощування займалися українські вчені Яшовський І.В., Рудник-Іващенко О.І., Любчич О.Г., Грищенко Р.Є., Проданик А.М., Гамаюнова В.В., Аверчев О.В., та інші.

Нетипові гідротермічні умови, які відмічаємо, не відповідають біологічним вимогам культури, істотно змінюють порядок та інтенсивність проходження біохімічних процесів у рослині. Відхилення від середніх багаторічних показників кількості опадів і середньодобової температури повітря, варіабельність кліматичних умов у межах років, а також все частіші прояви екстремальних погодних явищ у критичні періоди онтогенезу, що викликає стресовий стан у рослин, спричиняють зміни інтенсивності та напрямку перебігу фізіологічних процесів, від яких залежить формування кінцевої продуктивності культур.

На сьогоденній день проводиться недостатня кількість досліджень щодо процесів формування продуктивності посівами проса з метою максимальної реалізації потенціалу сортів культури. Рекомендовані виробництву технології вирощування проса не враховують повною мірою

необхідність пристосування агрофітоценозів культури до мінливості погодних умов, тому потребують доопрацювання з метою її адаптації до умов сьогодення, починаючи з проростання насіння і до періоду господарської стиглості зерна.

Адаптація технології вирощування проса до змін клімату шляхом використання біологічних препаратів, стимуляторів росту рослин, необхідних органо-мінеральних добрив у критичні періоди розвитку культури дозволять не лише більшою мірою забезпечити потреби рослин у життєво необхідних чинниках, але й раціонально використати ресурси, отримуючи при цьому стабільний врожай зерна та високу економічну ефективність виробництва.

Проведені дослідження у цьому напрямі сприяють поглибленню наукових основ формування продуктивності проса, мають теоретичне значення для аграрної науки. Практичну цінність мають розроблені та удосконалені елементи технології вирощування, забезпечуючи підвищення врожайності культури та валових зборів зерна.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили упродовж 2023-2025 рр. згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт ННЦ «ІЗ НААН» у межах ПНД 15 «Агробіологічні системи виробництва зерна в Україні. Селекція і насінництво кукурудзи і сорго» («Системи виробництва зерна», підпрограми 03 «Агробіологічні системи вирощування зернових культур у Лісостепу та Поліссі», за завданням 15.03.00.03.Ф «Теоретичне обґрунтування процесів формування продуктивності агроценозів круп'яних культур в умовах змін клімату» (№ державної реєстрації 0121U108764).

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень – встановити особливості формування продуктивності проса посівного залежно від удобрення й передпосівної бактеризації насіння, та удосконалити технологію вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі *завдання*:

- встановити особливості росту й розвитку рослин проса, тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації залежно від погодних умов, мінерального удобрення, передпосівної бактеризації насіння та позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом;
- встановити особливості формування фотосинтетичного апарату рослин проса та його функціонування в динаміці залежно від чинників, взятих для вивчення;
- визначити вплив елементів технології вирощування, а також гідротермічних показників років досліджень на врожайність та якість зерна проса;
- обґрунтувати економічну та біоенергетичну ефективність застосування досліджуваних агрозаходів у технології вирощування проса;
- удосконалити технологію вирощування проса в умовах Правобережного Лісостепу.

Об'єкт дослідження – процеси росту, розвитку та формування врожаю агроценозу проса посівного та якості зерна залежно від дози добрив, передпосівної бактеризації насіння та позакореневого підживлення рослин.

Предмет дослідження – сорт проса Заповітне, дози мінеральних добрив, передпосівне оброблення насіння комплексним бактеріальним препаратом, позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом у критичні періоди росту й розвитку рослин.

Методи дослідження. Методологічною основою досліджень в агрономії є спеціальні та загальноприйняті методи й методики. Польовий метод – для проведення фенологічних спостережень за фазами росту та розвитку рослин; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних показників рослин, показників елементів структури та врожаю зерна культури; розрахунковий – для підрахунку показників фотосинтетичної діяльності; дисперсійний, статистично-математичний – для проведення статистичної обробки даних і

дисперсійного аналізу; розрахунково-порівняльний – для визначення економічної та біоенергетичної ефективності досліджуваних елементів технології вирощування.

Наукова новизна одержаних результатів. Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, у якому, ґрунтуючись на аналізі та узагальненні отриманих результатів, оцінено вплив доз мінеральних добрив, передпосівного оброблення насіння комплексним бактеріальним препаратом і підживлення рослин органо-мінеральним добривом у критичні періоди росту та розвитку рослин проса посівного на морфометричні показники, фотосинтетичний потенціал та продуктивність в умовах Правобережного Лісостепу України.

Вперше:

- встановлено залежність тривалості міжфазних періодів та періоду вегетації рослин проса посівного сорту Заповітне від погодних чинників у роки досліджень в умовах Правобережного Лісостепу;
- визначено вплив досліджуваних агрозаходів технології вирощування проса та погодних умов на особливості функціонування листкового апарату, накопичення вегетативної маси та сухої речовини упродовж періоду вегетації;
- з'ясовано особливості формування морфометричних показників рослин проса за поєднання в технології вирощування мінеральних добрив, передпосівного оброблення насіння бактеріальним препаратом та підживлення рослин у критичні періоди розвитку органо-мінеральним добривом;
- встановлено залежність рівня врожайності та якості зерна проса від поєднання в технології вирощування мінерального удобрення, передпосівного оброблення насіння бактеріальним препаратом, позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом та погодних умов років досліджень;
- завдяки функціональній діагностиці визначено реакцію хлоропластів на вміст у розчині та забезпечення рослин, залежно від варіантів удобрення, 14 макро- та мікроелементами, необхідних для росту та розвитку культури;

- за результатами економічної та біоенергетичної оцінки визначено найефективніші елементи технології вирощування проса, зроблені рекомендації виробництву.

Удосконалено технологію вирощування проса посівного в умовах Правобережного Лісостепу України, що передбачає внесення мінеральних добрив, проведення передпосівної бактеризації насіння та позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом у фазі кущіння, забезпечує її високу економічну та енергетичну ефективність.

Одержали подальший розвиток наукові положення щодо біологічних реакцій рослин проса залежно від доз мінеральних добрив, оброблення насіння комплексним біологічним препаратом та позакореневого їх підживлення органо-мінеральним добривом як окремих факторів, так і їх поєднання в єдиному технологічному процесі.

Практичне значення одержаних результатів. На основі встановлених закономірностей формування врожайності та якості зерна удосконалено технологію вирощування проса сорту Заповітне в умовах Правобережного Лісостепу, яка передбачає внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння, що забезпечує підвищення врожайності культури до 5,08 т/га за показника на контролі 3,37 т/га.

Розроблена технологія вирощування проса впроваджена у ФГ «Зернівка» у 2024 р. на площі 4 га і у 2025 р. – на площі 8 га. За застосування рекомендованої технології отриманий економічний ефект був на рівні 26877 грн/га у 2024 р. та 27646 грн/га у 2025 р. Також рекомендована технологія вирощування була застосована у ТОВ «Обрій», на площі 6,5 га у 2024 р. та 9,2 га у 2025 р. Вдалося отримати економічний ефект на рівні 27034 грн/га у 2024 р. та 28123 грн/га у 2025 р.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Ідеї, постановка проблеми, теоретичні і практичні положення розроблено автором самостійно. Також самостійно здійснений аналіз та узагальнення результатів досліджень, сформульовано висновки. Друковані праці за темою дисертації підготовлено самостійно та у співавторстві. У працях, опублікованих у співавторстві, частка авторства полягає в плануванні та виконанні експериментальних досліджень, узагальненні та опрацюванні результатів, а також підготовці рукописів до друку. У спільних публікаціях права співавторів не порушено.

Апробація результатів дисертації. Основні результати та положення дисертації було представлено на 8 міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях: «Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів» (м. Вінниця, 14 вересня 2023 року); «Наукові основи адаптивного землеробства» (м. Дніпро, 16-17 травня 2024 року); «Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур» (м. Полтава, 29 березня 2024 року); «Інноваційні екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану» (м. Київ – Сквиря, 20 серпня 2024 р.); «Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави» (м. Київ, 24 жовтня 2024 р.); «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції» (с-ще Чабани, 17 червня 2025 р.); «Сучасне і майбутнє систем землеробства: парадигма розвитку в контексті глобальних викликів та інноваційних рішень» (с-ще Чабани, 5 листопада 2025 р.); *«Інтеграція науки, технологій та освіти в умовах глобальних змін: виклики та можливості науково-практична конференція* (м. Сан-Франциско, США, 26 лютого 2026 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 13 наукових праць, із них 4 – статті у наукових фахових виданнях України, що відносяться до категорії Б, 8 – матеріали наукових конференцій 1 – науково-методичні рекомендації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація містить анотації, вступ, сім розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертації викладено на 213 сторінках друкованого тексту, у тому числі основний зміст – на 137 сторінках. Робота містить 19 рисунків, 26 таблиць. Загальний список використаної літератури містить 256 джерела, у т. ч. 49 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ЗНАЧЕННЯ ПРОСА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ВИРОЩУВАННЯ

Просо посівне (*Panicum miliaceum* L.) належить до найдавніших сільськогосподарських культур людства, на території України вирощується ще з часів Трипільської культури [213]. У сучасних глобальних умовах кліматичних змін, зростання посушливості та необхідності диверсифікації зернового виробництва ця культура набуває особливого значення.

Просо посівне належить до цінних круп'яних культур, які мають стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки України та світу загалом [1, 14]. Велику увагу до цієї культури привернуло проголошення Генеральною Асамблеєю ООН 2023 року Міжнародним роком проса, що актуалізувало дослідження, спрямовані на удосконалення технологій його виробництва [135, 167].

Незважаючи на тривалу історію культивування, технологія вирощування проса потребує вдосконалення з урахуванням сучасних агрономічних знань, нових сортів та динамічності кліматичних умов. Актуальність дослідження питань технології вирощування проса зумовлена необхідністю підвищення його продуктивності, поліпшення якості зерна та адаптації агротехнічних прийомів до конкретних ґрунтово-кліматичних зон.

1.1.Значення проса, стан та перспективи вирощування культури в Україні

Серед круп'яних культур України найбільш поширеною є просо. Воно ціниться своїм пшоном, яке відзначається високими харчовими якістьми. У його складі вміст білка становить близько 12 %, крохмалю 81 %, жиру 3,5 %, клітковини 1–2 %. За вмістом білка пшоно порівнюється до манної і кукурудзяної круп, перевищує ячмінну, перлову, гречану і особливо рисову

крупни, поступаючись лише вівсяній, яка містить до 16 % білка. У його складі більше жиру, порівняно із крупами інших культур, окрім вівсяної, має багато крохмалю та порівняно мало клітковини [161].

Пшоно також багате на зольні елементи (особливо кремній, який корисний для кісток, шкіри, волосся та нігтів; мідь, яка забезпечує еластичність тканин організму, залізо, фтор, магній, марганець), містить важливі вітаміни (В1, В2, РР), а також мікроелементи. Швидко у приготуванні (через 25-30 хв), дає значний навар (12–13 %), а каша добре засвоюється організмом людини. Інколи з пшона виготовляють борошно, яке використовують у кондитерській промисловості [59, 193, 210].

За кормовим значенням просо є незамінним кормом для курчат. Використання проса для дорослих курей підвищує їх несучість і міцність шкарлупи яєць. Відходи від переробки проса на пшоно, у складі яких міститься до 16 % білка та багато жиру є цінним концентрованим кормом для тварин. Луску, яка залишається при виробництві пшона, використовують для виготовлення комбікормів [1]. До цінних грубих кормів належить просяна солома, яка при збиранні проса на зерно зберігає зеленуватий стан, добре облістнена, має приємний запах і поживніша, ніж солома інших культур. У 100 кг її міститься 50 кормових одиниць. Гарним кормом є також полова, 100 кг якої міститься 42 к. о. Просо в зеленому стані добре поїдається великою рогатою худобою, вівцями, тому його вирощують на зелений корм, сіно, для випасання худоби [111].

Культура характеризується високою посухостійкістю, відносно низьким коефіцієнтом водоспоживання та здатністю формувати стабільні врожаї навіть за несприятливих гідротермічних умов, що робить її особливо перспективною в контексті кліматичних змін [32, 204]. Тому в умовах сьогодення просо має цінне агротехнічне значення: використовується як страхова культура для пересівання загиблої озимини, придатна для післяукісних та післяжнивних

посівів, може використовуватись як покривна культура для багаторічних трав [111].

Один з ключових агроекологічних факторів, які впливають на продуктивність проса, є кліматичні умови регіону. Умови Правобережного Лісостепу України характеризуються помірним континентальним кліматом, з достатньо вологим літом і помірною кількістю опадів упродовж року. Такі умови сприятливі для вирощування проса, проте існують ризики несприятливих погодних явищ таких як засуха чи град, що можуть негативно впливати на продуктивність проса у посівах [12, 13].

Прогноз збільшення виробництва проса в Україні (якщо воно відбудеться) можна буде пояснити тим, що в умовах зміни клімату, просо як посухостійка та жаростійка культура буде використана в першу чергу як страхова культура (рис. 1.1).

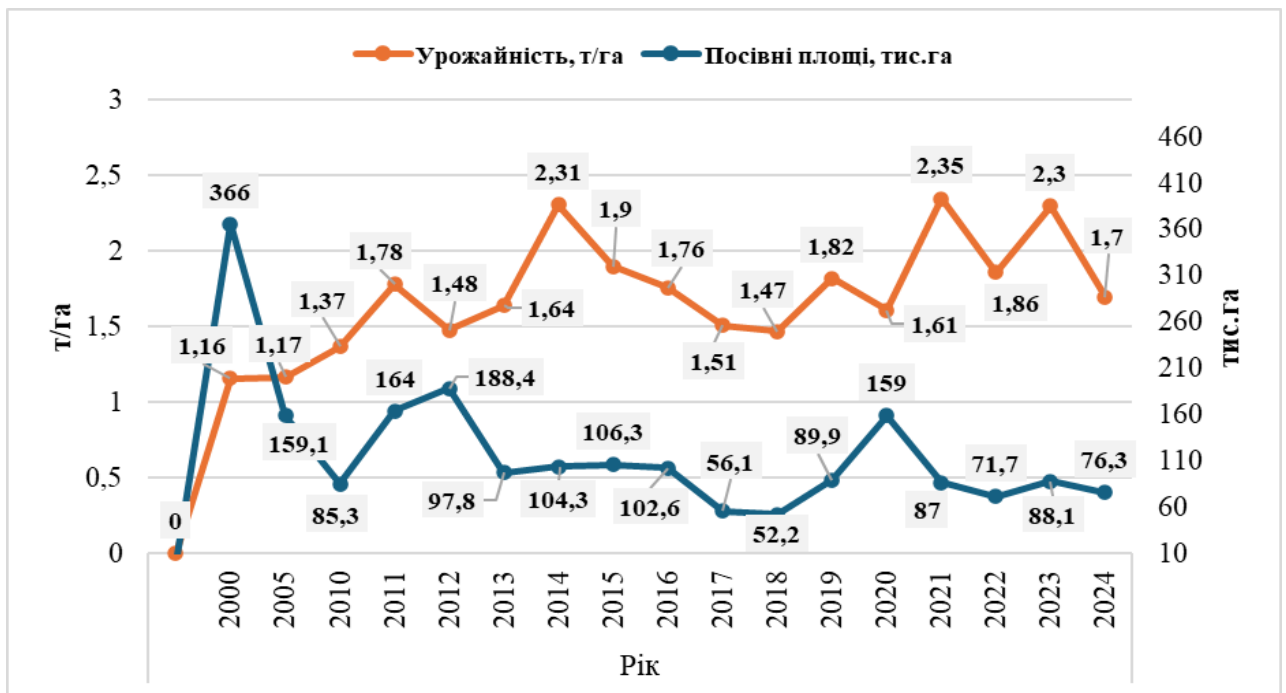


Рис. 1.1. Посівні площі та урожайність проса в Україні у 2012-2025 рр.

Аргументами цього слугують: мала норма висіву, короткий період вегетації, посухостійка, жаростійка, можлива пізня сівба (температура в насінневу ложі 10-12°C). Досягнення українських селекціонерів останніх років дозволили суттєво збільшити потенціал проса до 10-12 т/га, підвищити

посухостійкість, стійкість до ураження летючою сажкою, збільшити крупність насіння. Саме ці фактори вказують на можливість ефективного використання в умовах сучасних тенденцій зміни клімату 19].

У світовому масштабі просо залишається важливою зерновою культурою, особливо для країн Азії та Африки. За даними ФАО, глобальне виробництво проса у 2023 році досягло 30,80 млн т, а основними виробниками є Індія, Нігер і Китай, на які сукупно припадає близько 60% світового виробництва. Не дивлячись на те, що за останні десятиліття світові площі під просом скоротилися майже на третину, відбувається зростання інтересу до культури в контексті змін клімату [152, 154, 160].

В Україні спостерігається аналогічна тенденція, якщо у 90-х роках площі посіву сягали 200–300 тис. га, а у 2000 та 2004 роках перевищували 430 тис. га, то у 2022 році вони скоротилися до 49,1 тис. га, а у 2024 році становили 89,3 тис. га. Середня врожайність його коливається в межах 2,0–3,5 т/га, в той час як потенціал сучасних сортів за дотримання технології сягає 10–12 т/га. Не дивлячись на скорочення площ посіву, просо зберігає значні перспективи як посухостійка та жаростійка культура в умовах глобальних кліматичних змін [12, 111, 152].

Урожайність проса впродовж аналізованого періоду, навпаки, демонструє позитивну динаміку. Якщо у 2000–2005 рр. середня урожайність становила 1,16–1,17 т/га, то починаючи з 2011 р. вона стабільно перевищує 1,5 т/га. Найвищі показники урожайності було отримано у 2014 р. (2,31 т/га), 2021 р. (2,35 т/га) та 2023 р. (2,3 т/га), що свідчить про позитивний вплив впровадження сучасних агротехнологій, нових сортів та оптимізації систем живлення рослин. Водночас показник характеризується суттєвою міжрічною варіабельністю, зумовленою, насамперед, погодно-кліматичними умовами періоду вегетації культури [26, 31]. У середньому за 2020–2025 рр. урожайність проса в Україні становила близько 1,93 т/га, що є значно вищим порівняно з показниками початку 2000-х років.

1.2. Ботаніко-морфологічна характеристика рослин проса

Рід проса *Panicum* L. багатий видовим складом – об'єднує близько 400 видів одно- і багаторічних трав'янистих рослин, має поліплоїдний ряд ($2n-18, 36, 54, 72$). У нашій країні в землеробстві найпоширеніші є два види проса – звичайне, або посівне (*Panicum milaceum* L.), та головчасте, або італійське (*Setaria italica* L.), поширене як кормова культура [54, 57]. Окрім вказаних видів, в Україні зустрічаються ще такі види проса, як прутоподібне, або лозове (*Panicum vilgatum*), волосовидне (*Panicum capitulare*), африканське, або перлове (*Pennisetum glaucum*) та підвиди проса головчатого могоар (*Setaria italica ssp. moharicum*) і чумиза (*Setaria italica ssp. maxima*) [97, 208].

Просо посівне – однорічна яра трав'яниста рослина. Характеризується мичкуватою кореневою системою, що проникає у ґрунт на глибину до 1-1,2 м і глибше із поширенням у сторони до 0,5 м. Найкраще розвивається на пухких ґрунтах, формуючи щільну мережу коренів. За достатньої вологості ґрунту, удобрення та теплій погоді на нижніх надземних стеблових вузлах можуть утворюватися повітряні (опірні) корені. Особливістю кореневої системи проса є її низька засвоювальна здатність. Стебло – прямостояча порожниста соломка заввишки 0,4–1,5 м при середній висоті її 0,8–1,2 м; складається з 5–10 міжвузлів, відкриті частини яких, крім верхнього, слабо опушені. Стебла за сприятливих умов здатні до гілкування, утворюючи бічні гілки з продуктивними суцвіттями [167].

В умовах достатнього зволоження ґрунту і за звичайного рядкового способу сівби може утворювати кущ, який містить 5–10 і більше продуктивних стебел. За звичайної рядкової сівби утворюється 2–3 продуктивних стебел. Листки мають лінійно-ланцетну листову пластинку завдовжки 15–65 (см) із шириною листа в межах 1,5–4 см. Вушка відсутні, язичок короткий, війчастий. Суцвіттям є волоть завдовжки 10–40 см, на осі

якої розміщуються внизу півкільцями, вище спіральне по 10–40 гілок першого порядку та багато другого – п'ятого порядків. В основі гілок у деяких форм проса утворюються невеликі потовщення (пухирці) – подушечки. Завдяки цьому у деяких форм проса гілки вищих порядків відхиляються від осі та інших гілок під більшим чи меншим кутом і волоть набуває відповідної форми. На кінцях кожної гілочки розміщуються два колоски, з яких один – редукований до короткої колоскової луски, другий – з двома довгими колосковими лусками, між якими знаходяться дві квітки – одна безплідна, у вигляді двох невеликих квіткових лусочок, друга – з нормально розвиненими квітковими лусками, тичинками та маточкою [72].

Просо посівне є факультативною самозапильною рослиною із перехресним запиленням, що спостерігається у 1–10 % рослин, іноді – 15–20 %. Плід – плівчаста зернівка. Квіткові луски охоплюють зернівку, але не зростаються з нею. Спираючись на різну будову лусок проса поділяють на дві групи: тонко плівчасте із зморшкуватими лусками, які легко обрушуються руками, так зване легко “шеретувате” просо (з плівчастістю 5–8 %), та грубо-плівчасте – з грубими гладенькими лусками, які важко обрушуються руками (з плівчастістю 9–20 %). У грубо плівчастого проса квіткові луски характеризуються різним забарвленням: біле, кремове, жовте, золотисто-жовте, червоне, бронзове, каштанове, сіре, чорне, двокольорове (боки червоні або жовті, а верх світлий). За формою зернівки кулясті, овальні, видовжені, завдовжки 2–3,3 і завширшки 1,5–2,5 мм. Маса 1000 зерен – 5–10 г. Насінина (пшоно, ядро) округла, гола, світло жовтого, кремового, брудно-жовтого забарвлення [122].

Просо є вибагливим до тепла й світла, тому, особливо, в перший період вегетації дуже повільно розвивається і вимагає спеціальної підготовки ґрунту з метою очищення його від бур'янів. Проростання насіння починає відбуватися при температурі ґрунту 6–8 °С, а отримання дружніх сходів вдається отримати за температури 12–15 °С. Сходи дуже чутливі до

заморозків і можуть відмирати при зниженні температури до 3–3,5 °С. Така чутливість рослин до температурного режиму потребує застосування антистресових та морфорегулюючих препаратів, особливо за вирощування при нинішніх кліматичних змінах. В період вегетації рослини є стійкими до високих температур, що досить гарно підходить під погодні умови України. Період вегетації скоростиглих сортів триває 60–70 діб, середньостиглих – 70–90, пізньостиглих – 100–120 діб. Просо відноситься до рослин короткого дня. Для проростання насіння достатньо 25-34 % води від маси насіння, що значно менше, ніж у інших зернових культур. Зосередження кореневої системи у верхньому шарі ґрунту обумовлює низьку засвоювальну здатність, що характеризує рослини, як вибагливими до поживного режиму ґрунту. Таке розташування кореневої системи обумовлює також високу чутливість до вологозабезпечення. Найінтенсивніше засвоєння поживних речовин відбувається у період від виходу в трубку до викидання волоті та цвітіння, тобто у період формування врожаю. Найкраще росте на чорноземах і каштанових легкого механічного складу ґрунтах [195].

За морфо-біологічними властивостями просо значно відрізняється від інших зернових культур. Воно характеризується 9 критичними фазами росту і розвитку: проростання (ВВСН 05-07), сходи (ВВСН 09), утворення вторинних коренів (ВВСН 12), кушіння (ВВСН 21), вихід в трубку (ВВСН 31), стеблуння (ВВСН 35-39), викидання волоті (ВВСН 51), цвітіння (ВВСН 61) і дозрівання (ВВСН 83) [47]. Кожна фаза росту і розвитку рослин відповідає за окремі життєво-важливі онтогенетичні, фізіологічні і морфологічні зміни, що визначають рівень продуктивності рослин і якість продукції. Розрізняють фенологічні фази росту і розвитку, що характеризуються чітко вираженими зовнішніми морфологічними змінами.

Процес проростання насіння починається з набубнявіння насіння і закінчується появою першого зеленого листка. Сходи проса з'являються при оптимальних умовах на 7-9-ту добу після сівби, за сприятливих умовах навіть

може бути на 4-5-ту добу. Процес утворення вторинних коренів у проса відбувається з появою третього листка. У фазі стеблуння розпочинається диференціація колосків в мітелці. Цвітіння є найбільш важливим етапом росту і розвитку культури для нормально утворення насіння, що безпосередньо впливає на рівень врожаю проса. Важливим завершальним етапом у періоді вегетації проса є наливання і дозрівання насіння. Дозрівання насіння розпочинається із верхньої частини мітелки [151].

В останні роки зросла кількість публікацій, присвячених фізіолого-фенологічній оцінці проса, зокрема посівного, в умовах змін клімату. Зокрема, Білик М.П. (2015) визначив, що найвразливішими до метеофакторів для рослин культури є фази трубкування та колосіння, а зменшення їх тривалості під дією високих температур і нестачі вологи призводить до зниження продуктивності [113].

Журавель В.В. (2020) відмічає поступове збільшення суми ефективних температур та подовження періоду активної вегетації на 7–12 діб, порівняно з кліматичними нормами ХХ століття. Ці зміни мають як позитивні, так і негативні наслідки для темпів розвитку теплолюбних культур, зокрема проса посівного [64].

У роботі Ковальчук І.П. (2021) узагальнено фенологічні спостереження за різними культурами у Центральній Україні упродовж 2005–2020 рр., з акцентом на скорочення тривалості ранніх фаз онтогенезу за рахунок підвищення весняних температур [101].

У вітчизняному науковому середовищі питання тривалості міжфазних періодів досліджується здебільшого у рамках спостережень польових дослідів.

Питання оптимізації строків сівби, добору сортів та розробки адаптивної агротехніки проса відповідно до специфіки кліматичних змін в окремих агрокліматичних підзонах залишається недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень. У цьому контексті особливого значення набувають регіональні дослідження, що враховують локальні погодні сценарії та

дозволяють коригувати технологічні карти вирощування культури. Існує необхідність у ґрунтовному аналізі впливу погодних факторів на тривалість вегетаційного періоду та окремих міжфазних періодів розвитку проса в умовах Правобережного Лісостепу. Такі дослідження сприятимуть підвищенню ефективності технологій вирощування проса та дозволять оптимізувати агротехнічні прийоми відповідно до конкретних кліматичних умов.

1.3. Особливості сучасних технологій вирощування проса

Теоретичні засади оптимізації процесів формування продуктивності проса включають в себе розгляд агроекологічних факторів, які впливають на урожайність та якість продукції, а також вивчення методів та технологій, що дозволяють підвищити ефективність вирощування культури [26].

Важливим фактором у технології вирощування проса є вибір сорту та оптимального строку сівби. Для Правобережного Лісостепу України рекомендується використовувати сорти проса, які мають оптимальний набір адаптованих для цієї зони характеристик, задля отримання можливості реалізації генетичного потенціалу культури [53].

У процесі формування продуктивності проса важливу роль відіграє догляд за посівами та застосування різноманітних агротехнічних заходів. Зокрема, до них належать обробіток ґрунту, захист від шкідників та хвороб, використання добрив та біопрепаратів, а також інших заходів, які можуть позитивно вплинути на врожайність культури та якість продукції [159].

Оптимізація процесів формування продуктивності проса полягає в комплексному підході до вирішення ряду завдань, пов'язаних із специфічністю проблематики вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Визначальним фактором оптимального розвитку та формування врожаю сільськогосподарських культур є забезпечення рослин поживними

речовинами. Елементи живлення рослини засвоюють від початку фази сходів. Нестача їх в процесі подальшого розвитку рослин спричиняє зниження рівня врожайності [184].

Доведено, що використання добрив має вагомий вплив на агрохімічні властивості ґрунту [205]. За рахунок цього підвищує забезпеченість ґрунту доступними елементами живлення, що безпосередньо сприяє поліпшенню показників росту й розвитку рослин та формуванню вищої врожайності вцілому [86].

Просо є досить вибагливим до родючості ґрунту, потребує нейтральної реакції ґрунтового розчину – $\text{pH} = 6,5-7,5$. За період вегетації просо з 1 т насіння та відповідною кількістю побічної продукції виносить 30 кг азоту, 9 кг фосфору і 29 кг калію. На початку росту йому потрібен насамперед фосфор, який стимулює розвиток кореневої системи, але в цей час засвоює також азот і калій. Значну частину елементів живлення просо засвоює у фазах куціння і цвітіння. За цей період рослини споживають близько 70 % азоту, 60 – фосфору і майже 45 % калію. Решту елементів живлення просо потребує в процесі формування і досягання зерна. Семе у цей період важлива роль належить фосфору, який разом з азотом забезпечує виповненість зерна та високий вміст у ньому жирів [44].

Серед ключових напрямів підвищення продуктивності проса посівного в умовах Правобережного Лісостепу України дослідниками виділяється оптимізація сортового складу та основних елементів технології вирощування. Добір сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, розглядається як один із найбільш дієвих та економічно обґрунтованих агротехнічних заходів, що дозволяє повніше реалізувати генетичний потенціал культури [167].

Іншим аспектом оптимізації технології вирощування є раціональне використання добрив та застосування засобів захисту рослин, який може бути досягнутий шляхом використання точного землеробства та агрономічного

контролю за вирощуванням культури. Крім того, слід розглядати варіанти використання біопрепаратів та регуляторів росту у критичні періоди онтогенезу проса, що, у свою чергу, може сприяти суттєвому підвищенню продуктивності культури [31].

Ще одним вагомим аспектом у технології вирощування проса, є оптимізація продуктивності, а саме, акумуляція доступної вологи та її раціональне використання, адже умови Правобережного Лісостепу України часто характеризуються нестабільним зволоженням. Просо хоч і вважається доволі посухостійкою культурою, проте все ж оптимальний водний режим ґрунту дозволяє отримати від культури максимальну віддачу, за рахунок суттєвого нівелювання впливу стресів і рівномірного проходження процесів росту і розвитку рослин. Саме тому розробка та впровадження методів збереження та ефективного використання ґрунтової вологи є доволі важливою умовою для досягнення високої продуктивності проса [114].

Таким чином, оптимізація процесів формування продуктивності проса в умовах Правобережного лісостепу України потребує оптимального комплексного підходу із врахуванням всіх аспектів вирощування цієї культури.

Саме цьому передуює вивчення динаміки споживання поживних речовин із ґрунту впродовж вегетації. Інтенсивне засвоєння азоту та фосфору починається у фазі кущіння і досягає максимуму під час виходу в трубку та викидання волоті [164]. За даними А.М. Польового [163], 60-70 % загальної потреби в азоті просо засвоює у першій половині періоду вегетації, що визначає доцільність внесення більшої частини азотних добрив у допосівний період або у вигляді підживлення у фазі кущіння.

Азот є елементом, що найбільше впливає на продуктивність проса серед макроелементів. Він входить до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та ферментів, які приймають участь у фотосинтезу та накопичення пластичних речовини [85]. Численні дослідження, проведені в зоні Лісостепу України,

свідчать про чіткий позитивний відгук проса на застосування азотних добрив [8, 18 157].

О.С. Пилипенко та О.В. Бойко [157] у багаторічних дослідках на чорноземах опідзолених Правобережного Лісостепу встановили, що внесення N_{50} підвищувало врожайність зерна проса на 0,35-0,48 т/га порівняно з контролем, N_{100} – на 0,55-0,72 т/га. При підвищенні норм азоту до N_{150} і більше ефективність добрив знижувалась, а надмірне живлення сприяло зменшенню стійкості до вилягання рослин та ураженню їх хворобами.

Дуже важливе значення має форма азотних добрив. Проведені порівняльні дослідження показали, що аміачна селітра та КАС забезпечують приблизно рівноцінний ефект на урожайність проса [118]. Застосування сульфату амонію на кислих ґрунтах підзолистого типу поступається нітратним формам, тоді як на нейтральних та слабколужних чорноземах різниця між формами азотних добрив незначна [120].

Роздільне внесення азоту є ефективним агрозаходом для підвищення використання добрив рослинами. Схема N_{60} (допосівно) + N_3 (підживлення у фазі кушіння) в умовах Правобережного Лісостепу забезпечувала достовірну прибавку врожайності порівняно з одноразовим внесенням тієї ж норми – в середньому на 0,12-0,18 т/га [118]. Підживлення у пізніші строки (вихід у трубку, колосіння) мало менший і не стабільний ефект [26, 32, 124].

Сучасні дослідники акцентують увагу на залежності оптимальних норм азоту від попередника та вмісту нітратної форми азоту у ґрунті весною. На полях після бобових культур, що залишають 30–50 кг/га біологічного азоту, є доцільним зменшувати норми азотних добрив на відповідну величину [134].

Фосфор має ключову роль у ранньому розвитку рослин проса, а саме, у формуванні кореневої системи та генеративних органів, синтезі АТФ та нуклеїнових кислот [147]. Забезпечення рослин фосфорним живленням у початковій фазі росту та розвитку є критично важливе, оскільки коренева

система молодих рослин відрізняється низькою поглинальною здатністю [148].

За результатами досліджень, проведених на дослідних полях Уманського НУС та Вінницького НАЕУ, на ґрунтах із середнім вмістом рухомого фосфору оптимальними нормами P_2O_5 для проса є 45–60 кг/га [148]. На збіднених фосфором ґрунтах Лісостепу ефективним є поєднання основного внесення добрив із рядковим (10-15 кг/га у вигляді суперфосфату), що забезпечило прирост врожайності 0,20-0,30 т/га порівняно з лише основним внесенням [153].

Взаємодія фосфорних добрив із азотними має синергійний характер: найбільший ефект від азоту проявляється за достатнього фосфорного живлення і навпаки [158]. Л.О. Рябовол та ін. [57, 175] встановили, що в умовах Правобережного Лісостепу оптимальне співвідношення N:P у системі удобрення проса становить 2:1, що забезпечує найвищий коефіцієнт використання добрив та найкращу рентабельність виробництва.

Незважаючи на те, що більшість ґрунтів Правобережного Лісостепу характеризується помірним та підвищеним вмістом рухомого фосфору внаслідок тривалого застосування мінеральних добрив, у технологіях вирощування проса фосфорне живлення залишається обов'язковим елементом системи удобрення [157, 164]. Поступове зниження фосфорного фону спричиняє достовірне зменшення врожайності навіть за оптимального азотно-калійного живлення [163].

Калій відіграє важливу роль у регуляції водного балансу рослин проса, синтезі вуглеводів і підвищенні стійкості до посухи [45]. Засвоєння калію рослинами проса відбувається відносно рівномірно впродовж періоду його вегетації з деяким переважанням у першій половині. Дослідженнями, проведеними в умовах Правобережного Лісостепу, встановлено, що за недостатнього калійного живлення навіть при оптимальному азотно-фосфорному режимі врожайність зерна суттєво знижується [77].

Реакція проса на калійні добрива залежить від ґрунтових умов. На важких чорноземних ґрунтах, які зазвичай добре забезпечені обмінним калієм, ефект від внесення K_2O буває невисоким, а на легших за гранулометричним складом ґрунтах сірого та ясно-сірого типу, поширених у Правобережному Лісостепу, реакція проса на ці добрива значно суттєвіша. Г.М. Косяк та Д.П. Степаненко [109] у дослідях на сірих лісових ґрунтах Хмельниччини встановили, що внесення K_{60} у складі повного мінерального добрива ($N_{90}P_{60}K_{60}$) підвищувало врожайність зерна проса на 0,28-0,35 т/га порівняно з варіантом $N_{90}P_{60}$.

Застосування повного мінерального добрива позитивно впливає не лише на кількісні, але й на якісні показники зерна проса. Підвищення рівня НРК-живлення в межах оптимальних норм закономірно збільшує вміст білка у зерні на 1,5-2,5 %, крохмалю – на 1,0-1,8 %, покращує технологічні властивості зерна [180, 203]. Ці дані мають практичне значення для виробництва проса, що призначається для харчової промисловості та виготовлення крупи.

Сучасне землеробство перебуває на етапі трансформації від інтенсивного використання хімічних засобів до екологічно збалансованих систем господарювання. Застосування мінеральних добрив та пестицидів у великій кількості призводить до підсилення деградації ґрунтів, порушення їх біологічної активності, накопичення токсичних речовин, що обумовлює зниження якості сільськогосподарської продукції [213]. За даними Світової продовольчої організації (FAO), близько 33 % світових ґрунтів є деградованими, що становить серйозну загрозу для продовольчої безпеки [213].

В Україні ця проблема набула особливої гостроти. Дослідження показують, що за період з 1990 по 2010 роки середній вміст гумусу в українських ґрунтах зменшився на 0,22 % в абсолютних значеннях, особливо помітно це у степовій зоні (FAO, 2018). Близько 16 мільйонів гектарів земель зазнали ерозії, а втрати гумусу на цих землях досягли 30-70 % [179]. Водночас,

майже 60 % українських ґрунтів виснажені за вмістом цинку та інших мікроелементів [4, 19, 209].

На сьогодні відбувається все більший перехід до технологій вирощування біопрепаратів мікробного походження, які розглядаються як альтернатива або доповнення до хімічних добрив та засобів захисту рослин. До цих препаратів належать симбіотичні та асоціативні бактерії (*Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*), арбускулярні мікоризні гриби (AMF) та інші мікроорганізми, здатні мобілізувати поживні речовини, стимулювати фізіологічні процеси та підвищувати стійкість рослин до абіотичних і біотичних стресів [244]. Переваги використання біопрепаратів полягають у покращенні доступності мінеральних сполук азоту, рухомих фосфору та мікроелементів; посилення фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни), що стимулюють ріст; посиленні фотосинтетичної активності та наростання вегетативної біомаси; підвищенні стійкості до посухи, засолення, фітопатогенів, а також екологічній безпечності та зниженні хімічного навантаження на агроecosистему в цілому [256]. Разом із тим, недоліками біопрепаратів є нестабільність дії, їх чутливість до умов зберігання та транспортування у різних ґрунтово-кліматичних умовах, залежність від агротехнічних прийомів та складність у збереженні життєздатності мікроорганізмів у комерційних препаратах [256];

З огляду на глобальні виклики – кліматичні зміни, деградація ґрунтів та потреба у сталому виробництві продуктів харчування – впровадження біопрепаратів є стратегічним напрямом розвитку агробіотехнологій. Особливо актуальним це є для малопоширених культур, до яких належить і просо (*Panicum miliaceum L.*), завдяки його стійкості до посухи, низької вимогливості до ґрунтів і високої поживної цінності зерна [227].

Одним із перспективних прийомів є біопримінг насіння за участю корисних бактерій. Доведено, що обробка насіння проса суспензією *Pseudomonas fluorescens* (20 %) позитивно впливає на ранні етапи онтогенезу.

Польові дослідження, проведені в умовах Tamil Nadu Agricultural University (сезон kharif 2016), показали, що насіння після біопримінгу мало вищу лабораторну та польову схожість, рослини характеризувалися збільшеною висотою, кількістю листків, вмістом хлорофілу та вищою інтенсивністю фотосинтезу [227]. Крім того, на пізніших етапах розвитку відмічалось підвищення сухої маси, маси волоті та 1000 зерен, що у підсумку зумовило вищу урожайність порівняно з контролем [152]. Цей прийом також сприяв зменшенню тривалості періоду від сівби до появи сходів і вирівнював розвиток рослин, що особливо важливо для культур із коротким періодом вегетації, таких як просо. Іншим ефективним методом біологічної стимуляції є інокуляція рослин АМФ, зокрема *Glomus intraradices*. У тепличних умовах за моделювання посухи (-0.68 МПа) встановлено, що у рослин проса (*Setaria italica*) АМФ-інокуляція забезпечувала значно вищу висоту рослин, масу волоті та зерна порівняно з рослинами, які виростили з не інокуюваного насіння [255].

Окрім морфологічних показників, мікориза посилювала антиоксидантну систему рослин: активність ферментів супероксиддисмутази (SOD), каталази (CAT), пероксидази (POD) і глутатіонредуктази (GR) була значно вищою, тоді як рівні маркерів оксидативного стресу (малоновий діальдегід – MDA, перекис водню – H_2O_2) знижувалися [256]. Це свідчить про зменшення негативних наслідків посухи та стабілізацію фізіологічного стану рослин за стресових умов вирощування.

Таким чином, результатами багатьох досліджень підтверджують високу ефективність використання біопрепаратів у технологіях вирощування проса. Зокрема, оброблення насіння *Pseudomonas fluorescens* покращує стартовий ріст і врожайні властивості культури, тоді як інокуляція АМФ підвищує її стійкість до абіотичних стресів, зокрема посухи. Обидва підходи мають значний потенціал для інтеграції у практику екологічно безпечного землеробства.

Дослідженнями Нікітенка М.П. та іншими [1, 82, 142, 143] по впливу дії біологічних добрив та багатофункціональних комплексних препаратів (біо-

гель, Хелафіт-Комбі, Гумікор та Гуміам-01), на процес формування урожайності проса є важливим для оцінки і вибору адаптаційних технологій вирощування. Було доведено, що за умови різної вологозабезпеченості за показником ГДК який характеризувався оптимальним середня урожайність за рік становила 2,8 т/га, за середньо-посушливого урожайність складала 2,5 т/га, а як слабо-посушливий урожайність за була на рівні 2,7 т/га. Проведення передпосівного оброблення насіння проса біодобривами здійснювалось з метою мінімізації впливу негативних факторів довкілля. Таке застосування препаратів у технології вирощування сприяли швидшому та рівномірному проростанню насіння, що дозволило отримати рівномірні та конкуруючі сходи. Краще адаптуватися росинам до стресових умов, таких як посуха або високі температури, що підвищувало їхньому виживанню та розвитку [101, 152, 211].

Дослідженнями по вивченню впливу передпосівного оброблення насіння біопрепаратами найкращу врожайність отримано з обробленням насіння препаратом агат-25К, у середньому за два роки посіви проса сформували від 3,29 до 3,69 т/га зерна [75, 109, 193].

Реалізації генетичного потенціалу врожайності проса у сучасних сортів може сягати 10,0-12,0 т/га, але необхідним є дотримання збалансованого мінерального живлення, зокрема важливим є оптимальне забезпечення рослин мікроелементами [5, 246]. Незважаючи на низькі концентрації мікроелементів у рослинах (від кількох мг до декількох десятків мг/кг сухої речовини), відіграють важливу критичну роль у фізіологічних та біохімічних процесах, приймаючи участь у фотосинтезі, диханні, синтезі білків, входять до складу нуклеїнових кислот, фітогормонів, а також у формуванні загального імунітету рослин [243, 247]. За результатами досліджень Беленіхіної А.В. та Костроміна В.М., передпосівне оброблення насіння препаратом агат-25К забезпечило найвищу врожайність проса — 3,29–3,69 т/га зерна [13, 14, 109, 193].

Серед мікроелементів особливе важливе значення для проса має цинк (Zn), оптимальним його вмістом в листках (фаза кущіння-виходу в трубку)

становить 25-50 мг/кг сухої речовини [5, 251]. Він є структурним компонентом, а також ко-фактором для більшості ніж 300 ферментів, в тому числі карбоангідразу, РНК- та ДНК-полімерази, приймає участь у синтезі триптофану (попередника індоліл-3-оцтової кислоти (ауксину), що регулює ростові процеси [5, 243]. Дослідження, проведені Хоменком В.Г. та Мазепою В.В., у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, показують, що дефіцит цинку на рослинах проса є досить поширеною проблемою, особливо на чорноземах звичайних степової зони, де вміст рухомих форм Zn зазвичай дуже низький [201]. Нестача цинку проявляється у вигляді міжжилкового хлорозу на молодих листках, укорочення міжвузлів, уповільнення росту та розвитку рослин, зокрема уповільнення настання фази цвітіння та формування зерна [246, 251].

Для коригування цинкового живлення проса рекомендують вносити сульфату цинку ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) у нормі 25-30 кг/га (що відповідатиме 5-6 кг д. р. Zn) під передпосівну культивуацію або у вигляді позакореневого підживлення 0,05-0, 1 % розчином у фази кущіння та виходу в трубку з нормою витрати робочого розчину 200-300 л/га [220, 237]. Найбільш ефективним добривом є його хелатовані форми (Zn-ЕДТА, Zn-ДТРА), використання яких у концентрації 0,02-0,05 % обумовлює підвищення рівня врожайності на 18-25 % та зростання вмісту білка в зерні на 1,2-1,8 % [231, 238]. Важливо враховувати те, що ефективність цинковмістних добрив знижується на карбонатних ґрунтах з реакцією ґрунтового розчину (рН) більше 7,5, і за надмірної кількості фосфору, у взаємодії утворює з цинком важкорозчинні сполуки [5, 251].

Одним з найбільш поширених мікроелементів у ґрунтах є залізо (Fe) (20-50 г/кг), але зазвичай його доступність для рослин обмежена через утворення нерозчинних оксидів та гідроксидів, особливо за показника рН > 7,0 [87, 231]. Його оптимальний вміст в листках проса становить в межах 100-300 мг/кг на суху речовину [216, 221]. Залізо є невід'ємним компонентом ферредоксину

(білка-переносника електронів у хлоропластах, цитохромів дихального ланцюга, каталази, пероксидази, нітратредуктази та інших ферментів) [236, 247]. Безпосередньо приймає участь у біосинтезі хлорофілу, хоча й не входить до його складу, активуючи ключові ферменти цього процесу [243].

Дефіцит заліза найчастіше спостерігається на карбонатних чорноземах південного Степу та каштанових ґрунтах, де показник кислотності досягає 7,8-8,2, а також солонцюватих ґрунтах [220, 232]. Дефіцит проявляється у вигляді яскраво вираженого хлорозу молодих листків, які набувають лимонно-жовтого забарвлення при збереженні зеленими жилок листка [236, 246]. Для зменшення дефіциту залізного ефективним є позакореневе підживлення хелатами формами (Fe-ЕДТА, Fe-ДТРА, Fe-ЕДДА) з концентрацією 0,05-0,15% у фазу 3-5 листків та кущіння [220, 237]. Внесення заліза в ґрунт у вигляді сульфату заліза ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) з нормою 50-100 кг/га є малоефективне через швидке переходження Fe^{2+} в нерозчинну форму Fe^{3+} , тому перевагу віддають позакореневим обробкам [230, 241].

Марганець (Mn) є не менш важливим за поширеністю мікроелементом у рослинах після заліза, цинку та бору, його оптимальний вміст у листках проса становить 30-150 мг/кг сухої речовини [231, 241]. Він відіграє важливу роль у роботі кисневовивільнюючого комплексу фотосистеми II, де атоми Mn приймають участь у каталізі розкладання молекули води з утворенням молекулярного кисню [241, 245]. Окрім цього, марганець активує понад 35 ферментів, включаючи малатдегідрогеназу, фосфоенолпіруваткарбоксилазу, РНК-полімеразу [221, 244].

Дефіцит марганцю зазвичай спостерігається на легких піщаних та супіщаних ґрунтах з показником рН > 6,5, та на карбонатних чорноземах після вапнування [231, 241]. Він проявляється у вигляді міжжилкового хлорозу листків середнього та верхнього ярусів, появою дрібних некротичних плям, сповільнення росту рослин та зниження стійкості до хвороб [244, 249]. Для поліпшення марганцевого живлення використовують сульфат марганцю

($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) під основний обробіток ґрунту у нормі 30-50 кг/га або позакоренево 0,1-0,2% розчином у фази куціння та виходу в трубку [218, 231]. Здебільшого використовують хелати марганцю (Mn-ЕДТА) вони є більш ефективні, їх застосовують у концентрації 0,05-0,1%, що найкраще забезпечує швидше його засвоєння [235, 236].

Мідь необхідна рослинам проса в концентрації 5-20 мг/кг на суху речовину листків [241, 243]. Вона є компонентом пластоціаніну – мідьвмісного білка тилакоїдних мембран, що приймає участь у транспорті електронів між фотосистемами, а також входить до складу цитохром-с-оксидази дихального ланцюга, аскорбатоксидази, поліфенолоксидази та інших ферментів [119, 123]. Мідь підвищує стійкість проса до полягання, посухи та грибних захворювань, стимулює синтез лігніну в клітинних стінках [242, 243].

Дефіцит міді найчастіше спостерігається на торфових, піщаних ґрунтах та осушених болотах, де вміст рухомих форм Cu може становити менше 0,5 мг/кг при критичному рівні 1,5 мг/кг [242, 249]. Симптоми недостатності включають хлороз та некроз кінчиків молодих листків, їх скручування, відставання в рості, пустозерність [241, 244]. Для усунення мідного дефіциту використовують мідний купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) у нормі 15-25 кг/га під основний обробіток або позакореневе підживлення 0,02-0,05% розчином [218, 235]. Ефективним є також протруювання насіння 0,05% розчином CuSO_4 або використання комплексних препаратів, що містять мідь у хелатній формі [140, 229].

Молібден (Mo) потрібен рослинам у найменших кількостях серед усіх мікроелементів – оптимальний вміст у листках становить 0,3-1,5 мг/кг сухої речовини [214, 234]. Проте його роль у метаболізмі азоту є виключно важливою, оскільки молібден входить до складу активного центру нітратредуктази – ферменту, що каталізує перший етап асиміляції нітратного азоту рослинами, відновлюючи нітрати (NO_3^-) до нітритів (NO_2^-) [234, 241].

Він також є компонентом ксантиноксидази, альдегідоксидази та інших ферментів [231, 245].

Для проса, яке часто вирощується в умовах обмеженого азотного живлення на бідніших ґрунтах, достатнє забезпечення молібденом має особливе значення, оскільки дозволяє ефективніше використовувати нітратні форми азоту [206, 244]. Дефіцит молібдену спостерігається на кислих ґрунтах з показником рН < 5,5, де його доступність різко знижується [89, 187]. Симптоми недостатності включають загальний хлороз старих листків, некроз країв листових пластинок, уповільнення росту [7, 114]. Для корекції молібденового живлення найефективнішим є передпосівна обробка насіння 0,05-0,1% розчином молібдату амонію $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4)$ з витратою 10 л на 1 т насіння або молібдату натрію $(\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ у нормі 100-200 г д.р. на гектарну норму висіву [159, 174]. Позакореневе підживлення 0,01-0,02% розчином у фазу кушіння також ефективне, особливо за умови нітратного живлення [177, 178].

Бор (В) займає особливе місце серед мікроелементів, оскільки є єдиним, який не входить до складу ферментів, але необхідний для їх нормального функціонування [241, 244]. Оптимальний вміст бору в листках проса становить 20-60 мг/кг сухої речовини [249]. Бор відіграє ключову роль у структурній організації клітинних стінок, утворюючи ефіри та інші пектинові речовини [241, 244]. Він також необхідний для транспорту цукрів через мембрани, синтезу нуклеїнових кислот, ростових процесів меристем, формування репродуктивних органів [231, 244].

Нестача бору особливо гостро проявляється в генеративну фазу розвитку проса, призводячи до порушення запилення, запліднення, розвитку ендосперму, що критично впливає на озерненість волоті та масу 1000 зерен [244, 249]. Дефіцит бору найчастіше спостерігається на легких піщаних ґрунтах після вапнування, а також у посушливі роки через обмежене надходження В з ґрунтовим розчином [235, 241]. Симптоми включають

потемніння та відмирання точки росту, деформацію молодих листків, погану озерненість, утворення щуплого зерна [244, 249].

Для оптимізації борного живлення проса рекомендується внесення борних добрив під основний обробіток (борна кислота 10-15 кг/га, бура 20-30 кг/га) або позакореневе підживлення [218, 235]. Особливо ефективним є дворазове позакореневе підживлення 0,05-0,1% розчином борної кислоти: перше – у фазу кушіння-початку виходу в трубку, друге – у фазу колосіння-початку цвітіння, що забезпечує підвищення врожайності на 12-18% та покращення якісних показників зерна [229, 236]. Передпосівна обробка насіння 0,02-0,05% розчином борної кислоти також виявилася ефективним агроприйомом, що прискорює появу сходів та покращує розвиток кореневої системи [231, 249].

Сучасні технології застосування мікродобрив для проса передбачають використання комплексних хелатних препаратів, які містять декілька мікроелементів у оптимальному співвідношенні [218, 229]. Хелатовані форми мікроелементів, де іони металів зв'язані з органічними лігандами (ЕДТА, ДТРА, EDDHA, цитрати, гумати), характеризуються високою розчинністю у воді (до 100 %), стабільністю в широкому діапазоні рН (4,0-9,0), здатністю легко проникати через кутикулу листка та клітинні мембрани, низькою фітотоксичністю [235, 236]. Застосування хелатних форм дозволяє знизити норми витрати діючих речовин у 2-3 рази порівняно з сульфатними формами при забезпеченні вищої ефективності [229, 236].

Важливим напрямком є також інтеграція мікроелементного живлення з використанням біопрепаратів на основі корисних мікроорганізмів, здатних солюбілізувати важкодоступні форми мікроелементів у ґрунті та синтезувати фітогормони, що стимулюють розвиток кореневої системи [215, 230, 234, 241]. Такі препарати містять штами бактерій родів *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, які здатні солюбілізувати важкодоступні форми мікроелементів у ґрунті через виділення органічних кислот (цитратної,

щавлевої, маленової), сидерофорів, що утворюють комплекси з залізом, та інших метаболітів [230, 234]. Гладкіх Є.Ю. та Лопушняк В.І. встановили, що бактеризація насіння проса комплексними біопрепаратами в поєднанні з позакореневим підживленням хелатами мікроелементів забезпечує синергетичний ефект, підвищуючи врожайність на 20–32% порівняно з контролем [31, 215, 242].

Бактерії роду *Bacillus subtilis* здатні мобілізувати фосфор та калій з важкодоступних сполук, а також синтезувати сидерофори, що підвищують доступність заліза для рослин на 30-40 [230, 251]. Азотфіксуючі бактерії *Azospirillum brasilense* не тільки забезпечують біологічну фіксацію атмосферного азоту (20-40 кг/га), але й синтезують фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни), що стимулюють розвиток кореневої системи та підвищують ефективність засвоєння мікроелементів [234, 241]. Фосфатмобілізуючі бактерії *Pseudomonas fluorescens* виділяють органічні кислоти, які переводять нерозчинні фосфати кальцію та заліза в доступні форми [218, 242].

Практична схема оптимізації мікроелементного живлення проса включає кілька етапів. На першому етапі проводять агрохімічну діагностику ґрунту та визначають вміст рухомих форм мікроелементів: Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo [110, 204]. При виявленні дефіциту ($Zn < 1,5$ мг/кг, $Cu < 1,0$ мг/кг, $Mn < 10$ мг/кг, $B < 0,5$ мг/кг ґрунту) проводять внесення відповідних мікродобрив під основний обробіток ґрунту [218, 235].

Другий етап – передпосівна обробка насіння комплексними препаратами, що містять мікроелементи в хелатній формі (Zn, Cu, Mo, Co) у поєднанні з біопрепаратами на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих бактерій [224, 231]. Норма витрати робочого розчину – 10 л/т насіння. Така обробка забезпечує стартове живлення проростків, прискорює появу сходів на 1-2 доби, підвищує польову схожість на 5-8 % та енергію проростання на 8-12% [229, 236].

Третій етап – позакореневі підживлення у критичні фази розвитку проса. Перше підживлення проводять у фазу кушіння (3-5 пагонів) комплексним розчином, що містить: Zn (ZnSO_4 0,05% або Zn-ЕДТА 0,02%), Mn (MnSO_4 0,1% або Mn-ЕДТА 0,05%), В (H_3BO_3 0,05%), Cu (CuSO_4 0,02%) [87, 93]. Друге підживлення проводять у фазу виходу в трубку – початку колосіння аналогічним складом з додаванням регуляторів росту на основі амінокислот [229, 236]. Норма витрати робочого розчину – 200-300 л/га. Обробки доцільно проводити у вечірній час або в похмуру погоду для запобігання опікам листя [235, 244].

Узагальнення результатів польових дослідів, проведених у різних ґрунтово-кліматичних зонах України впродовж 2018-2024 років, показує, що комплексне застосування мікродобрив забезпечує суттєве підвищення продуктивності проса [236, 250]. Камінський В.Ф. та Глієва О.В. підтвердили, що мікроелементне живлення суттєво покращує також якість зерна: вміст сирого протеїну зростає на 1,2–2,3 %, мінеральних речовин — на 15–25 %, покращуються технологічні властивості зерна [83, 84, 244, 249, 252]. У посушливі роки ефект від мікродобрив є більш вираженим, оскільки збалансоване живлення підвищує посухостійкість рослин через покращення роботи антиоксидантної системи [6, 245].

Окрім кількісних показників, мікроелементне живлення суттєво покращує якість зерна проса. Вміст сирого протеїну зростає на 1,2-2,3 % абсолютних (від базового рівня 11-12 % до 12,5-14,0 %), крохмалю – на 1,5-2,0 %, мінеральних речовин (Ca, Fe, Zn) – на 15-25 % [145, 197]. Знижується вміст важких металів (Cd, Pb) у зерні на 20-30 % через конкурентне поглинання есенціальних мікроелементів [10, 249]. Покращуються технологічні властивості зерна: підвищується натура на 15-25 г/л, маса 1000 зерен – на 0,3-0,8 г, вирівняність зерна, знижується плівчастість на 0,5-1,0 % [179].

Економічна ефективність застосування мікродобрив на просі є високою. При вартості обробки насіння та дворазового позакореневого підживлення комплексними хелатними препаратами на рівні 800-1200 грн/га, додатковий прибуток від приросту врожаю (0,5-0,7 т/га за середньою ціною реалізації 8000-10000 грн/т) становить 3000-5500 грн/га, а рівень рентабельності витрат на мікродобрива сягає 250-450% [19, 193]. При цьому покращення якості зерна дозволяє реалізовувати продукцію за вищими цінами, що додатково підвищує економічну привабливість технології [26, 195].

Таким чином, оптимізація мікроелементного живлення є важливим та економічно виправданим резервом підвищення продуктивності проса в сучасних умовах землеробства України. Використання науково обґрунтованих систем діагностики дефіциту мікроелементів, застосування ефективних хелатних форм у поєднанні з біологічними препаратами, диференційований підхід залежно від ґрунтово-кліматичних умов та інтенсивності технології вирощування дозволяють реалізувати потенціал сучасних сортів проса на рівні 3,5-4,5 т/га [164, 192, 195].

Перспективними напрямками досліджень є розробка систем живлення з урахуванням генотипових особливостей ефективності засвоєння та використання окремих мікроелементів, створення нових форм мікродобрив з пролонгованою дією, використання нанотехнологій для підвищення біодоступності мікроелементів, інтеграція мікроелементного живлення з precision farming технологіями для диференційованого внесення добрив [202, 203, 241]. Особливої уваги заслуговує також дослідження впливу мікроелементного живлення на накопичення біологічно активних речовин у зерні проса (поліфеноли, антиоксиданти, мінерали), що підвищує його цінність як функціонального харчового продукту [197, 202].

Отже, врахування потреб рослин у мікроелементах та застосування відповідних добрив сприяє покращенню фізіологічних процесів, підвищенню стійкості до стресових факторів та збільшенню врожайності. Подальші

дослідження в цьому напрямку допоможуть розробити ефективні стратегії живлення для оптимізації виробництва проса.

Одним із сучасних способів досягнення високих урожаїв та забезпечення оптимального росту рослин є застосування ефективних методів стимуляції росту та підвищення стійкості до стресових факторів. Стимулятори росту рослин та антистресанти можуть сприяти покращенню фізіологічних процесів, підвищенню стійкості до стресових факторів та збільшенню врожайності.

Застосування стимуляторів росту рослин та антистресантів є ефективним методом підвищення стійкості проса посівного до стресових факторів та покращення його росту та розвитку. Вибір оптимальних препаратів та методів їх застосування залежить від конкретних умов вирощування та типу стресу. Подальші дослідження в цьому напрямку допоможуть розробити ефективні стратегії для покращення стійкості проса до стресових умов та підвищення його продуктивності [180, 181].

Антистресанти являють собою групу препаратів, що підвищують адаптивний потенціал рослин через активацію захисних механізмів на молекулярному, клітинному та організменному рівнях [170, 193]. Стимулятори росту — речовини природного або синтетичного походження, що в малих концентраціях активізують процеси росту та розвитку рослин [108]. Як зазначають Nosheen S., Ajmal I. та Song Y., сучасні препарати нерідко поєднують обидві функції, забезпечуючи комплексний позитивний вплив на рослини проса [239].

Особливо ефективним є застосування амінокислотних препаратів у поєднанні з мікроелементами у хелатній формі, де амінокислоти виступають як природні хелатуючі агенти [182, 191]. Такі комплекси характеризуються високою біодоступністю та швидким проникненням через кутикулу листка і клітинні мембрани. Дворецька С. П., Любчич О. Г. та Шевчук М. І. показали, що позакореневе підживлення проса амінокисотно-мінеральними

комплексами у фазі кушіння та колосіння підвищує врожайність на 12–18%, а вміст білка в зерні – на 1,0–1,5 % [49].

Позакореневе підживлення гуматами у концентрації 0,01–0,03 % у фазі кушіння та виходу в трубку активізує ростові процеси, підвищує стійкість до посухи та хвороб [184, 203]. При вирощуванні проса на фоні гербіцидів застосування гуматів у баковій суміші або через 3–5 днів після обробки знижує негативну дію гербіцидів на культуру на 30–50 %, прискорює відновлення рослин після стресу [184, 195].

Перспективним напрямком є використання фульвокислот – низькомолекулярної фракції гумінових речовин з високою біологічною активністю [173, 194]. Фульвокислоти характеризуються кращою розчинністю у воді, здатністю утворювати комплекси з мікроелементами, швидким проникненням у рослину [177, 185]. Krutyakova V. зі співавторами встановили, що фульвокислоти здатні утворювати комплекси з мікроелементами та швидко проникати в рослинні тканини, а їх поєднання з мінеральним живленням і засобами захисту рослин підвищує ефективність застосування на 15–25 % [228, 243].

У посушливих умовах, характерних для основних зон вирощування проса в Україні, особливого значення набувають препарати-осмопротектори, що підвищують стійкість рослин до водного дефіциту [183, 204]. До них відносять гліцинбетаїн, пролін, маніт, трегалозу, поліетиленгліколь [184, 195]. Ці речовини накопичуються в цитоплазмі клітин, знижують осмотичний потенціал, підтримують тургор, стабілізують білки та мембрани [188, 203]. Mushtaq N. U. зі співавторами підтвердили, що синтез проліну є одним із ключових механізмів стійкості проса до осмотичного стресу [234].

Ефективна система застосування антистресантів та стимуляторів росту на просі включає кілька етапів, диференційованих за фазами розвитку культури та прогнозованими стресовими факторами [211, 229, 236]. Перший етап – передпосівна обробка насіння комплексним препаратом, що містить

стимулятори росту (ауксини, гібереліни або їх синтетичні аналоги), адаптогени (хітозан, емістим), гумати, мікроелементи [210, 224]. Норма витрати робочого розчину – 10 л/т насіння. Така обробка забезпечує: підвищення енергії проростання на 10–15 %, польової схожості на 8–12 %, стимуляцію розвитку кореневої системи (збільшення маси корінців на 25–40 %, їх довжини на 30–50%), прискорення появи сходів на 1–2 дні [233, 241, 246].

Другий етап – обробка у фазу кушіння (3–5 пагонів), коли відбувається інтенсивне наростання вегетативної маси та формування продуктивного стеблостою [184, 193]. Застосовують комплексний розчин, що містить: амінокислотний препарат (0,2–0,3 %, 2–3 л/га), мікроелементи у хелатній формі (Zn, Mn, Cu, B), гумати або фульвокислоти (0,01–0,02 %, 0,1–0,2 л/га), за необхідності – кремнієві препарати (0,1 %, 1 л/га) [161, 178, 187]. Норма витрати робочого розчину – 200–300 л/га. Ця обробка активізує кушіння (збільшення кількості продуктивних стебел на 15–25 %), стимулює фотосинтез, підвищує стійкість до несприятливих факторів [184, 198].

Третій етап – обробка у фазу виходу в трубку – початку колосіння, критичний період для формування елементів продуктивності [187, 202]. У цю фазу застосовують: цитокініни або їх аналоги (0,001–0,002 %), амінокислотні препарати з підвищеним вмістом проліну (0,3–0,5 %), антиоксиданти (аскорбінова кислота 0,005–0,01 %), мікроелементи (особливо B, Zn, Mo) [167, 184, 188]. За прогнозом розвитку посухи або спеки додатково включають гліцинбетаїн (0,1–0,2 %) або інші осмопротектори [197, 204]. Норма витрати робочого розчину – 200–300 л/га. Така обробка підвищує озерненість волоті на 10–18 %, знижує пустозерність на 5–8 %, підвищує стійкість до температурного стресу [182, 184, 203].

Четвертий етап (факультативний) – обробка у фазу початку наливу зерна, якщо розвиваються несприятливі умови (посуха, спека, суховії) [190, 197]. Застосовують антистресові композиції: гліцинбетаїн або пролін (0,1–0,2 %), антиоксиданти, амінокислоти, гумати. Ця обробка продовжує період активної

роботи листкового апарату, підтримує інтенсивність фотосинтезу та відтоку асимілятів до зерна, що забезпечує підвищення маси 1000 зерен на 1,0–2,0 г, знижує частку щуплого зерна на 5–10 % [184, 202, 203].

При використанні гербіцидів на просі (особливо похідних сульфонілсечовини або 2,4-Д) рекомендується застосування антистресових препаратів для зниження їх негативного впливу на культуру [184, 195]. Можливі два варіанти: (1) додавання антистресантів у бакову суміш з гербіцидом – гумати (0,01–0,02 %), амінокислоти (0,1–0,2 %), знижують гербіцидний стрес на 30–40 %; (2) обробка антистресантами через 3–5 днів після застосування гербіциду – амінокислоти (0,3–0,5 %), гумати (0,02–0,03%), прискорює відновлення рослин, знижує затримку росту [161, 187].

Узагальнення результатів виробничих випробувань застосування антистресантів та стимуляторів росту на просі, проведених у різних господарствах України впродовж 2019-2024 років, показує їх високу ефективність [182, 193, 197]. На фоні оптимального мінерального живлення ($N_{60-90}P_{60}K_{40}$) комплексне застосування стимуляторів росту та антистресантів за описаною вище схемою забезпечує підвищення врожайності зерна проса на 0,5-0,9 т/га (15-28%) у сприятливі роки та на 0,7–1,2 т/га (25–45 %) у роки з проявом посухи та інших стресових факторів [184, 190, 204].

Найвища ефективність стимуляторів та антистресантів проявляється саме в стресових умовах, коли вони дозволяють реалізувати адаптивний потенціал культури [195, 203]. У посушливі роки ($ГТК < 0,7$) застосування антистресантів знижує втрати врожайності від посухи на 30–50 %, в роки з екстремальними температурами (максимальна температура повітря $> 35^{\circ}C$ у період цвітіння-наливу) – на 35–60 % порівняно з контролем без застосування препаратів [184, 190, 204].

Економічна ефективність застосування стимуляторів та антистресантів є високою навіть за помірних цін реалізації зерна [22, 193]. Загальні витрати на препарати та їх застосування (обробка насіння + 2-3 позакореневі

підживлення) становлять 1200–2000 грн/га залежно від набору препаратів та їх доз [19, 61]. При середньому прирості врожайності 0,6–0,8 т/га та ціні реалізації 8000-10000 грн/т додатковий прибуток становить 3600–6400 грн/га, рівень рентабельності витрат на препарати – 180–320 % [100, 160]. У стресові роки економічна ефективність ще вища: при прирості 0,9–1,2 т/га рентабельність досягає 350–500 % [112, 160].

Важливим аспектом є також зниження ризиків виробництва [184, 195]. Застосування антистресантів дозволяє стабілізувати врожайність проса по роках, знижуючи варіабельність на 25–40 %, що особливо важливо в умовах зростаючої нестабільності погодних умов [188, 203]. Це підвищує привабливість культури для виробників, забезпечує більш передбачувані економічні результати [193, 202].

Таким чином, застосування антистресантів та стимуляторів росту є ефективним та економічно виправданим елементом сучасних технологій вирощування проса, особливо в умовах зростаючої частоти та інтенсивності стресових явищ внаслідок зміни клімату [184, 188, 202]. Використання науково обґрунтованих систем застосування цих препаратів, диференційованих за фазами розвитку культури та прогнозованими стресовими факторами, дозволяє підвищити продуктивність проса на 15–45 %, стабілізувати врожайність по роках, покращити якість зерна [161, 195, 203].

Оптимальна стратегія передбачає комплексне використання різних груп препаратів у синергетичних композиціях: фітогормони для стимуляції росту та розвитку, амінокислоти як джерело азоту та антистресанти, гумати для підвищення стійкості та активації метаболізму, антиоксиданти для захисту від окислювального стресу, осмопротектори для підвищення посухостійкості, адаптогени для активації імунної системи [184, 187, 195]. Така інтегрована система забезпечує реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів проса на рівні 3,5–4,5 т/га навіть у несприятливих умовах [188, 204].

Перспективними напрямками досліджень є розробка нових композицій стимуляторів та антистресантів з пролонгованою дією, використання нанотехнологій для підвищення біодоступності діючих речовин, застосування генетично модифікованих мікроорганізмів-продуцентів фітогормонів та антистресових метаболітів, інтеграція біостимуляторів у системи precision farming для диференційованого застосування залежно від стану посівів [184, 195, 203].

Висновки до розділу 1

1. Просо посівне (*Panicum miliaceum* L.) є однією з найдавніших зернових культур, що зберігає важливе господарське значення в умовах сучасного землеробства України. Висока посухостійкість, невибагливість до ґрунтів, короткий вегетаційний період та стабільна експортна привабливість зерна визначають зростаючий інтерес до культури як надійного елемента диверсифікації структури посівних площ в степовій та лісостеповій зонах.

2. Ботаніко-морфологічні особливості проса – розгалужена коренева система, фотосинтез по типу C-4 та високий коефіцієнт водовикористання зумовлюють його природну адаптованість до посушливих умов вирощування і визначають специфіку формування елементів продуктивності залежно від агрокліматичних умов зони.

3. Аналіз сучасних технологій вирощування проса свідчить, що реалізація генетичного потенціалу продуктивності сортів можлива лише за оптимізації системи живлення, строків сівби та густоти стояння рослин відповідно до ґрунтово-кліматичних умов конкретної агрозони. Збалансоване мікроелементне живлення із застосуванням добрив у хелатній формі у поєднанні з біологічними препаратами забезпечує підвищення врожайності на 15–32 % та покращення якісних показників зерна.

4. Встановлено, що застосування антистресантів та стимуляторів росту є ефективним і економічно виправданим елементом інтенсивних технологій вирощування проса. Диференційована система їх застосування за фазами розвитку культури забезпечує підвищення врожайності на 15–45 % та стабілізує її у роки з несприятливими погодними умовами, що набуває особливого значення в умовах кліматичних змін.

Питання оптимізації системи живлення та застосування біостимуляторів з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей Правобережного Лісостепу залишається недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. у дослідному полі відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН» (селище Чабани, Фастівський р-н, Київська обл.). Географічні координати дослідного поля: 50.345847, 30.416572,17. (рис. 2.1).

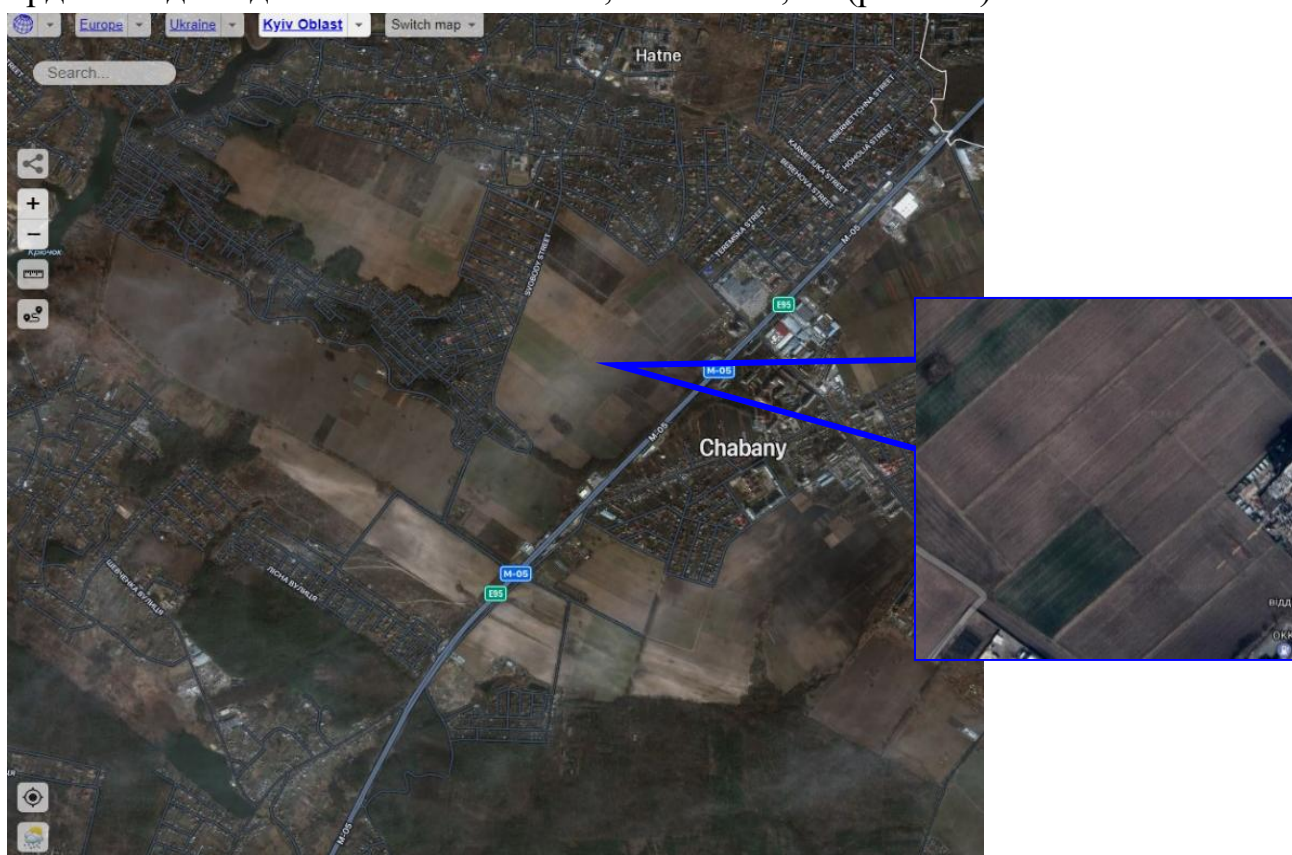


Рис. 2.1. Карта розташування дослідного поля відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «ІЗ НААН»
(https://satellites.pro/Ukraine_map#)

Заплановані робочою програмою польові дослідження проведені у 2023–2025 рр. на темно-сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті, характеристика якого наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Агрохімічні показники 0–20 см шару ґрунту дослідної ділянки (за даними відділу агроєкології та аналітичних досліджень ННЦ „ІЗ НААН”)

Гумус, % (за Тюріним)	Азот легко гідролізний, мг/кг (за Корнфілдом)	P ₂ O ₅ , мг/кг ґрунту (за Чириковим)	K ₂ O, мг/кг ґрунту (за Чириковим)	pH сол.
1,49–1,71	68,6–78,4	140–160	55–70	5,2–5,7

Згідно класифікації ґрунтів [209] за ступенем забезпеченості їх елементами живлення шар ґрунту 0–20 см дослідної ділянки мав низький вміст гумусу 1,49–1,71 % (за Тюріним), високий вміст азоту, що легко гідролізується 68,6–78,4 мг/кг, високий (140–160 мг/кг) і середній (55–70 мг/кг) вміст рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) відповідно, за ступенем кислотності характеризувався слабокислою реакцією.

Полеві дослідження проводили в Київському агроґрунтовому районі Правобережного Лісостепу України, який характеризується помірно-континентальним кліматом і достатнім зволоженням, хоча є високі ймовірності посухи та рідше суховіїв. проте є сприятливим для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Сума активних температур за вегетаційний період становить 2600–2660 °С, а період із активними температурою понад 10 °С триває 160–165 діб. Перехід до стійких середньодобових температур понад 10 °С, що сприяє початку активного росту більшості сільськогосподарських культур, спостерігається у квітні. Середньодобова температура повітря в травні-червні досягає 18–21 °С, а в липні-серпні – 22–24 °С. Перші заморозки відмічають у другій декаді жовтня, останні – у третій декаді квітня – на початку травня. Безморозний період триває 160–170 діб [35, 57, 91, 112].

Річна сума опадів коливається від 405 мм (у посушливі роки) до 925 мм (у вологі), і у середньому становить 600–650 мм. Кількістю днів з опадами

упродовж року – 130–180. Майже 70 % опадів випадає у теплий період (квітень-жовтень), з максимумом у червні-липні.

2.2. Погодні умови в роки проведення досліджень

Погодні умови періоду вегетації проса посівного за роками досліджень характеризувалися значною їх мінливістю відносно до багаторічних показників (рис. 2.2, 2.3, Додаток А). Проведений аналіз температурного режиму та зволоження дозволяє охарактеризувати роки досліджень як строкаті, що забезпечує можливість оцінки реакції проса посівного на досліджувані агротехнічні прийоми.

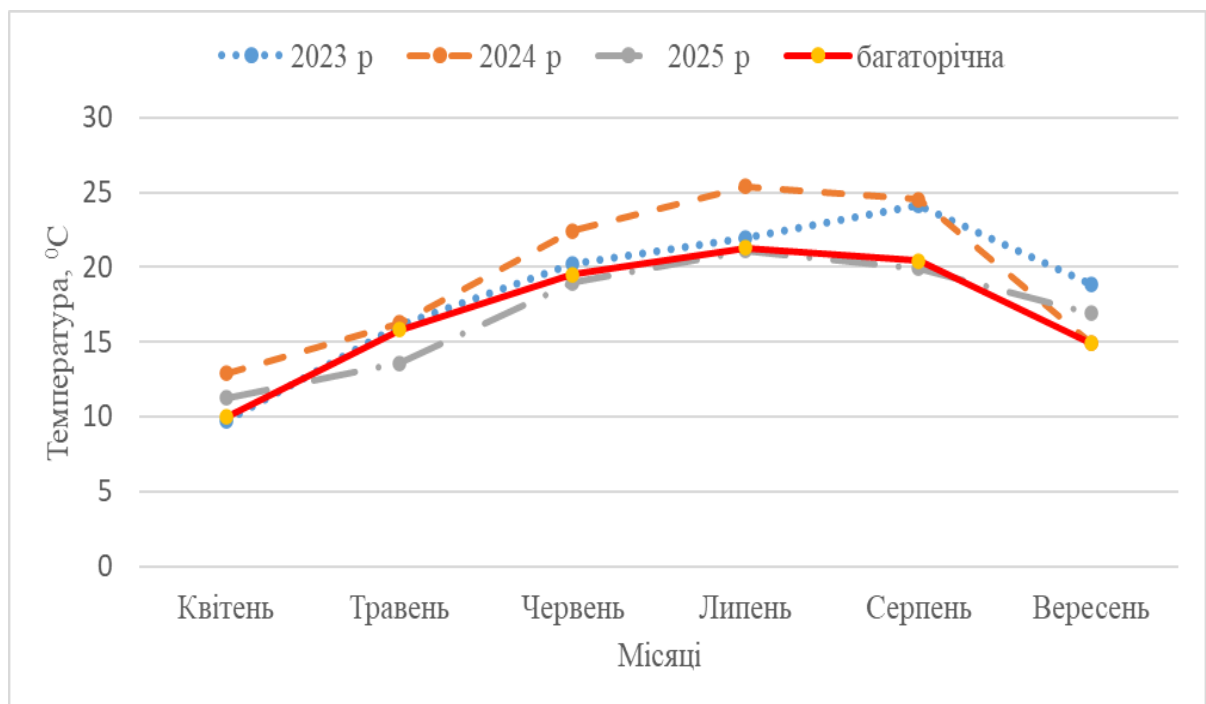


Рис. 2.2. Динаміка показників середньомісячної температури повітря за період вегетації проса посівного, 2023-2025 рр., °С

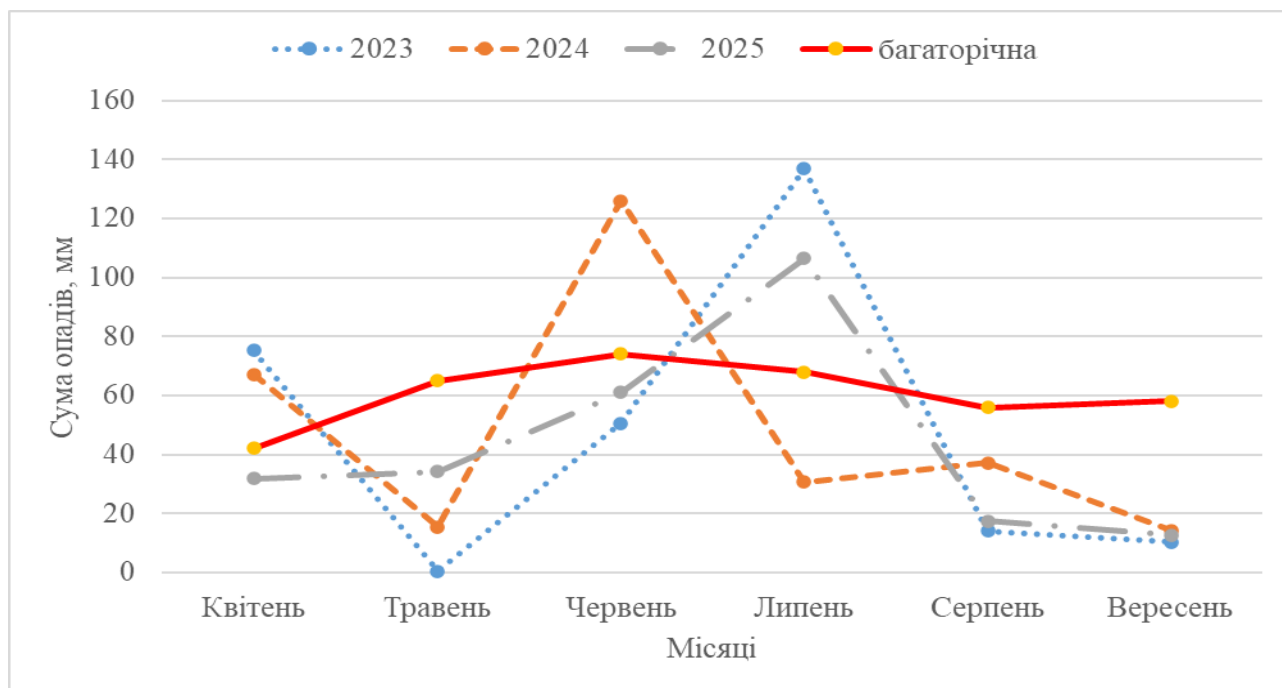


Рис. 2.3. Динаміка показників суми опадів за місяць упродовж періоду вегетації проса посівного 2023-2025 рр., мм

За температурними умовами 2023 рік характеризувався близькими до багаторічних температур із незначним її перевищенням у літні місяці. Середньодобова температура повітря за вегетаційний період становила $+18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, що на $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище за середні багаторічні значення.

Після сівби проса, впродовж II та III декад травня відмічали відсутність опадів та підвищення середньодобової температури повітря на $2,2$ і $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ відносно багаторічних значень ($+15,8$ і $+17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Сходи проса були отримані на 6-8 добу після сівби.

Аналогічні закономірності відмічали також у червні. Упродовж місяця була недостатньою кількість опадів (у I декаді – $21,0$ мм за норми $23,8$ мм, у II декаді – $10,2$ мм за норми $25,1$ мм у III декаді – $19,4$ мм за норми $25,1$ мм) та перевищення середньодобових температур повітря на $1,2$, $0,2$ та $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (за норми $+18,8$, $+19,9$ і $+19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно). Недостатня кількість опадів, підвищена середньодобова температура повітря не сприяли активізації ростових процесів у рослинах проса.

Липень місяць характеризувався надмірною кількістю опадів – їх кількість становила 31,8, 61,0 і 44,0 мм за багаторічних значень відповідно 23, 20 і 25 мм. Середньодобова температура повітря упродовж I та II декади перевищувала норму (+20,6 і +21,2 °C) на 2,0 і 1,3 °C. Умови III декади були у межах норми. Надмірна кількість опадів та підвищені, порівняно з нормою, середньодобові температури повітря сприяли навіть подовженню тривалості міжфазних періодів розвитку рослин проса, що відобразилось на рівні врожаю.

У серпні місяці кількість опадів була нижчою за норму (56 мм) і становила 14,0 мм, а середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні значення (+21,8, +20,6 і +19,0 °C) на 1,0, 4,4 і 5,5 °C, що спричиняло скорочення періоду наливу зерна та його дозрівання.

У 2024 році відмічали підвищений температурний режим протягом усього періоду вегетації, з найбільшими показниками у липні (на 4,08 °C) та серпні (на 4,14 °C). Враховуючи біологічні особливості проса як теплолюбної культури, такий температурний режим міг мати позитивний вплив на початкових етапах розвитку рослин, проте високі температури у критичні фази росту та розвитку (викидання волоті, цвітіння, формування та налив зерна) могли призвести до негативних наслідків, скорочення тривалості періоду цвітіння та фертильності квіток, пришвидшення процесів старіння рослин, зниження інтенсивності фотосинтезу при температурах понад +25 °C,

У 2024 році був виражений дефіцит атмосферних опадів у критичні періоди розвитку культури. Просо, незважаючи на відносно високу посухостійкість, має періоди підвищеної чутливості до водозабезпечення. Дефіцит вологи у травні (15,4 мм) негативно впливав на процеси куцїння та формування вегетативної маси. Критичний дефіцит опадів у липні (30,6 мм за норми 68,0 мм), особливо у першій декаді, у поєднанні з високими температурами (+24,6-27,8 °C), припав на найбільш вологочутливі фази розвитку проса (викидання волоті та цвітіння), що призвело до зниження кількості зерен у волоті та загальної продуктивності культури.

Надмірна кількість опадів у червні (126,0 мм) з концентрацією більшості на другу декаду (79,4 мм), у поєднанні з підвищеними температурами, створювала сприятливі умови для розвитку грибкових захворювань. В той же час різкий перехід від надмірно вологого червня до посушливого липня міг бути додатковим фактором стресів для рослин проса.

Підвищені температури (+24,5) у період наливу та дозрівання зерна (серпень) у поєднанні з нерівномірним розподілом опадів могли бути фактором пришвидшеного дозрівання зерна та скорочення періоду його наливу, що стало причиною формування меншої маси 1000 зерен, підвищення вмісту білка в зерні, проте зниженні врожайності.

У 2025 році спостерігали найбільш сприятливі температурні умови для вирощування проса, які були близькими до багаторічних показників. Середня температура за вегетацію становила +17,1 °С. Квітень був прохолодним (+10,0 °С) з різкими коливаннями по декадах: холодна перша декада (+4,82°С) змінювалася різким потеплінням у третій декаді (+16,2°С). Кількість опадів у квітні становила 31,8 мм при нормі 42,0 мм. Травень був прохолоднішим, порівняно до середньої багаторічної температури (+13,5°С відносно +15,8°С), що сприяло уповільненню темпів росту і розвитку рослин на початкових етапах органогенезу. Кількість опадів у травні (34,2 мм) була неостатньою, проте зі стабільним вологозабезпеченням, порівняно із попередніми роками досліджень, коли відмічали тривалу відсутність опадів. Такі умови (прохолодні умови та недостатнє зволоження) вплинули на отримання сходів проса посівного на 7–9 добу після сівби. Перша декада червня характеризувалася значною кількістю опадів (28,4 мм) і підвищенням середньодобової температури повітря на +3,7 °С порівняно із багаторічними значеннями (+18,6 °С). У II декаді кількість опадів зменшилась до 18,8 мм, а значень (+19,9 °С). У III декаді спостерігалася тенденція до зниження опадів (13,8 мм) та температури (+17,4°С). Такі умови не сприяли рівномірному наростанню вегетативної маси рослин проса посівного. За таких погодних

умов доцільним є застосування морфорегулюючих препаратів.

Липень характеризувався нерівномірним розподілом опадів за декадами та надмірною їх кількістю, особливо у III декаді: у I декаді 0,8, II – 9,4 і III – 96,2 мм за багаторічних значень відповідно 23,0, 20,0 і 25,0 мм. Середньодобова температура повітря упродовж I декади перевищувала показник багаторічних значень (+20,6 °C) на 3,2 °C і становила +23,8 °C. Умови II декади були близькими до норми (+21,5 °C). Надмірна кількість опадів у III декаді липня (96,2 мм) на фоні температури +22,2 °C спричиняла ускладнення процесів запилення та початку формування зерна.

У серпні випало 17,4 мм опадів, що було значно менше за багаторічний показник (56,0 мм), а середньодобова температура повітря знаходилась на рівні багаторічних значень. Дефіцит опадів при помірних температурах сприяв інтенсивному наливу зерна та скороченню тривалості періоду його дозрівання.

Загалом метеорологічні умови 2023–2025 рр. упродовж періоду вегетації проса виявляли чіткі тенденції в зміні клімату регіону вирощування культури. Стійке підвищення температурного режиму: середньодобові температури повітря протягом вегетаційного періоду перевищували багаторічні показники в середньому на 1–4 °C, особливо в літні місяці.

Спостерігали нерівномірний розподіл опадів із чергуванням тривалих посушливих періодів і коротких інтенсивних дощів, що не забезпечувало оптимального зволоження ґрунту. Сума опадів упродовж періоду вегетації проса мала тенденцію до зниження, порівняно з багаторічними показниками.

Відмічали збільшення частоти та тривалості посух: особливо критичним став травень 2023 і 2024 років проведення дослідження, коли кількість опадів становила менше 25 % від середньорічної кількості, що припадає саме на критичний період вегетативного та генеративного розвитку рослин проса.

Посилення контрастності погодних умов, різкі зміни від надмірного зволоження до посухи (як у 2024 році при переході від вологого червня до

посушливого липня та посушливих умов у травні 2025 року) створюють додатковий стресовий фактор для рослин.

Не дивлячись на окремі періоди, у цілому 2023 і 2025 роки були сприятливими, 2024 рік – малосприятливим для росту, розвитку та формування врожаю рослинами проса.

2.3. Програма і методики проведення досліджень

З метою обґрунтування процесів формування продуктивності проса посівного за різних варіантів удобрення та передпосівного оброблення насіння в умовах Правобережного Лісостепу дослідження проводили за схемою, приведеною в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Схема дослідів

Фактор А (удобрення)	Фактор В (передпосівне оброблення насіння)	Фактор С (позакореневе підживлення)
1. Без добрив (контроль) 2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ 3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер Агро (IV е.о.) (0,7 л/га); 4. N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅ (IV е.о.)	1. без оброблення 2. оброблення препаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння)	1. без підживлення 2. підживлення органо- мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2,0 л/га) у фазі кущіння (на III-IV е.о.); 3. підживлення органо- мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2,0 л/га) у фазі викидання волоті (на VI ет. орг..)

Кількість варіантів – 24, посівна площа ділянки 60 м², облікова площа – 50 м². Повторність чотириразова. Розміщення ділянок послідовне.

Для дослідження взятий сорт проса посівного Заповітне, створений в ННЦ «ІЗ НААН», внесений до державного реєстру з 2014 року. Сорт

призначений для використання у харчовій промисловості (крупа), кормовиробництві (птахівництво, тваринництво). Потенційна урожайність сорту – 5,5–6,5 т/га. Ранньостиглий – тривалість періоду вегетації 73–78 діб. Середньорослий, висота рослин 105–125 см. Має дуже високу стійкість до вилягання (9 балів) та осипання. Стійкий проти ураження зернівки меланозом. Вміст протеїну в насінні – 14 %, має також підвищений вміст каротину. Рекомендована зона вирощування – Лісостеп України.

Попередником проса була пшениця озима, соломі якої після збирання подрібнювали і заробляли в ґрунт дисковими знаряддями та пізніше приорювали.

Технологія вирощування проса – рекомендована для зони проведення досліджень, за виключенням елементів, що вивчали.

Мінеральні добрива вносили згідно схем дослідів у таких формах: аміачна селітра (N – 34 %), амофос (N – 12 %, P₂O₅ – 52 %), калімаг (K₂O – 40 %, MgO – 6 %). Фосфорні і калійні добрива під просо вносили восени під основний обробіток ґрунту, азотні – весною під передпосівну культивуацію та в підживлення.

Норма висіву проса – 4,0 млн шт./га схожих насінин. Спосіб сівби – звичайний рядковий з шириною міжрядь 15 см.

Для покращення азотного та фосфорного живлення, стимуляції росту кореневої системи рослин проса передпосівну бактеризацію насіння проводили біологічним стимулятором росту рослин пролонгованої дії Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння) шляхом змочування його робочою рідиною в кількості, що не перевищувала 2 % від маси насіння. Азогран – нанокмпозитний бактеріальний препарат комплексної дії що містить 1*10⁸ кл/г *Bacillus subtilis* IMB B-7023 та 1*10⁸ кл/г *Azotobacter vinelandii* IMB B-7076 з концентрацією діючої речовини (2-9)х10⁸ КУО/г препарату. В одному літрі містить 100 мл суспензії бактерій і 900 мл прилипачу на основі наночастинок природного мінералу. Нанокмпозитний препарат Азогран

розроблений Інститутом мікробіології і вірусології ім. Заболотного НАН України.

Азотфіксуючі мікроорганізми за сприятливих умов, впродовж періоду вегетаційний проса здатні фіксувати від 20 до 40 кг/га азоту, *Bacillus polymyxa* сприяє переведенню важкодоступних фосфатів ґрунту в розчинні форми. Крім того, мікроорганізми у складі Азограну продукують біологічно активні речовини (ауксини, гібереліни та цитокініни), що стимулюють ріст і розвиток рослин [73, 124].

На IV – етапі органогенезу проса (у фазі кушіння) проводили прикореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Майстер Агро (0,7 л/га), та підживлення аміачною селітрою врозкид (N₁₅). Майстер агро – це водорозчинне добриво для кореневого підживлення рослин, до складу якого входять макро- (N – 15 %, P₂O₅ – 17 %, K₂O – 28 %) та мікроелементи (Mg – 0.5 %, F – 0.2, Cu – 0.05 %, Mn – 0.1 %), а також амінокислоти, фітогормони та вітаміни.

Позакореневе підживлення рослин проса посівного органо-мінеральним добривом Браман Мультикомплекс (2 л/га) проводили у критичні періоди росту та розвитку рослин проса у фазі кушіння та викидання волоті. Браман мультикомплекс – органо-мінеральна основа з високим вмістом макро- та мікроелементів у хелатованій формі: N – 190 г/л, P₂O₅ – 68 г/л, K₂O – 42 г/л та мікроелементи SO₃ – 30 г/л, Fe – 6 г/л, Cu – 7,5 г/л, Zn – 8,5 г/л, B – 6 г/л, Mn – 6 г/л, Co – 0,04 г/л, Mo – 0,1 г/л.

Хімічна система захисту від бур'янів, шкідників і хвороб передбачав застосування відповідних препаратів, занесених до “Переліку гербіцидів і препаратів, дозволених для використання” [21].

У відповідності з задачами дисертаційної роботи проводили такі спостереження та обліки:

- облік густоти рослин у фазі повні сходи і перед збиранням – на закріплених ділянках площею 1 м² у несуміжних повтореннях згідно

«Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2000); [105].

- фенологічні спостереження – за Ф.М. Куперман (1980) [92];

- наростання вегетативної маси і накопичення сухої речовини – в динаміці за визначеними стадіями розвитку у двох пробах, з несуміжних повторень [23];

- площу листової поверхні – в динаміці за фазами росту та розвитку, визначали за формулою:

$$S_n = 0,67av, \quad (2.1)$$

де S_n – площа одного листка, см^2 ,

a – найбільша ширина листка, см ,

v – довжина листка, см ,

0,67 – коефіцієнт, який відображає конфігурацію листка [133];

- фотосинтетичний потенціал посіву, чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методиками, представленими у наукових публікаціях [6, 16, 43, 131, 148];

- фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) визначали за формулою:

$$\text{ФПП} = (Л1 + Л2)Т / (2 \cdot 1000), \quad (2.2)$$

де: $Л1, Л2$ – площа листового апарату в певні фази розвитку, тис. $\text{м}^2/\text{га}$;

$Т$ – тривалість міжфазного періоду, діб.

- чисту продуктивність фотосинтезу посіву (ЧПФ) визначали за методикою А.А.Ничипоровича (1963 р.), за формулою:

$$\text{ЧПФ} = (M2 - M1) / [0,5 \cdot (Л1 + Л2) \cdot Т], \quad (2.3)$$

де: $M1, M2$ – маса рослин на одиниці площі на початку в кінці певного періоду, г;

$Л1, Л2$ – площа листового апарату в ці самі періоди визначення, см^2 ;

$Т$ – тривалість періоду, діб;

- визначання забезпечення та потреби рослин в 14 найпоширеніших елементах живлення проводили за допомогою фотометра «Агровектор 014-02 ПФ» у фази стеблуння та викидання волоті;

- відбір снопового матеріалу з закріплених весною ділянок з площі 1 м² у несуміжних повтореннях за одну-дві доби до збирання врожаю – за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2000);

- облік врожаю проводили методом поділянкового обмолоту з наступною очисткою зерна і перерахунком на 100 % чистоту та 14 % вологість;

- аналіз структури врожаю – згідно «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2000);

- визначення фізичних показників якості зерна: маси 1000 насінин - у відповідності з ДСТУ 4138-2002; вологості – з ГОСТ 12041 – 82;

- показники якості зерна визначали методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIR 4250 System 4500 з комп'ютерним забезпеченням ADI DM 3114, відповідно до ДСТУ 4117:2007.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізу [35] на персональному комп'ютері з використанням пакетів прикладних програм типу Excel, Statistica, Sigma.

Розрахунки економічної ефективності елементів технології вирощування сої за сукупними витратами енергії, енергетичною цінністю зерна, коефіцієнтом енергетичної ефективності за допомогою методик В.І. Мацибори (1994), О.К. Медведовського (1988) [124].

Висновки до розділу 2

1. Упродовж 2023-2025 рр. погодні умови різнились як за роками, так і порівняно з середніми багаторічними значеннями, але в цілому були сприятливі для росту, розвитку і формування продуктивності проса посівного.

2. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий лісовий легкосуглинковий,

0–20 см шар якого містить низький вміст гумусу, високий вміст азоту, що легко гідролізується, високий та середній вміст рухомих сполук фосфору та калію, є типовим для Правобережного Лісостепу України та сприятливим для вирощування досліджуваної культури.

3. У процесі закладання досліду та виконання досліджень використовували загальноприйняті польові, лабораторні, вимірювально-вагові, математико-статистично та розрахунково-порівняльні методи.

4. Програма досліджень, закладення і проведення досліджень у відповідності до методик, застосування сучасних методів спостережень, вимірювань, аналізів та оцінок досліджуваних матеріалів дозволили отримати достовірні результати, узагальнити отримані дані, сформулювати відповідні висновки та на їх основі сформулювати рекомендації виробництву.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

У процесі росту та розвитку рослина зазнає впливу нерегульованих (сонячна радіація, температура, опади тощо) та регульованих (попередники, обробіток ґрунту, удобрення, засоби захисту рослин, сорт, та ін.) чинників довкілля. Максимальної продуктивності сільськогосподарської культури можливо досягти лише за умови оптимізації їх росту і розвитку на основних етапах формування елементів, що її визначають [80].

Дослідження з вивчення впливу нових технологічних прийомів та їх поєднань на особливості росту й розвитку рослин в сучасних кліматичних умовах є актуальними, оскільки різними агротехнічними заходами можна впливати на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, змінювати їх висоту, надземну масу, листкову поверхню, що впливає на фотосинтетичний потенціал, і в кінцевому результаті визначає урожайність та його якість [50, 142].

3.1. Польова схожість насіння та збереження рослин до збирання залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння

До основних чинників, що зумовлюють розвиток рослин і формування їх продуктивності, належать система живлення, використання біопрепаратів та продуктів асоціативної дії шляхом передпосівного оброблення насіння. Забезпечення оптимальних умов для активного вегетативного розвитку та формування генеративних органів є необхідною умовою формування високопродуктивних агрофітоценозів проса, та значною мірою визначпється густотою стеблостою, яка у свою чергу залежить від норми висіву, польової схожості насіння та збереження рослин упродовж періоду вегетації до

збирання культури [132]. У нашому досліді польова схожість насіння проса значно залежала від досліджуваних чинників і у середньому за роки досліджень знаходилась у межах від 56,5 до 60,0 % (табл.3.1).

Таблиця 3.1.

**Польова схожість насіння проса посівного за період вегетації
залежно від досліджуваних агрозаходів, середнє за 2023–2025 рр., %**

Варіант удобрення	Без оброблення насіння			Оброблення насіння біопрепаратом Азогран		
	Без підживлення (контроль)	Браман мультикомплекс у фазі куцїння	Браман мульти- комплекс у фазі викидання вологі	Без підживлення (контроль)	Браман мультикомплекс у фазі куцїння	Браман мультикомплекс у фазі викидання вологі
Польова схожість, %						
Без добрив (контроль)	58,2	56,5	57,5	60,0	58,3	57,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	61,3	63,3	62,3	63,8	63,0	64,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	60,3	62,5	62,0	62,0	64,0	64,8
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +	63,0	62,0	61,5	64,3	63,8	66,0
\bar{X}	60,7	61,1	60,8	62,5	62,3	63,3
$S\bar{x}$	1,0	1,5	1,1	1,0	1,3	1,9
$V, \%$	3,3	5,1	3,7	3,1	4,3	5,9
S	2,0	3,1	2,2	2,0	2,7	3,7

Як свідчить аналіз отриманих результатів, на варіантах із обробленням насіння біопрепаратом Азогран відмічали зростання показника польової схожості насіння у середньому на 1,8 %, за показника на варіантах без проведення агрозаходу 60,9 %. Отримані нами результати позитивного впливу препарату Азогран на польову схожість насіння проса підтвержені дослідженнями інших авторів [137], які вказують про збільшення енергії проростання на 15-20 %, польової схожості насіння – на на 10–15 % порівняно

з варіантами без застосування препарату. Інші дослідники [89] підтверджують, що передпосівна бактеризація насіння проса препаратом Азогран підвищувала польову схожість на 12–18 % та сприяла скороченню періоду від сівби до появи сходів на 1–2 доби. Застосування нанокompatного препарату Азогран сприяє підвищенню активності ферментів антиоксидантного захисту проростків проса, збільшенню розміру кореневої системи та її маси, а також стійкості рослин в умовах посухи [70, 71, 83, 91, 104].

Внесення мінеральних добрив також мало вплив на польову схожість насіння. На варіантах, які не передбачали застосування мінеральних добрив, польова схожість насіння знаходилась у середньому на рівні 58,1 %. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню показника на 4,5–4,9 % абсолютних, порівняно з контрольним варіантом. За перенесення частини азотних добрив у підживлення ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$), польова схожість зростала у середньому на 5,3%, порівняно з контролем без застосування мінеральних добрив.

Низька польова схожість насіння проса посівного відмічається багатьма авторами. Згідно з дослідженнями Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, якщо у більшості зернових культур польова схожість сягає 80–88 %, то у проса цей показник варіює у середньому у межах 55–60 %. Навіть за сприятливих умов і високої лабораторної якості насіння у відкритому ґрунті рідко польова схожість становить 70–75 % [191].

Причинами зниження польової схожості проса є сукупність біологічних особливостей культури (неодночасність досягання насіння у волоті, старіння), та зовнішніх факторів (сівба в холодний ґрунт, нестача чи надлишок вологи, глибоке чи мілке загортання насіння, тощо) [94, 198].

Збереження рослин упродовж періоду вегетації, від фази сходів до господарської стиглості зерна, також значно залежало від досліджуваних агрозаходів (рис. 3.1).

На варіантах, які не передбачали внесення мінеральних добрив,

збереження рослин становило у середньому 91,8 %. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ показники були дещо нижчими і становили 90,5 % і 90,6 % відповідно. Зменшення відсотка збережених до господарської стиглості рослин у даному випадку можливо пояснити посиленням конкуренції між рослинами, які розвивалися інтенсивніше, порівняно з контролем. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро для кореневого підживлення рослин у фазі кушіння показник збереження рослин у середньому знаходився на рівні контрольного варіанту – 91,8 %.

Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран сприяло зростанню кількості збережених до фази господарської стиглості рослин у середньому на 0,9 % порівняно із варіантами без проведення бактеризації, у яких цей показник середньозважено становив 90,2 %.

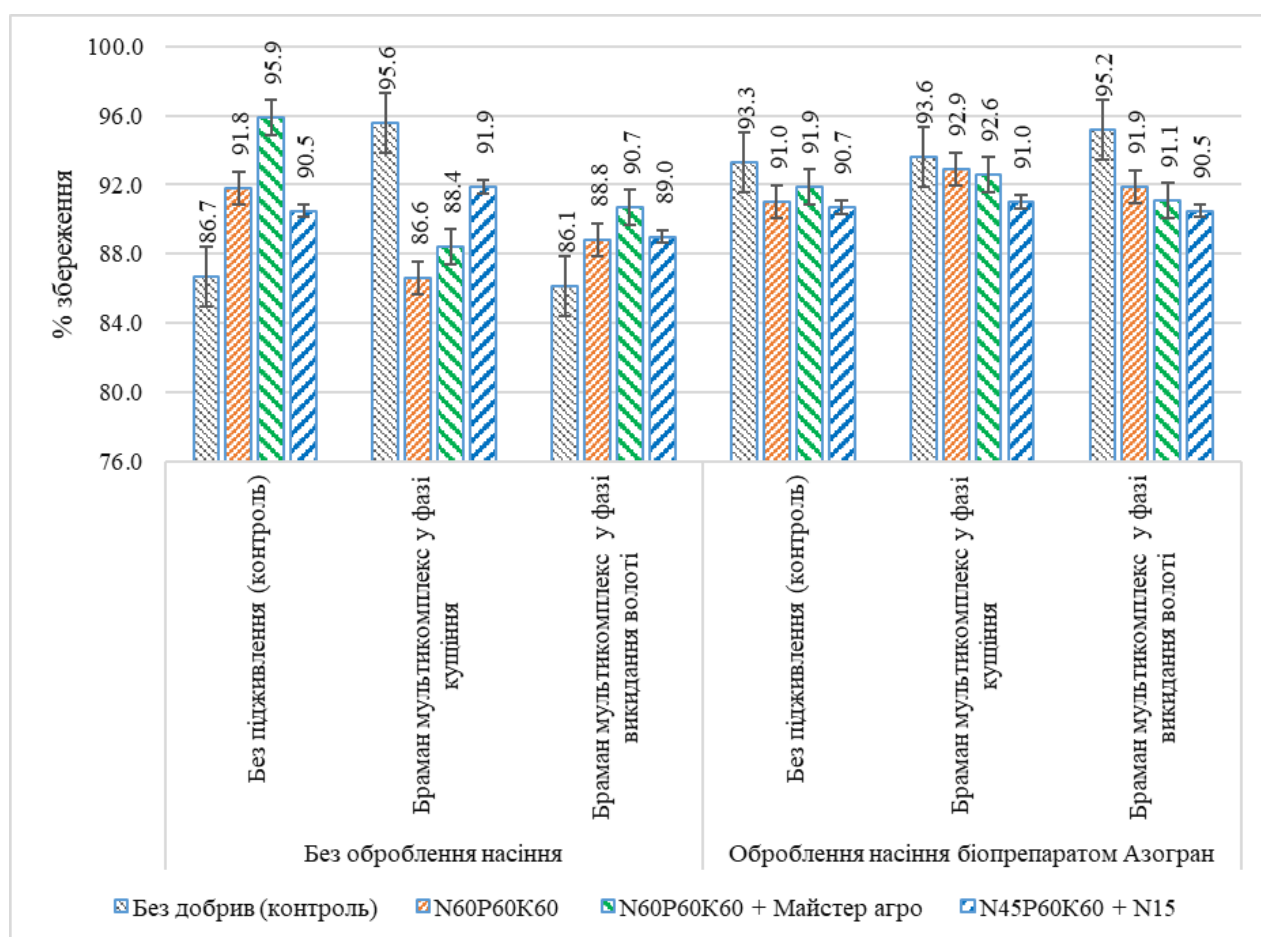


Рис. 3.1 Збереженість рослин проса за період вегетації залежно від досліджуваних агрозаходів, середнє за 2023-2025 рр., %

Позакореневе підживлення рослин у фазах кущіння та викидання волоті на варіантах, на яких насіння не було обробленим біопрепаратом Азогран, не сприяло збереженню рослин – відмічали навіть зниження рівня показника на 0,6 % і 2,5 %, порівняно з варіантами без підживлення (91,2 %). Це можливо пояснити інтенсивнішим ростом і розвитком рослин, що посилювало конкуренцію за живлення та освітлення.

На варіантах із застосуванням біопрепарату Азогран позакореневе підживлення рослин у фазах кущіння та викидання волоті сприяло збереженню рослин упродовж періоду вегетації, про що свідчить зростання його рівня на 0,8 % і 0,5 % за показника на варіанті без проведення агрозаходу 91,7 %.

Отже, передпосівне обробляння насіння біопрепаратом Азогран забезпечувало стабільне підвищення його польової схожості у середньому на 1,8 %. Виявлено перевагу застосування азотних добрив у підживлення ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) порівняно з одноразовим внесенням повної дози ($N_{60}P_{60}K_{60}$), що підтверджує потребу додаткового азоту у період росту і розвитку, а також запобігає впливу високих концентрацій азотних сполук у прикореневій зоні на проростки проса.

3.2. Тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації рослин проса залежно від погодних умов

В умовах змін клімату сільськогосподарська наука активно зосереджується на адаптивному потенціалі культур із коротким вегетаційним періодом та підвищеною стійкістю до гідротермічних стресів. Просо посівне (*Panicum miliaceum L.*) дедалі більше привертає увагу як об'єкт агроекологічної стабільності в посушливих регіонах, включно з Правобережним Лісостепом України [9].

Кліматичні особливості цього регіону передбачають наявність помірно теплого літа з відносно рівномірним, хоч і нестійким, випаданням опадів, річна кількість яких становить 450–600 мм. Сума активних температур (понад 10 °С) упродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур у середньому коливається в межах 2300–2500 °С, що створює передумови для успішного вирощування теплолюбних культур, таких як просо [48, 135].

Останні кліматичні зміни демонструють тенденцію до подовження вегетаційного періоду, що є сприятливим для багатьох польових культур. Зафіксовано, що він подовжився у середньому на 5–12 діб, що пов'язано з раннім весняним потеплінням і пізнішими строками настання осінніх заморозків [80]. Для проса посівного це означає потенційні зміни в термінах проходження фаз органогенезу та тривалості міжфазних періодів, які мають значний вплив на формування структури врожаю та рівень урожайності.

Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин проса сорту Заповітне впродовж 2023–2025 рр. показали вплив гідротермічних умов років проведення досліджень на тривалість періоду сівба-сходи, проходження фаз росту й розвитку та періоду вегетації культури в цілому (рис. 3.2).

Для отримання дружних сходів рослини проса потребують відповідного температурного режиму та вологи у ґрунті. Як свідчить аналіз отриманих результатів, у 2023–2025 рр. тривалість періоду «сівба – сходи» становила 12–13 діб.

Ефективність формування продуктивних органів проса значною мірою залежить від погодних умов, що складаються у ключові періоди вегетації – особливо на етапах кушіння, виходу в трубку та викидання волоті. Нестача вологи або температурні коливання в цей час істотно знижують потенціал сорту. За даними М.П. Білик [11], найвразливішими до метеофакторів рослини проса посівного є у фази трубкування та колосіння, а зменшення тривалості

періодів проходження цих фаз під дією високих температур і нестачі вологи призводить до зниження продуктивності культури.

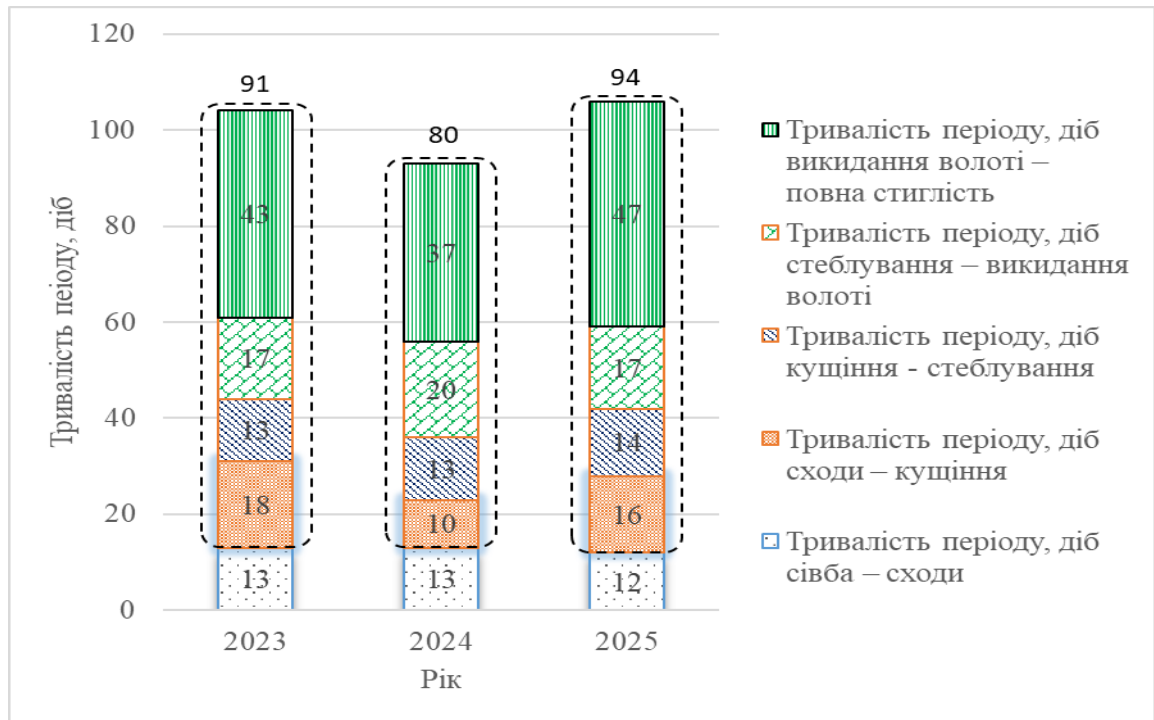


Рис. 3.2 Тривалість міжфазних періодів росту та розвитку та періоду вегетації рослин проса посівного залежно від погодних умов, 2023–2025 рр., діб

Не дивлячись на нижчу середньодобову температуру повітря та дещо більшу кількість опадів у період появи сходів у 2025 р., порівняно з попередніми роками, тривалість періоду від сівби до сходів становила 12 діб (табл. 3.2). Для появи сходів у роки досліджень накопичувалась сума активних температур (понад 10 °С) від 67,4 до 115,7 °С.

У роки досліджень період «сходи – кушіння» тривав від 10 до 18 діб залежно від гідротермічних умов цього періоду. Більш швидке настання фази, вже через 10 діб відмічали у 2024 р., проте у 2023 і 2025 рр. період «сходи – кушіння» був тривалішим на 8 і 6 діб, порівняно з 2024 роком. Триваліший період проходження цієї фази у 2023 р. пояснюється меншою кількістю опадів

(на 3,3 та 23,6 мм). Сума активних температур понад 10 °С знаходилась у межах від 87,4 до 174,0°С.

На подальшому етапі розвитку рослин проса період «кущіння – стеблуння» тривав 13 діб у 2023 і 2024 рр. і 14 діб – у 2025 році.

Таблиця 3.2.

Кількість опадів і температура повітря у міжфазні періоди росту та розвитку рослин проса посівного за роками досліджень

Гідротермічний показник	Рік		
	2023	2024	2025
Сівба – сходи			
Середньодобова температура повітря, °С	18,0	18,9	15,6
Кількість опадів, мм	0	4,2	7,0
Сума активних температур понад 10 °С	104,3	115,7	67,4
Сходи – кущіння			
Середньодобова температура повітря, °С	19,7	18,7	20,2
Кількість опадів, мм	21,0	24,3	44,6
Сума активних температур понад 10 °С	174,0	87,4	162,5
Кущіння - стеблуння			
Середньодобова температура повітря, °С	21,0	20,6	16,8
Кількість опадів, мм	10,2	85,0	16,4
Сума активних температур понад 10 °С	143,6	138,1	114,9
Стеблуння – викидання волоті			
Середньодобова температура повітря, °С	21,2	24,4	24,2
Кількість опадів, мм	51,2	26,7	0,8
Сума активних температур понад 10 °С	189,8	287,1	164,9
Викидання волоті – господарська стиглість			
Середньодобова температура повітря, °С	22,2	23,1	19,8
Кількість опадів, мм	99,6	67,2	123,0
Сума активних температур понад 10 °С	525,7	485,5	450,9
Сходи – господарська стиглість			

Середньодобова температура повітря, °С	21,4	22,5	18,9
Кількість опадів, мм	182,0	203,2	184,2
Сума активних температур понад 10 °С	1033,1	998,1	943,1

Подовження періоду на добу можливо пояснити нижчими середньодобовими температурами повітря на 3,2 °С і 3,8 °С, порівняно з попередніми роками досліджень, та меншою сумою активних температур, яка у вказаний міжфазний період у роки досліджень становила від 114,9 до 143,6°С.

Найдовший період «стеблування – викидання волоті» тривав 20 діб у 2024 р., у 2023 і 2025 роках він становив 17 діб. Характерним для цього періоду у 2023 р. була достатня кількість опадів (51,2 мм) та нижчі на 3,2 °С і 3,0 °С, порівняно з наступними роками досліджень, середньодобові температури повітря. У 2024 р. відмічали середню кількість опадів (26,7 мм), проте високі середньодобові температури повітря та суму активних температур – 287,1 °С. У 2025 р. середньодобові температури повітря були високими (24,2 °С), проте опади – майже відсутні (0,8 мм) та незначна сума активних температур. Для проходження цього міжфазного періоду потребувалась сума активних температур понад 10 °С від 164,9 °С у 2025 р. до 287,1 °С у 2024 році.

Наприкінці вегетації проса різні погодні умови упродовж періоду «викидання волоті – господарська стиглість» визначили значну розбіжність тривалості фази – від 37 до 47 діб. В умовах 2024 р. вирішальним фактором у скороченні міжфазного періоду на 6 діб, порівняно з 2023 р., та на 10 діб – з 2025 р., була висока середньодобова температура повітря, що перевищувала її рівень у вказані роки на 0,9 °С та 3,3 °С відповідно. Кількість опадів максимальною була у 2025 р. – 123,0 мм, тоді як мінімальна 67,2 мм – у 2024 році. Для проходження вказаного міжфазного періоду потребувалась сума активних температур від 450,9°С у 2025 р. до 525,7 °С – у 2023 р.

Отже, результати досліджень показали, що тривалість періоду вегетації рослин проса змінювалася за роками досліджень і становила 80–94 доби. Надмірна кількість опадів (203,2 мм) та високі середньодобові температури повітря 22,5 °С у 2024 р. спричинили скорочення періоду вегетації проса на 11 діб, порівняно з 2023 р., та на 14 – з 2025 р., який був найкоротшим за роки досліджень і становив 80 діб. В умовах значно меншої кількості опадів у 2023 і 2025 рр. (182,0 мм та 184,2 мм) та нижчих середньодобових температур повітря (21,4 °С та 18,9 °С) відбувалось подовження розвитку рослин і період вегетації проса становив 91 і 94 доби. У 2024 р. за період вегетації накопичувалась сума активних температур 998,1 °С, тоді як в попередні роки – 1033,1 і 943,1 °С.

За використання кореляційного аналізу було визначено залежності між гідротермічними параметрами та тривалістю міжфазних періодів, і періоду вегетації проса в цілому (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Коефіцієнти парного кореляційного зв'язку тривалості міжфазних періодів проса посівного з гідротермічними чинниками, середнє за 2023-2025 рр.

Міжфазний період	Середньодобов а температура повітря, °С		Кількість опадів, мм		Сума ефективних температур понад 10 °С	
	<i>r</i>	D, %	<i>r</i>	D, %	<i>r</i>	D, %
Сівба – сходи	0,965	93,1	-0,803	64,5	0,974	94,9
Сходи – кущіння	0,839	83,9	0,151	2,3	0,993	98,6
Кущіння - стеблуння	-0,996	99,6	-0,434	18,8	-0,984	96,8
Стеблуння – викидання волоті	0,548	54,8	0,016	-	0,981	96,2
Викидання волоті – господарська стиглість	-0,932	86,9	0,999	99,8	-0,357	12,7
Сходи – господарська стиглість	-0,991	98,2	-0,761	57,9	-0,674	45,4

Тривалість періоду від сівби до появи сходів у середньому за роки досліджень мала сильний зв'язок як із середньодобовою температурою повітря, так і сумою ефективних температур понад 10 °C ($r=0,965$ та $0,974$). Із кількістю опадів також відмічали сильний, але обернений зв'язок ($r=-0,803$). Встановлено тісну обернену залежність тривалості міжфазних періодів рослин проса з середньодобовою температурою повітря, яка особливо сильний зв'язок мала у міжфазні періоди «кущіння-стеблування» та «викидання волоті – господарська стиглість», та у цілому за період «сходи – повна стиглість» ($r=-0,996$, $-0,932$ та $-0,991$ відповідно), а також сильну пряму залежність у період «сходи – кущіння» та середню у період «стеблування – викидання волоті» ($r=0,839$ та $0,548$).

Залежність тривалості міжфазних періодів від кількості опадів була різною: у період «сходи-кущіння» та «стеблування-викидання волоті» – прямою слабкою ($r=0,151$ та $0,016$), у період «кущіння-стеблування» - середньою, але оберненою ($r=-0,434$), у період «викидання волоті-господарська стиглість» - сильною прямою ($r=0,999$).

У цілому за період вегетації залежність була сильною, але оберненою ($r=-0,761$). Від суми ефективних температур понад 10 °C у періоди «сходи-кущіння» та «стеблування-викидання волоті» залежність була сильною прямою ($r=0,993$ та $0,981$), у період «кущіння-стеблування» – сильною, але оберненою ($r=-0,984$), у період «викидання волоті-господарська стиглість» – слабкою оберненою ($r=-0,357$). У цілому за період вегетації залежність була сильною, але оберненою ($r=-0,674$). Аналіз сили досліджуваних факторів у досліді показав, що за фактором середньодобова температура повітря найбільший вплив на тривалість міжфазних періодів був у період від сівби насіння до повних сходів (93,1 %), від фази кущіння до фази стеблування (99,6 %), а також від викидання волоті до повної стиглості (86,9 %). У цілому за період вегетації від сходів до господарської стиглості вплив показника становив 98,2 %. Аналогічно фактор суми ефективних температур понад 10 °C

також мав найбільшу силу впливу на тривалість періодів від сходів до викидання волоті (98,6–99,2 %). Натомість фактор суми опадів найбільший вплив (99,8 %) виявляв лише на перебіг періоду «викидання волоті – господарська стиглість».

Проведений регресійний аналіз залежності тривалості періодів від сівби до сходів та від сходів до господарської стиглості від середньодобових температур повітря та кількості опадів підтвердив максимальну залежність показників від досліджуваних факторів. Розраховані рівняння залежності тривалості вказаних періодів від середньодобових температур повітря наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

**Математичні моделі залежності тривалості міжфазних періодів
росту та розвитку рослин проса від гідротермічних чинників,
середнє за 2023-2025рр.**

Міжфазний період	Елемент погоди	Рівняння лінійної регресії	R	D,%
Сівба – сходи	Середньодобова температура повітря, °C	$Y = 6,9014 + 0,3293X$	0,967	93,5
	Кількість опадів, мм	$Y = 13,2095 - 0,1357X_1$	0,818	66,9
Викидання волоті – господарська стиглість	Середньодобова температура повітря, °C	$Y = 101,2172 - 2,7145X$	0,935	87,4
	Кількість опадів, мм	$Y = 25,0081 + 0,1794X_1$	0,999	99,8
Сходи – господарська стиглість	Середньодобова температура повітря, °C	$Y = 158,5703 - 3,3565X$	0,861	74,1
	Кількість опадів, мм	$Y = 203,8975 - 0,6100X_1$	0,953	90,8

Примітка. Y – Тривалість міжфазних періодів, діб; X - середньодобова температура повітря, °C; X₁ - кількість опадів, мм

Одержані коефіцієнти множинної (сукупної) кореляції, які становлять R=0,818-0,999, вказують на вельми сильну тісноту зв'язку між показниками. Коефіцієнт множинної детермінації R², виражений у відсотках (74,1–99,8%) свідчить, що залежність тривалості періодів сівба – сходи та сходи –

господарська стиглість рослин проса від погодних умов і суми активних температур була сильною. Обидва коефіцієнти свідчать про те, що отримані рівняння регресії досить добре описують існуючий зв'язок між показниками. Для кожного рівняння встановлено адекватність за критерієм Фішера та статистичну значущість їхніх параметрів (коефіцієнтів) за критерієм Стьюдента. Це дозволяє використовувати моделі для практичного прогнозування тривалості періодів від сівби до сходів та від викидання волоті до господарської стиглості, а також періоду вегетації культури у цілому.

Отже, тривалість періоду від сівби до появи сходів, а також міжфазних періодів і вегетації проса в цілому значно залежали від погодних умов, що складались. Тривалість періоду від сівби до появи сходів становила 12-13 діб, тривалість періоду вегетації культури – від 80 до 94 доби. Встановлено тісну пряму залежність тривалості періоду сівба – сходи від середньодобової температури повітря та суми ефективних температур понад 10 °C ($r=0,965$ та $0,974$) та тісну обернену залежність із кількістю опадів ($r=-0,803$). Залежність тривалості періоду вегетації від середньодобової температури повітря, кількості опадів та суми ефективних температур понад 10 °C була тісною оберненою ($r=-0,991$, $-0,761$ та $-0,74$). Знання тривалості періоду від сівби до сходів, міжфазних періодів та вегетації в цілому залежно від гідротермічних умов дає можливість планувати строк проведення сівби проса та відповідних агрозаходів з метою створення оптимальних умов для реалізації генетичного потенціалу сортів культури.

3.3. Динаміка формування висоти рослин проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння

Висота рослин – важливий показник у формуванні вертикальної структури агроценозу сільськогосподарських культур, який визначає його повітряний та світловий режими. За динамікою росту та розвитку рослин

проса упродовж періоду вегетації можливо визначити, наскільки сприятливими були умови навколишнього природного середовища для рослин та визначити їх реакцію на агрозаходи, що вивчалися [8].

Висота рослин проса, представлена за фазами росту та розвитку, значно залежала від взятих для дослідження чинників (табл. 3.5).

Навіть на початку періоду вегетації, у фазі кущення, відмічали вплив досліджуваних агрозаходів на формування лінійних показників. Висота рослин знаходилася у межах від 24,4 до 29,8 см. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню показника у середньому лише на 0,1 см за його значення на варіантах без оброблення насіння біопрепаратом 27,8 см.

Внесення мінеральних добрив, зокрема $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню лінійних розмірів рослин проса на 3,8 і 3,4 см, або на 15,3 % і 13,7 % за показника на варіантах без добрив у середньому 24,9 см. За внесення $N_{45}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивуацію та перенесення частини азотних добрив (N_{15}) у підживлення рослини формувалися вищими на 4,6 см, або на 18,5 %, порівняно з варіантами без добрив.

У фазі стеблуння відмічали чіткіший вплив досліджуваних агрозаходів на формування висоти рослинами проса, яка зроста в 1,7–1,8 рази, порівняно з фазою кущіння і становила від 42,7 см до 51,3 см. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло зростанню висоти рослин у середньому на 0,6 см, або на 1,3 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу, де він становив 47,1 см. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}+$ Майстер агро показники зростали на 9,1 % і 10,9 %. На варіанті зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ відмічали збільшення висоти рослин на 5,3 см, або на 12,0 %, порівняно з варіантами без добрив. Позакореневе підживлення рослин у фазі кущіння органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс сприяло збільшенню висоти рослин на 1,0 см, або на 2,1 % за показника на варіантах без підживлення 47,2 см.

У фазі викидання волоті висота знаходилася у межах від 105,3 см до 123,7 см, вона збільшилась, порівняно з фазою куціння, у 4,2–4,3 рази.

Таблиця 3.5.

Динаміка формування висоти рослин проса за фазами росту та розвитку залежно від удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., см

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі куціння					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	25,4	44,1	105,3	110,9	114,0	25,4	42,7	106,0	109,8	113,7	25,4	44,1	105,3	106,8	114,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,5	47,3	119,7	123,4	129,1	28,5	48,4	115,8	123,7	132,9	28,5	47,3	119,7	132,7	129,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	28,1	47,2	117,1	126,0	134,0	28,1	48,9	120,9	120,9	132,8	28,1	47,2	117,1	121,0	131,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	29,2	48,4	120,9	126,4	134,3	29,2	50,9	112,9	117,7	130,7	29,2	48,4	120,9	113,0	132,3
\bar{X}	27,8	46,8	115,8	121,7	127,9	27,8	47,7	113,9	118,0	127,5	27,8	46,8	115,8	118,4	126,9
$S\bar{x}$	0,8	0,9	3,6	3,7	4,8	0,8	1,8	3,1	3,0	4,6	0,8	0,9	3,6	5,6	4,1
V, %	6,0	4,0	6,2	6,0	7,5	6,0	7,4	5,5	5,1	7,3	6,0	4,0	6,2	9,4	6,5
S	1,7	1,8	7,1	7,3	9,5	1,7	3,5	6,2	6,0	9,3	1,7	1,8	7,1	11,2	8,2
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	24,4	44,9	107,9	111,3	117,8	24,4	43,2	108,8	112,3	122,3	24,4	44,9	107,9	109,5	116,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,8	47,4	120,4	124,5	129,3	28,8	50,0	122,3	129,8	133,2	28,8	47,4	120,4	132,9	132,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	28,4	49,7	118,6	128,4	134,5	28,4	49,9	123,7	128,9	133,7	28,4	49,7	118,6	130,7	132,5
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	29,8	48,5	121,2	128,3	134,9	29,8	51,3	118,3	119,5	131,2	29,8	48,5	121,2	115,7	133,4
\bar{X}	27,9	47,6	117,0	123,1	129,1	27,9	48,6	118,3	122,6	130,1	27,9	47,6	117,0	122,2	128,7
$S\bar{x}$	1,2	1,0	3,1	4,0	4,0	1,2	1,8	3,4	4,2	2,7	1,2	1,0	3,1	5,7	4,2
V, %	8,5	4,3	5,3	6,6	6,2	8,5	7,5	5,7	6,8	4,1	8,5	4,3	5,3	9,3	6,5
S	2,4	2,0	6,2	8,1	8,0	2,4	3,7	6,7	8,3	5,3	2,4	2,0	6,2	11,4	8,4

Примітка. Фази росту і розвитку рослин проса: 1* – куціння, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання.

Максимальний вплив на формування висоти рослин мало внесення мінеральних добрив. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро висота рослин становила 119,7 і 119,3 см, що перевищувало варіанти без застосування мінеральних добрив на 13,5 і 13,1 см, або на 12,7 % і 12,3 %. За внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ висота рослин проса зростала на 13,0 см, або на 12,2 %, порівняно з контрольними варіантами. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню лінійних показників рослин у середньому на 1,2 см, або на 1,0 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу. Позакореневе підживлення рослин у фазі кушіння органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс сприяло збільшенню висоти рослин лише на 1,3 см, (або на 1,1 %) порівняно з варіантами без підживлення.

У фазі наливу зерна висота рослин у досліді знаходилась у межах від 106,8 см до 132,9 см, зростання порівняно з фазою кушіння було у 4,40–4,60 рази. Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню показника у середньому на 3,2 см, або на 2,7 % за його рівня на варіантах без оброблення насіння 119,4 см. Позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння та викидання волоті не мало суттєвого впливу на формування висоти рослин. На варіантах зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ рослини формувалися вищими на 17,7 см, або на 16,1 %, порівняно з контрольним варіантом, який не передбачав їх застосування (110,1 см). За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро збільшення висоти рослин становило 4,9 см, або 14,4 %. Внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ сприяло зростанню показника лише на 10,0 см, або на 9,1 %. Це можливо пояснити тим, що роздрібне внесення азотних добрив у фазі кушіння (N_{15}) забезпечує раціональніше використання азоту рослинами проса на ранніх етапах вегетації. Однак, до фази наливу зерна ефект від пізнішого внесення азоту на ростові процеси послаблюється, оскільки пріоритетним стає перерозподіл асимілятів у генеративні органи, а не вегетативний ріст.

У фазі досягання зерна висота рослин була максимальною і становила в досліді від 113,7 см до 134,9 см, перевищення показника у фазі кущіння становило 4,5–4,7 рази.

Як і впродовж попереднього періоду росту та розвитку, у фазі досягання зерна максимальний вплив на висоту рослин проса мало удобрення (рис. 3.3).

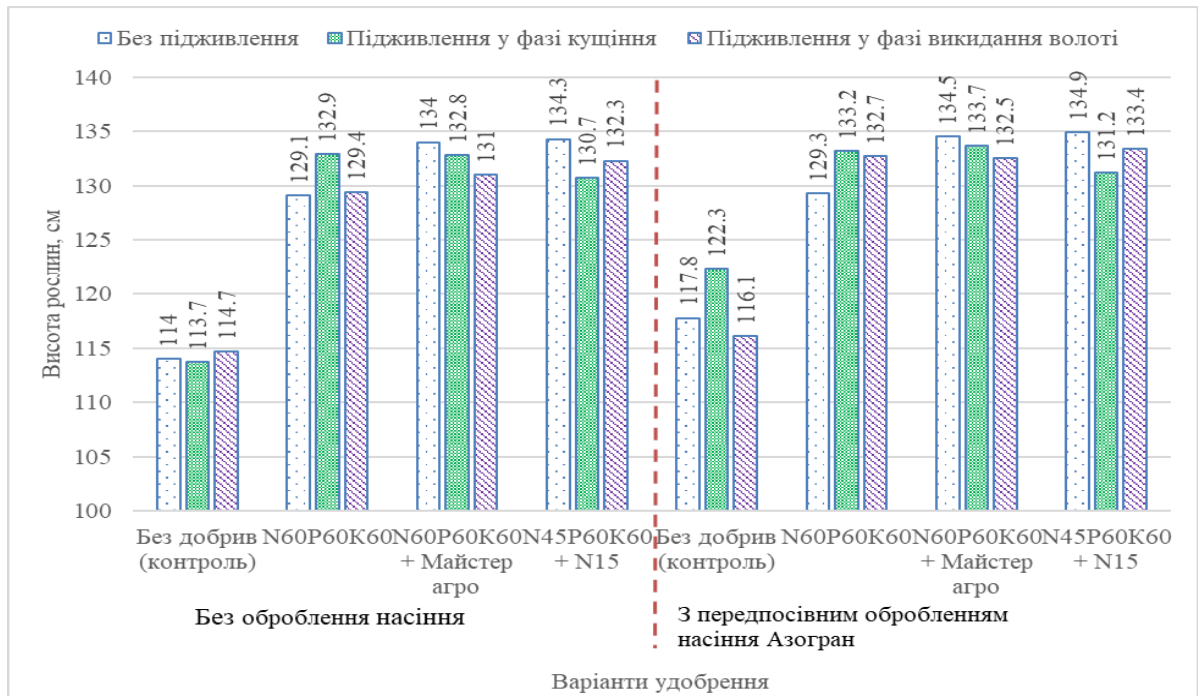


Рис. 3.3. Висота рослин проса у фазі досягання залежно від удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., см

За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ збільшення показників висоти рослин становило 14,4 см, або 12,6 %, порівняно з варіантом без добрив, де показник знаходився на рівня 116,4 см. За внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро зростання висоти рослин становило 16,7 см, або 14,3 %, за внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – 16,4 см, або 14,1 %, порівняно з контролем. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло зростанню висоти рослин у середньому лише на 1,0 см, або на 0,8 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (127,4 см). Позакореневе підживлення у фазі кущіння органомінеральним добривом Браман мультикомплекс сприяло зростанню

показника лише на 0,3 см, порівняно з варіантами без його проведення (128,5 см), а позакореневе підживлення у фазі викидання волоті не сприяло його зростанню.

Отже, упродовж періоду вегетації проса основним агрозаходом, який сприяв зростанню висоти рослин, були мінеральні добрива. У фазі дозрівання зерна, коли відмічали максимальний рівень показника, внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро та $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ сприяло зростанню висоти відповідно на 14,4 см, 16,7 см та 14,4 см, або на 12,6 %, 14,3 % і 14,1 %, порівняно з варіантами без добрив (116,4 см).

3.4 Динаміка формування вегетативної маси рослин проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння

Від сформованої рослинами вегетативної маси залежить фотосинтетичний потенціал посівів, поглинання та використання сонячної енергії, накопичення органічної речовини та продуктивність посіву. Дослідження накопичення вегетативної маси рослин проса в динаміці дає змогу визначити вплив досліджуваних агрозаходів та їх поєднання в технологічному процесі на продуктивність культури [108, 32].

Аналіз показників надземної маси рослин проса посівного показав, що її накопичення відбувалося поступово і досягало максимуму у фазі викидання волоті (табл. 3.6).

У фазі кущіння надземна маса рослин проса була незначною – від 2,1 г/роsl. до 3,7 г/роsl., що свідчить про відносно повільне наростання вегетативної маси на початкових етапах росту та розвитку рослин. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню показника у середньому на 0,3 г/роsl., або на 10,0 % за його рівня на варіантах без оброблення 3,0 г/роsl.

Таблиця 3.6

**Динаміка формування надземної маси рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння,
середнє за 2023–2025 рр., г/росл.**

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі кушення					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	2,1	5,7	26,8	20,3	19,2	2,1	5,4	24,6	22,3	20,8	2,1	5,7	26,8	21,3	20,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,1	7,2	30,7	26,7	21,5	3,1	6,7	29,0	31,9	22,3	3,1	7,2	33,7	31,2	22,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	3,4	8,3	30,8	25,8	23,1	3,4	8,9	33,6	28,6	22,3	3,4	8,3	34,8	26,8	24,3
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	3,5	7,9	31,2	24,0	22,0	3,5	8,8	31,1	24,8	22,9	3,5	7,9	35,2	26,3	23,0
\bar{X}	3,0	7,3	29,9	24,2	21,5	3,0	7,5	29,6	26,9	22,1	3,0	7,3	32,6	26,4	22,5
$S\bar{x}$	0,3	0,6	1,0	1,4	0,8	0,3	0,9	1,9	2,1	0,4	0,3	0,6	2,0	2,0	0,9
V, %	21,1	15,7	6,9	11,7	7,7	21,1	22,8	12,9	15,7	4,1	21,1	15,7	12,1	15,3	7,8
S	0,6	1,1	2,1	2,8	1,6	0,6	1,7	3,8	4,2	0,9	0,6	1,1	3,9	4,1	1,8
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	2,3	5,9	27,8	24,7	20,0	2,3	6,8	26,1	24,3	21,5	2,3	5,9	21,8	23,6	18,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,6	7,4	31,0	27,3	22,7	3,6	7,7	34,1	34,9	25,9	3,6	7,4	31,0	33,1	23,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	3,7	8,6	31,4	30,6	23,3	3,7	9,3	36,8	35,0	28,2	3,7	8,6	30,4	27,3	25,7
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	3,5	8,2	31,9	24,5	23,1	3,5	8,8	33,1	31,2	26,8	3,5	8,2	31,9	28,7	26,2
\bar{X}	3,3	7,5	30,5	26,8	22,3	3,3	8,2	32,5	31,4	25,6	3,3	7,5	28,8	28,2	23,4
$S\bar{x}$	0,3	0,6	0,9	1,4	0,8	0,3	0,6	2,3	2,5	1,4	0,3	0,6	2,3	2,0	1,7
V, %	20,0	15,8	6,1	10,6	6,9	20,0	13,8	14,0	16,0	11,3	20,0	15,8	16,3	13,9	14,6
S	0,7	1,2	1,9	2,9	1,5	0,7	1,1	4,6	5,0	2,9	0,7	1,2	4,7	3,9	3,4

Примітка. Фази росту і розвитку рослин проса: 1* – кушення, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання

У вказаній фазі розвитку рослин проса внесення мінеральних добрив сприяло формуванню більшої надземної маси на 1,2–1,4 г/роsl., або в 1,5–1,6 рази порівняно з варіантами без застосування мінеральних добрив.

У фазі стеблуння надземна маса рослин у досліді знаходилась у межах від 5,4 г/роsl. до 9,3 г/роsl., відбувалося зростання рівня показника, порівняно з фазою кушіння, у 2,5–2,6 рази. Особливо відчутною різниця була за варіантами внесення мінеральних добрив. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню надземної маси у середньому на 1,4 г/роsl., або на 23,7 %, $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на 2,8 г/роsl., або на 47,5 %, $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – на 2,4 г/роsl. (40,7%), порівняно з контрольними варіантами без мінеральних добрив, де показник знаходився на рівні 5,9 г/роsl. На варіантах, сівбу яких проводили насінням, обробленим біопрепаратом Азогран, надземна маса рослин формувалась більшою у середньому на 0,2 г/роsl., або на 2,7 % за показника на варіантах без оброблення 7,4 г/роsl. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс сприяло зростанню надземної маси рослин на 0,5 г/роsl., або на 6,8 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (7,4 г/роsl.).

До фази викидання волоті відмічали інтенсивне наростання вегетативної маси рослин, про що свідчить показник, який знаходився у межах від 24,6 г/роsl. до 36,8 г/роsl., відбулося зростання, порівняно з рівнем показника у фазі кушіння, у 9,9–11,7 рази. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню надземної маси рослин у середньому лише на 0,5 г/роsl., або на 1,6 %, порівняно з варіантами без оброблення (30,7 г/роsl.).

До фази викидання волоті відмічали інтенсивне наростання вегетативної маси рослин, про що свідчить показник, який знаходився у межах від 24,6 г/роsl. до 36,8 г/роsl., відбулося зростання, порівняно з рівнем показника у фазі кушіння, у 9,9–11,7 рази. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню надземної маси рослин у середньому лише на 0,5 г/роsl., або на 1,6 %, порівняно з варіантами без оброблення (30,7 г/роsl.).

Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню надземної маси у середньому на 5,9 г/роsl., або на 23,0 %, $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на 7,3 г/роsl., або на 28,4 %, $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – на 6,7 г/роsl., або на 26,1 %, порівняно з контрольними варіантами без мінеральних добрив, де показник знаходився на рівні 25,7 г/роsl. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло формуванню більшої маси рослин на 0,9 г/роsl., або на 3,0 % за показників на варіантах без підживлення 30,2 г/роsl.

У фазі наливу зерна відмічали зменшення надземної маси, що можливо пояснити відмиранням частини листя й перерозподілом асимілянтів у рослинах. Надземна маса рослин знаходилась у межах від 20,3 г/роsl. до 35,0 г/роsl. – відбулося зменшення рівня показника, порівняно з фазою викидання волоті, на 4,9-17,6 %. На варіантах, сівбу яких проводили насінням, обробленим біопрепаратом Агрозан, надземна маса рослин залишалася у середньому на 3,4 г/роsl. більшою, порівняно з варіантами без бактеризації насіння (25,8 г/роsl.). На фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ надземна маса рослин перевищувала варіанти без добрив (22,8 г/роsl.) на 8,1 г/роsl., або на 35,6 %, $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на 7,2 г/роsl., або на 27,2 %, $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – на 3,8 г/роsl., або на 16,7 %. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло зростанню надземної маси рослин на 3,7 г/роsl., або на 14,5 %, у фазі викидання волоті – на 1,8 г/роsl., або на 7,1 % за показника на варіантах без підживлення 25,5 г/роsl.

За переходу рослин у фазу дозрівання відмічали подальше зменшення надземної маси рослин – у досліді вона становила від 19,2 г/роsl. до 28,2 г/роsl. Порівняно з фазою викидання волоті, відбулося зменшення показника на 23,4–32,0 %. На варіантах, які передбачали оброблення насіння біопрепаратом Азогран, надземна маса рослин залишалася більшою на 1,8 г/роsl., або на 8,2 %, порівняно з варіантами без оброблення насіння, де

надземна маса рослин становила у середньому 22,0 г/роsl. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ надземна маса рослин була більшою на 2,9 г/роsl., або на 14,4 %, порівняно з контрольними варіантами без добрив (20,1 г/роsl.). Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро сприяло збільшенню надземної маси рослин на 4,4 г/роsl., або на 21,9 %, порівняно з варіантами без добрив. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло зростанню надземної маси рослин на 2,0 г/роsl., або на 9,1 %, у фазі викидання волоті – на 1,1 г/роsl., або на 5,0 % за показника на варіантах без підживлення 21,9 г/роsl.

Отже, досліджувані агрозаходи мали значний вплив на формування надземної маси рослин проса упродовж усього періоду вегетації культури. Найбільший вплив на формування показника мало застосування мінеральних добрив, особливо у поєднанні з мікроелементами. Варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро забезпечував високий приріст протягом вегетації, збільшуючи надземну масу на 47,5 % у фазі стеблуння, 28,4 % – у фазі викидання волоті та 21,9 % – у фазі дозрівання порівняно з контролем без добрив. Роздрібне внесення азоту ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) демонструвало високу ефективність у середині вегетації (40,7 % у фазі стеблуння та 26,1 % у фазі викидання волоті), проте його вплив послаблювався до фази дозрівання (14,4%), що пов'язано з особливостями перерозподілу азоту в рослині на завершальних етапах онтогенезу.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран забезпечило стабільний, хоча й менш виражений порівняно з мінеральними добривами, позитивний ефект на всіх етапах розвитку рослин (1,3–8,2 %), що свідчить про тривалу дію біологічного препарату на фізіологічні процеси та ростові функції проса. Позакореневе підживлення Браман мультикомплекс проявляло найвищу ефективність у фазах інтенсивного росту – стеблуння (6,8 %) та викидання волоті (3,0 %), забезпечуючи швидке усунення дефіциту мікроелементів у критичні періоди розвитку культури. Отримані нами

результати підтверджені результатами інших дослідників [14, 68, 123]. Дворазове позакореневе підживлення (у фази кущіння та викидання волоті) підтримувало значну надземну масу рослин до завершення вегетації, збільшуючи показник у фазі дозрівання на 9,1 %, порівняно з варіантами без підживлення.

Характерною особливістю динаміки надземної маси була інтенсивна її акумуляція до фази викидання волоті (збільшення у 9,9–11,7 разів порівняно з фазою кущіння) з подальшим закономірним зменшенням у фазі наливу зерна та дозрівання на 4,9–32,0 % внаслідок природнього відмирання листкового апарату та реутилізації поживних речовин у генеративні органи.

Висновки до розділу 3.

1. Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран забезпечувало стабільне підвищення польової схожості насіння на 1,8 % та збільшення кількості збережених рослин упродовж вегетації на 0,9 %, порівняно з варіантами, сівбу яких проводили необробленим насінням.

2. Система удобрення мала істотний вплив на досліджувані показники: внесення азоту у два прийоми ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) обумовили зростання рівня показника на 5,3 % порівняно з варіантами без добрив. Встановлено перевагу роздрібного внесення азотних добрив, що запобігає негативному впливу високих концентрацій азотних сполук на проростки проса у прикореневій зоні та забезпечує додаткове живлення у критичні фази розвитку. Збереженість рослин до господарської стиглості на удобрених варіантах була дещо нижчою (90,5–90,6 %), порівняно з контролем без добрив (91,8 %).

3. Встановлено пряму залежність тривалості періоду сівба–сходи від середньодобової температури повітря ($r=0,965$) та суми активних температур понад $10^{\circ}C$ ($r=0,974$) і обернену залежність від кількості опадів ($r=-0,803$). Тривалість періоду вегетації демонструвала сильний зв'язок із

середньодобовою температурою повітря ($r=-0,991$), кількістю опадів ($r=-0,761$) та сумою активних температур понад 10°C ($r=-0,674$). Розроблені математичні моделі лінійної регресії ($R^2=74,1-99,8\%$) дозволяють прогнозувати тривалість міжфазних періодів та вегетації проса залежно від гідротермічних умов, що створює можливості для оптимізації строків сівби та проведення агротехнічних заходів з метою максимальної реалізації генетичного потенціалу сорту.

3. Найвищі показники висоти рослин проса впродовж періоду вегетації формувались на варіанті зі внесенням $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}+\text{Майстер агро}$ (133,3 см), що свідчить про синергетичну дію макро- та мікроелементів на ростові процеси. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран проявляло стабільний, хоча й помірний вплив на висоту рослин (0,8–2,7 % залежно від фази розвитку). Позакореневе підживлення Браман мультікомплекс мало незначний вплив на формування висоти рослин (0,3–1,3 %), що пояснюється спрямованістю дії мікроелементів переважно на якісні характеристики та процеси фотосинтезу, а не на лінійні параметри росту. Інтенсивність наростання висоти була найбільшою у період від куціння до викидання волоті, тоді як у фазі наливу та дозрівання зерна темпи вертикального росту суттєво сповільнювались внаслідок перерозподілу асимілятів у генеративні органи.

4. Динаміка накопичення надземної маси рослин проса характеризувалась інтенсивною акумуляцією біомаси, варіант із застосуванням $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}+\text{Майстер агро}$ забезпечував найстабільніший приріст біомаси протягом вегетації, збільшуючи надземну масу на 47,5 % у фазі стеблуння, на 28,4 % – у фазі викидання волоті та на 21,9 % – у фазі дозрівання, порівняно з контролем без добрив. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран забезпечувало позитивний ефект на всіх етапах розвитку (1,6–10,0 %). Варіанти з оптимізованим живленням краще утримували надземну масу на завершальних етапах вегетації, що сприяло

повнішому наливу зерна та створювало передумови для формування вищої врожайності культури.

Основні результати досліджень за даним розділом опубліковано в наукових працях [35, 38, 46].

РОЗДІЛ 4

ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ БАКТЕРИЗАЦІЇ НАСІННЯ

Рівень продуктивності визначається фотосинтетичною діяльністю посівів, тому завдання технології в рослинництві – створення оптимальних умов для росту, розвитку та формування продуктивності культури, за яких посіви ефективно використовують сонячну енергію [32, 108, 117],

Просо відноситься до культур, у рослинах яких фотосинтез відбувається по типу C4, також ефективно використовує азот із ґрунту, має здатність накопичувати значну суху масу на одиницю засвоєного азоту. Це пояснює потенційні можливості культури та її високу стійкість до несприятливих умов вирощування, тому вивчення фотосинтетичної діяльності в умовах зміни клімату є актуальним [158, 189].

4.1. Динаміка формування листкової поверхні рослин проса

Врожайність культури визначається здатністю рослин формувати оптимальну площу листя як основного органу фотосинтезу, який і формує рівень продуктивності. Листкова поверхня конкретної рослини значно змінюється упродовж періоду вегетації культури і залежить від кількості функціональних листків [120].

Як свідчить аналіз отриманих результатів, кількість функціональних листків на рослинах проса значною мірою залежала від досліджуваних чинників (табл. 4.1).

У фазі куціння кількість листків на рослинах проса, залежно від варіанту досліджень, знаходилась у межах від 5,3 до 8,4 шт./росл.

Таблиця 4.1

**Динаміка функціонування кількості листків на рослинах проса залежно від удобрення та оброблення насіння,
середнє за 2023-2025 рр., штук/роsl.**

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі кушіння					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	5,3	7,1	6,6	3,9	1,4	5,3	6,9	7,1	4,4	2,1	5,3	7,1	6,6	4,0	2,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,2	7,6	6,7	6,0	2,5	6,2	7,6	6,8	4,8	2,9	6,2	7,6	6,7	5,2	2,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	7,3	8,3	7,0	5,7	2,6	7,3	8,1	7,7	4,7	2,6	7,3	8,3	7,0	5,2	2,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	6,2	7,9	6,9	4,3	3,5	6,2	8,0	7,7	5,5	2,7	6,2	7,9	6,9	5,7	3,8
\bar{X}	6,3	7,7	6,8	5,0	2,5	6,3	7,7	7,3	4,9	2,6	6,3	7,7	6,8	5,0	2,9
$S\bar{x}$	0,4	0,3	0,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,1	0,4	0,3
V, %	13,1	6,5	2,7	20,7	34,4	13,1	7,1	6,1	9,6	13,2	13,1	6,5	2,7	14,4	20,0
S	0,8	0,5	0,2	1,0	0,9	0,8	0,5	0,5	0,5	0,3	0,8	0,5	0,2	0,7	0,6
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	5,9	7,4	6,8	5,5	1,6	5,9	7,1	7,2	5,2	2,8	5,9	7,4	6,8	4,8	2,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,2	8,4	7,0	6,3	3,1	6,2	8,4	7,4	5,5	2,8	6,2	8,4	7,0	6,0	2,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	7,7	8,6	7,7	5,7	2,8	7,7	8,6	7,7	7,4	3,0	7,7	8,6	7,7	5,9	3,1
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	8,4	8,9	7,7	5,5	2,7	8,4	8,0	7,8	5,7	3,1	8,4	8,9	7,7	6,2	3,6
\bar{X}	7,1	8,3	7,3	5,8	2,6	7,1	8,0	7,5	6,0	2,9	7,1	8,3	7,3	5,7	3,1
$S\bar{x}$	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,3	0,1	0,5	0,1	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2
V, %	17,0	7,8	6,4	6,6	25,7	17,0	8,3	3,7	16,6	5,1	17,0	7,8	6,4	11,0	12,3
S	1,2	0,7	0,5	0,4	0,7	1,2	0,7	0,3	1,0	0,2	1,2	0,7	0,5	0,6	0,4

Примітка. Фаза росту та розвитку рослин проса: 1* – кушіння, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання

На варіантах зі внесенням мінеральних добрив їх кількість зростала на 0,6–1,9 шт./росл., або на 10,7–33,9 %, порівняно з варіантами без добрив (5,6 шт./росл.). Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло формуванню більшої кількості листків проса на 0,4 шт./росл., або на 6,3 % за показника на варіантах без оброблення 6,3 шт./росл.

У фазі стеблуння кількість листків на рослинах проса становила від 6,9 до 8,6 шт./росл. Їх кількість збільшилась у 1,0–1,3 рази, або на 2,4–30,2 %, порівняно з фазою куціння. На варіантах зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ відмічали зростання їх кількості на 0,8 шт./росл., або на 11,1 %, порівняно з варіантами без добрив (7,2 шт./росл.) (рис. 4.1).

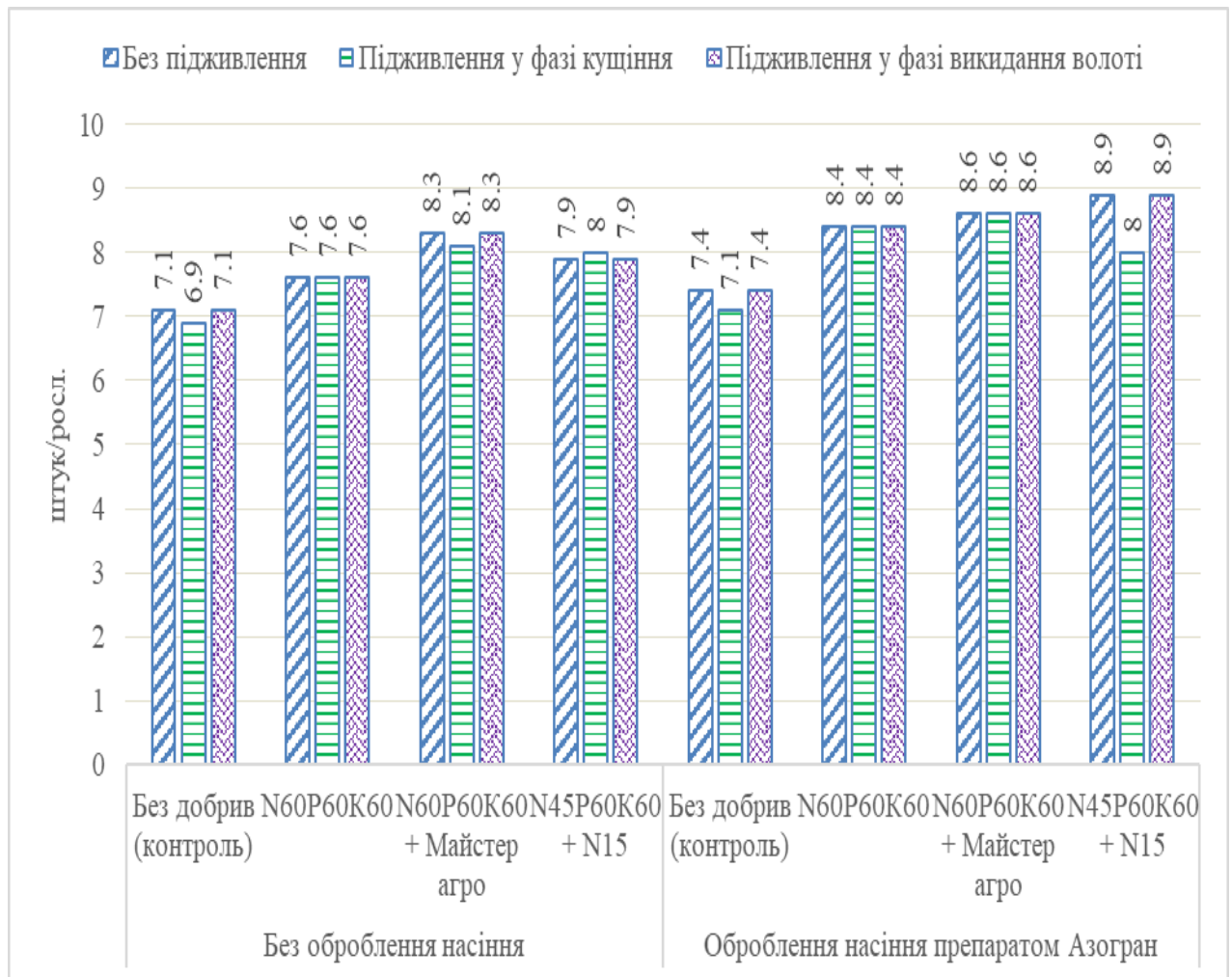


Рис. 4.1. Кількість листків на рослинах проса у фазі стеблуння залежно від удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., штук/росл.

На варіантах зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро зростання становило 1,2 шт./роsl., або 16,7 %, за внесення – $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – 1,1 шт./роsl., або 15,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло формуванню більшої кількості листків лише на 0,3 шт./роsl., або на 3,9 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 7,7 шт./роsl. Впливу позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультікомплекс у фазі кушіння на формування кількості листків у рослинах проса не відмічали.

На рослинах проса у фазі викидання волоті відбувалося незначне зменшення кількості листків, яких було від 6,6 до 7,8 шт./роsl. – за рахунок відмирання нижніх листків відбулося їх зменшення на 4,3–9,3 %, порівняно з фазою стеблуння, коли їх кількість була максимальною. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ їх кількість була однакова з показниками на варіантах без добрив – 6,9 шт./роsl., $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро і $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – перевищувала контрольний варіант на 8,7 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню кількості функціональних листків лише на 0,2 шт./роsl., або на 2,9 % за показника на варіантах без оброблення насіння 7,0 шт./роsl. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультікомплекс сприяло зростанню кількості функціональних листків у вказану фазу розвитку лише на 0,2 шт./роsl., або на 2,7 % за рівня показника на варіантах без проведення агрозаходу 7,3 шт./роsl.

У фазі дозрівання зерна кількість діючих листків на рослинах проса була мінімальною – від 1,4 до 3,8 шт./роsl., порівняно з фазою наливу зерна відбулося зменшення їх кількості ще у 2,9–1,9 рази, або на 78,6–94,7 %. На варіантах із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро діючими залишалось на 0,6 шт./роsl. більше листків, або на 27,3 %, порівняно з варіантами без добрив (2,2 шт./роsl.). За внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ функціональних листків було більше на 1,0 шт./роsl., або на 45,5 %.

Передпосівне оброблення насіння сприяло збільшенню функціональних листків лише на 0,3 шт./росл., або на 11,5 % за показника на варіантах без оброблення 2,6 шт./росл. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння сприяло збільшенню діючих листків на 0,3 шт./росл., у фазі викидання волоті – на 0,5 шт./росл., або відповідно на 12,0–20,0 % за рівня показника на варіантах без проведення агрозаходу 2,5 шт./росл.

Децо інші закономірності відмічали, аналізуючи в динаміці листкову поверхню рослин проса (табл. 4.2). У фазі куціння вона була незначною, рівень показника залежно від варіантів досліджень знаходився у межах від 51,2 до 89,3 см²/росл. Уже на початку періоду вегетації спостерігали значний вплив застосованих мінеральних добрив на рівень показника. Внесення N₆₀P₆₀K₆₀ сприяло збільшенню листкової поверхні на 25,5 см²/росл., або на 46,3 %, порівняно з показниками на варіантах без добрив (55,1 см²/росл.). Застосування N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро сприяло збільшенню площі листя на 30,6 см²/росл., або на 55,5 %, внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 31,0 см²/росл., або на 56,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню площі листя лише на 4,1 см²/росл., або на 5,6 % за показника на варіантах без бактеризації у середньому 72,8 см²/росл.

До фази стеблуння площа листя збільшилась у 2,2–2,8 рази, порівняно з фазою куціння, і становила від 142,4 до 200,6 см²/росл. На варіантах, що передбачали застосування N₆₀P₆₀K₆₀, відмічали зростання площі листя на 36,2 см²/росл., або на 24,8 %, порівняно з рівнем показника на варіантах без добрив (146,0 см²/росл.). За внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро зростання становило 32,7 см²/росл., або на 22,4 %, N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – 39,9 см²/росл., або на 27,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло формуванню більшої площі листя рослин проса лише на 3,9 см²/росл., або на 2,3 % за показника на варіантах без оброблення 169,4 см²/росл.

Таблиця 4.2

**Динаміка формування листкової поверхні рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння,
середнє за 2023–2025 рр., см²/росл.**

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі кущіння					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	51,2	142,4	245,2	90,8	35,3	51,2	148,1	272,3	127,9	63,6	51,2	142,4	245,2	108,8	73,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	73,7	173,9	275,4	193,1	57,4	73,7	181,9	298,8	175,2	70,5	73,7	173,9	275,4	210,2	90,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	83,6	172,4	275,0	189,1	77,2	83,6	179,4	306,6	160,4	83,2	83,6	172,4	275,0	190,6	89,3
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	82,8	179,1	288,9	199,6	113,7	82,8	187,3	299,5	175,5	76,9	82,8	179,1	289,9	190,9	98,1
\bar{X}	72,8	167,0	271,1	168,2	70,9	72,8	174,2	294,3	159,8	73,6	72,8	167,0	271,4	175,1	87,8
$S\bar{x}$	7,5	8,3	9,2	25,9	16,6	7,5	8,8	7,5	11,2	4,2	7,5	8,3	9,4	22,6	5,3
V, %	20,7	10,0	6,8	30,8	46,9	20,7	10,2	5,1	14,0	11,4	20,7	10,0	6,9	25,8	12,0
S	15,1	16,6	18,5	51,7	33,3	15,1	17,7	15,1	22,4	8,4	15,1	16,6	18,8	45,2	10,6
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	58,9	143,7	256,2	143,1	45,2	58,9	155,5	293,5	164,8	82,5	58,9	143,7	256,2	135,9	86,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	87,4	185,0	290,1	205,5	95,1	87,4	193,6	297,6	210,0	97,1	87,4	185,0	290,1	247,5	98,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	87,8	179,0	289,7	206,6	91,4	87,8	190,1	321,5	218,2	96,6	87,8	179,0	289,7	195,9	112,4
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	89,3	181,6	304,2	207,1	101,5	89,3	206,6	313,9	196,6	100,8	89,3	181,6	304,2	204,9	115,0
\bar{X}	80,9	172,3	285,1	190,6	83,3	80,9	186,5	306,6	197,4	94,3	80,9	172,3	285,1	196,1	103,2
$S\bar{x}$	7,3	9,6	10,2	15,8	12,9	7,3	10,9	6,6	11,7	4,0	7,3	9,6	10,2	23,0	6,6
V, %	18,1	11,2	7,2	16,6	30,9	18,1	11,7	4,3	11,9	8,5	18,1	11,2	7,2	23,5	12,8
S	14,7	19,2	20,4	31,7	25,7	14,7	21,8	13,3	23,5	8,1	14,7	19,2	20,4	46,0	13,2

Примітка. Фаза росту і розвитку рослин проса: 1* – кущіння, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання

Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння сприяло збільшенню площі листя 10,7 см²/росл., або на 6,3 %.

У фазі викидання волоті показники площі листя окремої рослини були максимальними та знаходились у діапазоні 245,2–321,5 см²/росл. (рис. 4.2).

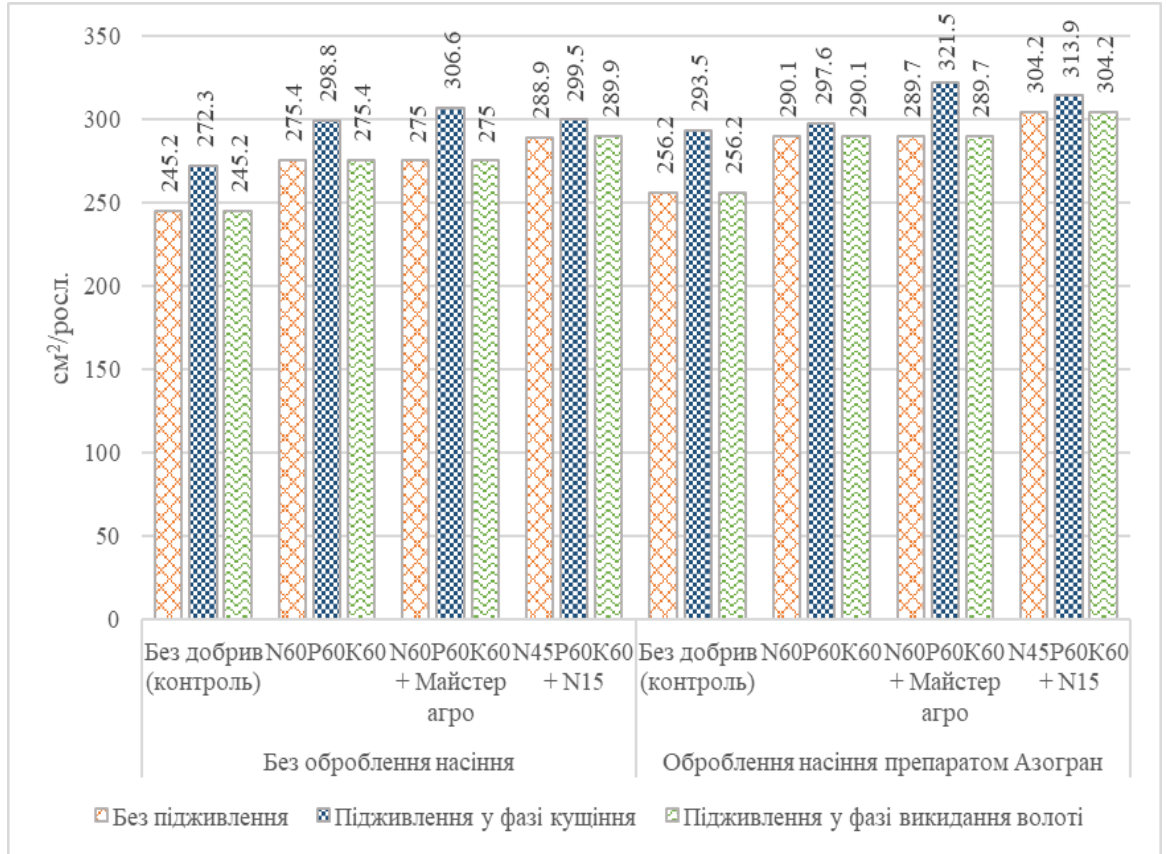


Рис. 4.2. Листкова поверхня рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння у фазі викидання волоті, середнє за 2023-2025 рр., см²/росл.

Порівняно з фазою стеблуння, рівень показника зростав у 1,6–1,7 рази, або на 72,2–60,3 %. За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ листкова поверхня рослин проса збільшувалась на 26,5 см²/росл., або на 10,1 %, N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 31,5 см²/росл., або на 12,1 %, N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 38,6 см²/росл., або на 14,8 %, порівняно з варіантами без добрив (261,4 см²/росл.). Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню листкової поверхні рослин проса лише на 6,8 см²/росл., або на 2,4 % за рівня показника на варіантах без бактеризації насіння 278,8 см²/росл. За позакореневого

підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння площа листя зростала у середньому на 22,4 см²/роsl., або на 8,1 %, порівняно з варіантами без проведення даного агрозаходу (278,1 см²/роsl.).

Для наступної фази наливу зерна було закономірним зменшення площі листової поверхні до 90,8–247,5 см²/роsl. Таке зменшення пояснюється перерозподілом пластичних речовин та відмиранням листків у нижній частині рослин [186]. Порівняно з фазою викидання волоті, площа листя рослин зменшувалася у 1,5–2,7 рази. У вказаний період розвитку рослин ще чітко проявлялась дія мінеральних добрив – на варіантах зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ листова поверхня рослин залишалася більшою, порівняно з варіантами без застосування добрив (128,6 см²/роsl.), на 78,3 см²/роsl., або на 60,0 %, внесенням N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 64,9 см²/роsl., або на 50,5 %, внесенням N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 67,2 см²/роsl., або на 52,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло зростанню листової поверхні на 27,0 см²/роsl., або на 16,1 %, за показника на варіантах без проведення агрозаходу 167,7 см²/роsl.

Позитивний вплив Азограну на рослини проса простежується протягом усього періоду вегетації проса. Отримані нами результати підтвержені іншими дослідниками [53, 78], які вказують, що рослини проса, вирощені з обробленого насіння, характеризуються більшою на 20–30 % листовою поверхнею. Крім того, на варіантах, посіяних бактеризованим насінням, відмічали зростання вмісту хлорофілів а і b в листках на 12–18 %, інтенсивність фотосинтезу – на 15–20 %.

Вплив позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння був незначним, у фазі викидання волоті – сприяв функціонуванню більшої площі листя на 6,2 см²/роsl., або на 3,5 %, порівняно з показником на варіантах без проведення агрозаходу (167,7 см²/роsl.).

У фазі досягання зерна площа листя на рослинах проса зменшувалась до 35,3–115,0 см²/росл., або порівняно з фазою наливу зерна у 1,9–2,6 рази. Навіть у вказаний період розвитку рослин проса була відчутною різниця на варіантах зі внесенням добрив. За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ відмічали більшу площу листя на 20,6 см²/росл., або на 32,0 %, порівняно з контрольними варіантами, які не передбачали їх застосування (64,3 см²/росл.). На варіантах з N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро залишалась більшою площа листя на 27,4 см²/росл., або на 42,6 %, N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 36,7 см²/росл., або на 57,1 %. За сівби насінням, обробленим біопрепаратом Азогран, залишалась більшою листовою поверхня рослин на 16,3 см²/росл., або на 21,9 %, порівняно з показником на варіантах без проведення агрозаходу (77,3 см²/росл.). Найімовірніше, таке явище зумовлене подовженим азотним живленням, що забезпечувалося діяльністю вільноживучих азотфіксуючих бактерій роду *Azotobacter* [122]. Позакореневе підживлення рослин проса органо-мінеральним добривом Азогран у фазі кушіння сприяло збільшенню площі рослин на 7,1 см²/росл., або на 9,2 %, у фазі викидання волоті – на 18,6 см²/росл., або на 24,2 % за показника на варіантах без підживлення 76,9 см²/росл. Позакореневі підживлення рослин проса органо-мінеральним добривом Браман мультікомплекс сприяли збільшенню площі листової поверхні та подовженню періоду їх функціонування.

Аналіз розрахованих значень індексу листової поверхні рослин проса в динаміці показав, що досліджувані агрозаходи мали значний вплив на цей показник (табл. 4.3). У фазі кушіння посівом проса формувалася листовою поверхня 1,16–2,36 м²/м². На варіантах із внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ індекс листової поверхні формувався більшим на 0,78 м²/м², або на 61,9 %, порівняно з показником на варіантах без застосування добрив 1,26 м²/м². Внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро сприяло зростанню індексу листової поверхні на 0,89 м²/м², або на 70,6 %, внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 0,93 м²/м², або на 73,8 %.

Таблиця 4.3

**Динаміка індексу листкової поверхні рослин проса залежно від варіанту удобрення та оброблення насіння,
середнє за 2023–2025 рр., м²/м²**

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі кущіння					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	1,19	3,13	5,15	1,88	0,71	1,16	3,26	5,94	2,78	1,37	1,18	3,12	5,20	2,19	1,45
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,81	4,14	6,39	4,34	1,29	1,87	4,44	6,96	4,94	1,55	1,83	4,14	6,36	4,69	2,00
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	2,02	4,14	6,55	4,42	1,79	2,09	4,41	7,36	4,75	1,84	2,05	4,14	6,46	4,36	2,01
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	2,09	4,42	6,63	4,25	1,90	2,05	4,51	7,07	4,34	1,95	2,04	4,24	6,67	4,28	2,15
\bar{X}	1,8	4,0	6,2	3,7	1,4	1,8	4,2	6,8	4,2	1,7	1,8	3,9	6,2	3,9	1,9
$S\bar{x}$	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	0,2	0,3	0,3	0,6	0,2
V, %	23,0	14,3	11,2	33,1	38,3	24,1	14,4	9,1	23,3	15,8	23,1	13,5	10,7	29,4	16,3
S	0,4	0,6	0,7	1,2	0,5	0,4	0,6	0,6	1,0	0,3	0,4	0,5	0,7	1,1	0,3
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	1,31	3,42	6,00	3,22	1,01	1,37	3,58	6,63	3,63	1,80	1,36	3,31	5,79	3,22	1,90
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,23	4,63	6,99	4,83	2,12	2,22	4,76	7,14	4,98	2,27	2,25	4,63	7,07	4,70	2,67
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	2,18	4,30	6,78	4,75	2,08	2,25	4,75	7,84	5,24	2,29	2,28	4,48	7,10	5,94	2,65
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	2,30	4,54	7,30	4,87	2,37	2,28	5,17	7,60	4,62	2,39	2,36	4,67	7,30	4,02	2,75
\bar{X}	2,0	4,2	6,8	4,4	1,9	2,0	4,6	7,3	4,6	2,2	2,1	4,3	6,8	4,5	2,5
$S\bar{x}$	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,6	0,2
V, %	23,2	13,1	8,2	18,1	31,9	21,7	15,0	7,3	15,3	12,1	22,8	15,1	10,1	25,8	15,9
S	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	0,3	0,5	0,6	0,7	1,2	0,4

Примітка. Фаза росту і розвитку рослин проса: 1* – кущіння, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання зерна

На варіантах, сівбу яких проводили насінням, обробленим біопрепаратом Азогран, зростання становило $0,24 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 13,4 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу $1,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

До фази стеблуння індекс листкової поверхні проса зростає, залежно від варіанту досліджень, у 2,2–2,7 рази і становив від $3,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $5,17 \text{ м}^2/\text{м}^2$. За внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ показник формувався більшим на $1,16 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 35,2 %, внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Майстер агро – на $1,07 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 32,4 %, внесення $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + N_{15} – на $1,29 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 39,1 % за рівня на варіантах без добрив у середньому $3,30 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло формуванню листкової поверхні посівом на $0,36 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 9,0 % більшою, порівняно з варіантами без бактеризації ($4,00 \text{ м}^2/\text{м}^2$). На варіантах з позакореневим підживленням рослин органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння індекс листкової поверхні посіву становив $4,37 \text{ м}^2/\text{м}^2$, що перевищувало контрольні варіанти без підживлення на $0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 7,1%.

У фазі викидання волоті відмічали максимальні показники індексу листкової поверхні – від 5,15 до $7,84 \text{ м}^2/\text{м}^2$, відбулося збільшення рівня показника, порівняно з фазою стеблуння, у 1,5–1,7 рази (рис. 4.3). За внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ показник був вищим за його рівень на контрольному варіанті ($5,79 \text{ м}^2/\text{м}^2$) на $1,03 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 17,8 %, за внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Майстер агро – на $1,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 21,2 %, за внесення $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + N_{15} – на $1,31 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 22,6 %. Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню індексу листкової поверхні посіву на $0,58 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 9,1 %, порівняно з показником на варіантах без оброблення $6,39 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Позакореневе підживлення рослин проса органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння сприяло збільшенню рівня показника на $0,59 \text{ м}^2/\text{м}^2$, або на 9,1 %, порівняно з його значенням на варіантах без проведення агрозаходу $6,48 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

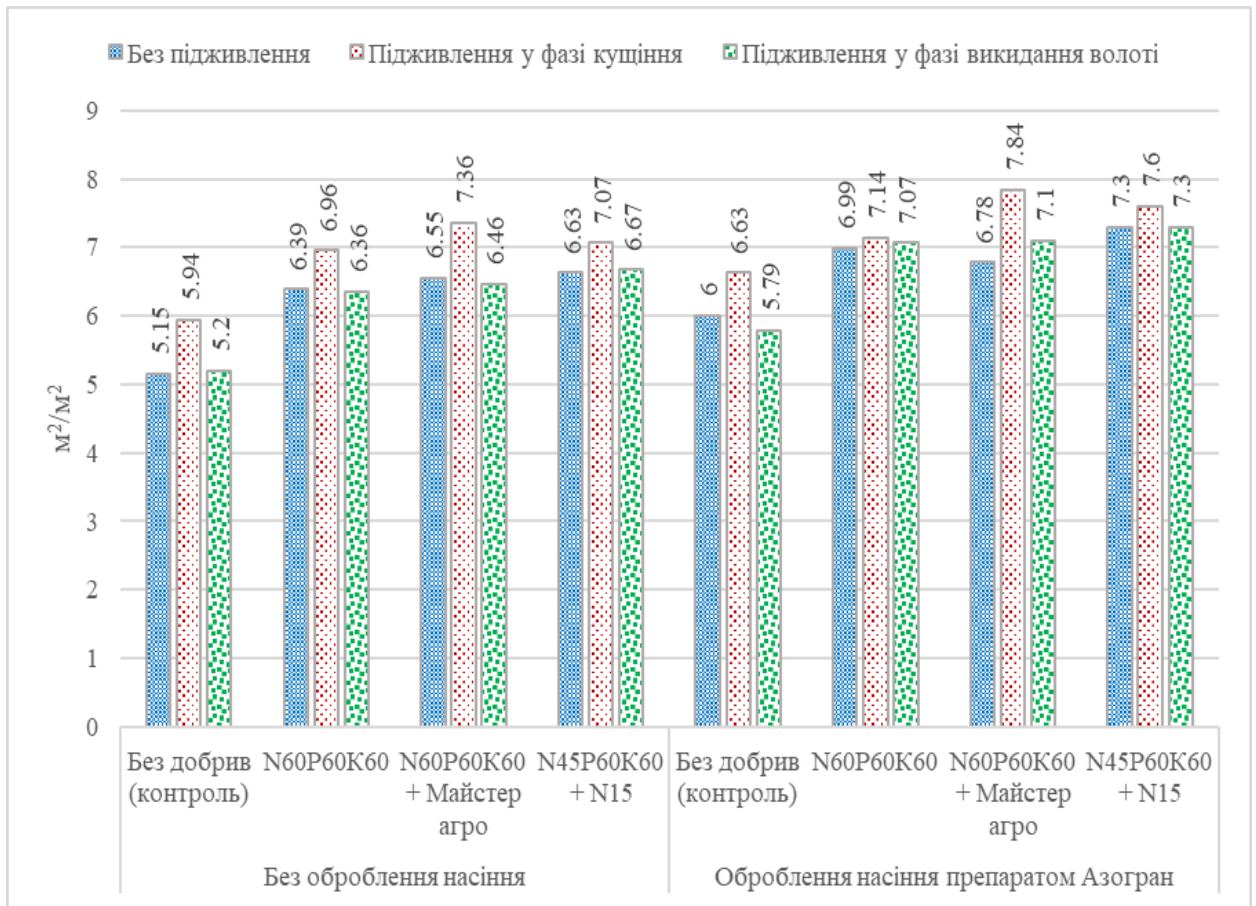


Рис. 4.3. Індекс листкової поверхні рослин проса залежно від варіанту удобрення та оброблення насіння у фазі викидання волоті, середнє за 2023-2025 рр., м²/м²

Як стверджують А.А. Ничипорович та інші (1961), для формування максимальної врожайності зерна індекс листкової поверхні культур має становити 4–5 м²/м². Проте, дослідження А.С. Кононова (2009) стверджують, що показник може варіювати залежно від культури від 2 до 7 м²/м². Наприклад, для пшениці характерним є індекс листкової поверхні 2,5–4,0 м²/м², для гороху – 8,2–11,0 м²/м².

Максимальний показник індексу листкової поверхні посіву проса у досліді (7,84 м²/м²) відмічали на варіанті, який передбачав внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро, сівбу насінням, обробленим біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультікомплекс у фазі кущіння.

У фазі наливу зерна відмічали зменшення рівня показника до 1,88–5,94 м²/м², або у 1,3–2,7 рази. На варіантах без застосування мінеральних добрив індекс листової поверхні посіву залишався на рівні 2,82 м²/м². За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ індекс листової поверхні був більшим на 1,93 м²/м², або на 68,4 %, внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 2,09 м²/м², або на 74,1 %, внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 1,58 м²/м², або на 56,0 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло функціонуванню більшої листової поверхні на 0,53 м²/м², або на 14,5 %, порівняно з варіантами без оброблення (3,93 м²/м²). Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло збільшенню рівня показника на 0,34 м²/м², або на 8,4 %, у фазі викидання волоті – на 0,11 м²/м², або на 2,7 %, порівняно з показником на варіантах без проведення агрозаходу 4,07 м²/м².

До фази досягання зерна індекс листової поверхні посіву був незначним і становив від 0,71 до 2,75 м²/м². Через розподіл пластичних речовин у рослинах, що спричиняло відмирання листя, його розміри зменшились у 2,2–2,6 рази, порівняно з фазою наливу зерна. Навіть під кінець періоду вегетації проса відмічали вплив на індекс листової поверхні досліджуваних агрозаходів. На варіантах зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ показник залишався більшим на 0,61 м²/м², або на 44,5 %, порівняно з варіантами без добрив (1,37 м²/м²), внесенням N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 0,74 м²/м², або на 54,0 %, внесенням N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 0,88 м²/м², або на 64,2 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло зростанню індексу листової поверхні посіву на 0,52 м²/м², або на 31,1 %, за показника на варіантах без оброблення 1,67 м²/м². Позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущення сприяло збереженню індексу листової поверхні на 0,28 м²/м², або на 16,9 %, у фазі викидання волоті – на 0,54 м²/м², або на 32,5 % за рівня на варіантах без підживлення 1,66 м²/м².

Таким чином, для формування оптимального листкового апарату рослин проса доцільно застосовувати комплексний підхід, що включає внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро та $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, проведення передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультikomплекс у фази кущіння та викидання волоті, що забезпечує подовження тривалості функціонування фотосинтетичного апарату та, як наслідок, підвищення продуктивності культури.

4.2. Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу посівами проса залежно від варіанту технології вирощування

Площа листкової поверхні рослини та індекс листкової поверхні посіву характеризують їх стан на певному етапі розвитку культури. Оцінити продуктивність посіву упродовж міжфазних періодів росту та розвитку і періоду вегетації в цілому можливо шляхом визначення сумарної роботи листя упродовж вказаних періодів, тобто за допомогою фотосинтетичного потенціалу посіву (ФПП), який є інтегральним показником фотосинтезу рослин та важливою ознакою, що визначає рівень врожаю культури [62, 119, 137]. Авторами було встановлено позитивний взаємозв'язок фотосинтетичного потенціалу рослин проса з площею листкової поверхні та тривалістю міжфазних періодів.

Аналіз отриманих нами результатів досліджень свідчить про значну залежність рівня показника фотосинтетичного потенціалу посіву від досліджуваних агрозаходів (табл. 4.4). У міжфазний період кущіння-стеблуння ФПП проса був невисоким і коливався у межах від 0,32 до 0,55 млн $m^2/га \times діб$.

Таблиця 4.4

Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу посіву проса залежно від варіанту удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., млн м²/га х діб

Варіант удобрення	Без підживлення				Підживлення у фазі кущіння				Підживлення у фазі викидання волоті			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Без оброблення насіння												
Без добрив (контроль)	0,32	0,55	0,63	0,55	0,38	0,61	0,78	0,88	0,32	0,55	0,67	0,77
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,44	0,70	0,97	1,19	0,46	0,76	0,98	1,16	0,44	0,70	0,99	1,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,45	0,71	0,99	1,31	0,48	0,78	1,00	1,18	0,45	0,70	0,97	1,35
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	0,48	0,75	1,04	1,39	0,48	0,77	1,00	1,27	0,48	0,73	0,99	1,36
\bar{X}	0,4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,7	0,9	1,1	0,4	0,7	0,9	1,2
$S\bar{x}$	0,04	0,04	0,09	0,19	0,02	0,04	0,05	0,08	0,04	0,04	0,08	0,15
V, %	16,7	12,9	20,6	34,4	10,6	11,0	11,4	15,0	16,7	12,1	17,3	24,8
S	0,1	0,1	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (контроль)	0,36	0,63	0,83	0,89	0,36	0,68	0,92	1,15	0,36	0,61	0,79	1,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,50	0,77	1,06	1,47	0,51	0,79	1,09	1,53	0,50	0,78	1,06	1,56
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,48	0,74	1,04	1,44	0,51	0,84	1,18	1,59	0,48	0,77	1,17	1,82
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	0,50	0,79	1,10	1,53	0,55	0,85	1,10	1,48	0,50	0,80	1,10	1,62
\bar{X}	0,5	0,7	1,0	1,3	0,5	0,8	1,1	1,4	0,5	0,7	1,0	1,5
$S\bar{x}$	0,03	0,04	0,06	0,15	0,04	0,04	0,05	0,10	0,03	0,04	0,08	0,17
V, %	14,6	9,7	12,0	22,3	17,4	9,9	10,2	13,7	14,6	11,8	16,1	22,0
S	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3

Примітка. Міжфазні періоди росту і розвитку рослин проса: 1* – кущіння – стеблуння, 2 стеблуння – викидання волоті, 3 – викидання волоті – наливу зерна, 4 наливу зерна – дозрівання

На варіантах із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро показник становив 0,48 млн $m^2/га \times дїб$, що перевищувало варіанти без добрив (0,35 млн $m^2/га \times дїб$) на 0,13 млн $m^2/га \times дїб$, або на 37,1 %. За внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ перевищення становило 0,15 млн $m^2/га \times дїб$, або на 42,9 %. На варіантах, сівбу яких проводили насінням, обробленим біопрепаратом Азогран, ФПП був більшим на 0,04 млн $m^2/га \times дїб$, або на 9,3 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (0,43 млн $m^2/га \times дїб$).

У міжфазний період стеблуння-викидання волоті ФПП перевищував показник попереднього періоду в 1,5–1,7 рази і становив від 0,55 до 0,85 млн $m^2/га \times дїб$. На варіантах, які передбачали внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, рівень показника був вищим за контрольний варіант (0,61 млн $m^2/га \times дїб$) у середньому на 0,14 млн $m^2/га \times дїб$, або на 23,0 %, за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на 0,15 млн $m^2/га \times дїб$, або на 24,6 %, за внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – на 0,17 млн $m^2/га \times дїб$, або на 27,9 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню рівня показника на 0,05 млн $m^2/га \times дїб$, або на 7,1 % за його значення на варіантах без оброблення 0,70 млн $m^2/га \times дїб$. Позакорневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультікомплекс у фазі кушіння сприяло формуванню більшого ФПП на 0,06 млн $m^2/га \times дїб$, або на 8,5 %, порівняно з варіантами без підживлення (0,71 млн $m^2/га \times дїб$).

До міжфазного періоду викидання волоті-наливу зерна ФПП зріс у 1,1–1,4 рази, порівняно з попереднім міжфазним періодом і становив від 0,63 до 1,18 млн $m^2/га \times дїб$. Зростання рівня показника за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ становило у середньому 0,26 млн $m^2/га \times дїб$, або 33,8 %, за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро та $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – 0,29 млн $m^2/га \times дїб$, або 37,7 %, порівняно з показником на варіантах без добрив 0,77 млн $m^2/га \times дїб$. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню рівня показника на 0,12 млн $m^2/га \times дїб$, або на 13,0 % за його значення на варіантах без оброблення 0,92 млн $m^2/га \times дїб$. Позакорневе

підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння сприяло формуванню більшого ФПП на 0,05 млн м²/га×діб, або на 5,2 %, у фазі викидання волоті – на 0,01 млн м²/га×діб, або лише на 1,0%, порівняно з варіантами без підживлення (0,96 млн м²/га×діб).

Максимальні значення ФПП були у міжфазний період наливу зернадозрівання – від 0,55 до 1,59 млн м²/га×діб, відбулося зростання, порівняно з попереднім міжфазним періодом, у 1,3 рази. На варіантах зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ рівень показника був більшим на 0,50 млн м²/га×діб, або на 56,2 %, зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро та N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – 0,55 і 0,54 млн м²/га×діб, або 62,9 і 61,8 %, порівняно з варіантами без добрив (0,89 млн м²/га×діб). Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню ФПП на 0,33 млн м²/га×діб, або на 24,3 % за його значення на варіантах без оброблення 1,15 млн м²/га×діб. Позакорневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння сприяло формуванню більшого ФПП на 0,06 млн м²/га×діб, або на 4,9 %, у фазі викидання волоті – на 0,15 млн м²/га×діб, або на 12,3 %, порівняно з варіантами без підживлення (1,22 млн м²/га×діб).

Таким чином, комплексне застосування мінеральних добрив, бактеризації насіння та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом є дієвими агрозаходами для оптимізації фотосинтетичної продуктивності посівів проса.

4.3. Чиста продуктивність фотосинтезу посіву проса залежно від варіанту технології вирощування

Показником, який чітко характеризує динаміку формування врожаю, є чиста продуктивність фотосинтезу посіву (ЧПФ). Показник ЧПФ показує процес накопичення кількості сухої маси квадратним метром листової поверхні посіву за добу [117]. Цей показник чітко визначає агрозаходи, які

сприяють накопиченню органічної речовини рослинами завдяки фотосинтетичній діяльності та спрямовують в запасні речовини до органів, що формують врожай. Значення показників чистої продуктивності фотосинтезу 3–4 г/м² за добу вважаються задовільними, 4–6 г/м² за добу – хорошими, понад 6 г/м² за добу – дуже хорошими (А.А. Ничипорович та інші (1963),

Аналіз отриманих нами показників ЧПФ показує чітку залежність їх рівня від досліджуваних агрозаходів (табл. 4.5). У міжфазний період кушіння-стеблування чиста продуктивність фотосинтезу посіву знаходилась у межах від 3,2 до 4,5 г/м² за добу, та була переважно задовільною. На варіантах, які не передбачали внесення мінеральних добрив, показник становив у середньому 3,4 г/м² за добу. За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ відмічали зростання рівня показника на 0,2 г/м² за добу, або на 5,9 %, внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 1,0 г/м² за добу, або на 29,4 % , внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 0,5 г/м² за добу, або на 14,7 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран підвищувало рівень накопичення сухої маси на 0,1 г/м² за добу, або на 2,6 % за показника на варіантах без оброблення 3,8 г/м² за добу.

У міжфазний період стеблування-викидання волоті ЧПФ зростала у 1,4–2,0 рази, порівняно з попереднім міжфазним періодом, і становила 6,4–9,2 г/м² за добу. Ці показники відповідають рівню дуже хорошого накопичення посівами сухої маси [117]. На варіантах зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ накопичувалося на 0,2 г/м² за добу, або на 5,4 % більше сухої маси, порівняно з варіантами без внесення мінеральних добрив (7,4 г/м² за добу). Зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро та N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ посіви накопичували сухої маси більше на 1,0 г/м² за добу, або на 13,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню рівня показника на 1,2 г/м² за добу, або на 16,2 %, порівняно з варіантами без оброблення (7,4 г/м² за добу).

Таблиця 4.5

Динаміка чистої продуктивності посіву проса залежно від варіанту удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., г/м² х добу

Варіант удобрення	Без підживлення				Підживлення у фазі кушіння				Підживлення у фазі викидання волоті			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Без оброблення насіння												
Без добрив (контроль)	3,2	6,4	5,6	1,6	3,2	6,7	5,8	1,9	3,3	6,5	5,3	2,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,5	7,2	5,7	2,3	3,6	7,4	6,1	2,4	3,5	7,1	6,4	2,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	4,4	7,9	5,9	2,5	4,5	8,3	6,5	3,0	4,4	8,0	6,8	3,2
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	3,7	7,5	5,8	2,4	3,9	8,4	6,3	2,5	3,9	7,7	6,5	2,9
\bar{X}	3,7	7,3	5,8	2,2	3,8	7,7	6,2	2,5	3,8	7,3	6,3	2,7
$S\bar{x}$	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
V, %	13,8	8,8	2,2	18,6	14,4	10,4	4,8	18,4	12,9	9,1	10,5	17,4
S	0,5	0,6	0,1	0,4	0,5	0,8	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (контроль)	3,5	8,2	5,8	1,7	3,5	8,5	6,0	2,0	3,6	8,1	6,1	2,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,6	8,1	5,9	2,8	3,6	8,7	6,4	3,4	3,6	8,2	6,8	3,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	4,4	8,6	6,1	2,6	4,4	9,0	6,5	3,2	4,5	8,5	6,6	3,4
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	3,7	8,8	6,3	2,5	4,1	9,2	6,6	2,7	4,0	8,7	6,9	3,0
\bar{X}	3,8	8,4	6,0	2,4	3,9	8,9	6,4	2,8	3,9	8,4	6,6	3,2
$S\bar{x}$	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2
V, %	10,7	3,9	3,7	20,1	10,9	3,5	4,1	22,1	10,9	3,3	5,4	12,7
S	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4

Примітка. Міжфазні періоди росту і розвитку рослин проса: 1* – кушіння – стеблуння, 2 стеблуння – викидання волоті, 3 – викидання волоті – наливу зерна, 4 наливу зерна – дозрівання

Позакореневе підживлення орґано-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло зростанню рівня показника на 0,4 г/м² за добу, або на 5,1 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (7,9 г/м² за добу).

Міжфазний період викидання волоті-наливу зерна характеризувався зниженням рівня показників ЧПФ у 1,2–1,3 рази, до 5,3–6,9 г/м² за добу, причому переважна їх кількість були дуже хорошими, тобто становила понад 6 г/м² за добу. На варіантах зі внесенням N₆₀P₆₀K₆₀ показник формувався на 0,4 г/м² за добу, або на 6,9 % більшим, порівняно з варіантами без застосування мінеральних добрив (5,8 г/м² за добу). За внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро та N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ відмічали зростання рівня показника на 0,6 г/м² за добу, або на 10,3 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло підвищенню рівня показника на 0,2 г/м² за добу, або на 3,3 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (6,1 г/м² за добу). Позакореневе підживлення проса орґано-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі гілкування сприяло підвищенню рівня показника на 0,4 г/м² за добу, або на 6,8 %, у фазі викидання волоті – на 0,6 г/м² за добу, або на 10,2 %, порівняно з показником на варіантах без підживлення 5,9 г/м² за добу.

На кінець періоду вегетації, у міжфазний період наливу зерна-достигання, показники ЧПФ проса зменшувалися у 1,9–3,3 рази, порівняно з показниками у попередній міжфазний період, були незначними – від 1,6 до 3,6 г/м² за добу. На варіантах без мінеральних добрив рівень показника становив 2,0 г/м² за добу. Внесення N₆₀P₆₀K₆₀ сприяло його зростанню на 0,9 г/м² за добу, або на 45,0 %, N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 1,0 г/м² за добу, або на 50,0 %, та N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 0,7 г/м² за добу, або на 35,0%. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню показника на 0,3 г/м² за добу, або на 12,0 %, порівняно з варіантами без оброблення (2,5 г/м² за добу). Позакореневе підживлення рослин орґано-мінеральним

добривом Браман мультикомплекс у фазі гілкування сприяло підвищенню рівня показника на $0,4 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $17,4 \%$, у фазі викидання волоті – на $0,7 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $30,4 \%$, порівняно з показником на варіантах без підживлення $2,3 \text{ г/м}^2$ за добу. Отримані нами результати підтверджуються результатами досліджень О.І. Рудник-Іващенко [169]. На думку автора, у проса частина листків зберігає фотосинтетичну здатність навіть у кінці періоду вегетації, що сприяє кращому наливу зерна.

Таким чином, чиста продуктивність фотосинтезу посівів проса досягала максимальних значень у міжфазний період стеблуння-викидання волоті ($6,4\text{--}9,2 \text{ г/м}^2$ за добу), що відповідає рівню дуже хорошого накопичення сухої маси. Найвищий показник ЧПФ – $9,2 \text{ г/м}^2$ за добу – зафіксовано на варіанті з внесенням $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}+\text{N}_{15}$, передпосівним обробленням насіння біопрепаратом Азогран та позакореневим підживленням Браман мультикомплексом у фазі кушіння. Серед досліджуваних факторів у цей період найбільший вплив на ЧПФ мало оброблення насіння Азогран (приріст $16,2 \%$). У міжфазний період наливу зерна-достигання найбільшу відносну ефективність мали мінеральні добрива (приріст до $50,0 \%$) та позакореневе підживлення у фазі викидання волоті ($30,4 \%$), що свідчить про їх значну роль у підтриманні фотосинтетичної активності листкового апарату проса на пізніх етапах вегетації та забезпеченні повноцінного наливу зерна.

4.4. Накопичення сухої маси рослинами та посівами проса залежно від варіанту технології вирощування

Накопичення сухої речовини – результат складних процесів, що відбуваються упродовж періоду вегетації у рослинних організмах. Близько 90% сухої речовини в рослинах представлена білками (та іншими азотистими

сполуками), а також вуглеводами (цурками, крохмалем, клітковиною та ін.), які необхідні рослинам для нормальної життєдіяльності. Накопичення 90–95% сухої речовини проходить завдяки процесу фотосинтезу, що відбувається в листках, тому її рівень визначається величиною площі листя та його продуктивністю [72, 148].

За створення сприятливих умов для росту та розвитку рослин формується більша кількість органічної маси, відбувається її перерозподіл по органах рослини, що значно впливає на чисту продуктивність фотосинтезу посіву, і в кінцевому результаті впливає на рівень продуктивності культури [137]. Тому дослідження динаміки накопичення сухої речовини рослинами проса залежно від впливу норм мінеральних добрив, передпосівного оброблення насіння біопрепаратом та позакореневе підживлення рослин у критичні для культури фази росту та розвитку має важливе наукове та практичне значення [44].

Як свідчить аналіз отриманих нами у 2023–2025 рр. результатів досліджень, взяті для вивчення агрозаходи мали вплив на процес накопичення рослинами проса сухої маси (табл. 4.6).

У фазі кущіння суха маса рослин проса у досліді була незначною і становила 0,32–0,49 г/роsl. На варіантах, які не передбачали застосування мінеральних добрив, показник становив у середньому 0,32 г/роsl. (рис. 4.4). На всіх варіантах зі внесенням мінеральних добрив рослини накопичували у середньому на 0,13 г/роsl., або на 40,6 % більше сухої речовини, порівняно з контрольним варіантом. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню сухої маси рослин лише на 0,03 г/роsl., або на 7,7 % за показника на варіантах без застосування біопрепарату Агрозан – 0,39 г/роsl.

У фазі стеблуння накопичення сухої маси рослинами проса у середньому за роки досліджень становило 0,89 г/роsl. – 1,44 г/роsl., відбулося збільшення рівня показника у 2,8–3,2 рази (рис. 4.5).

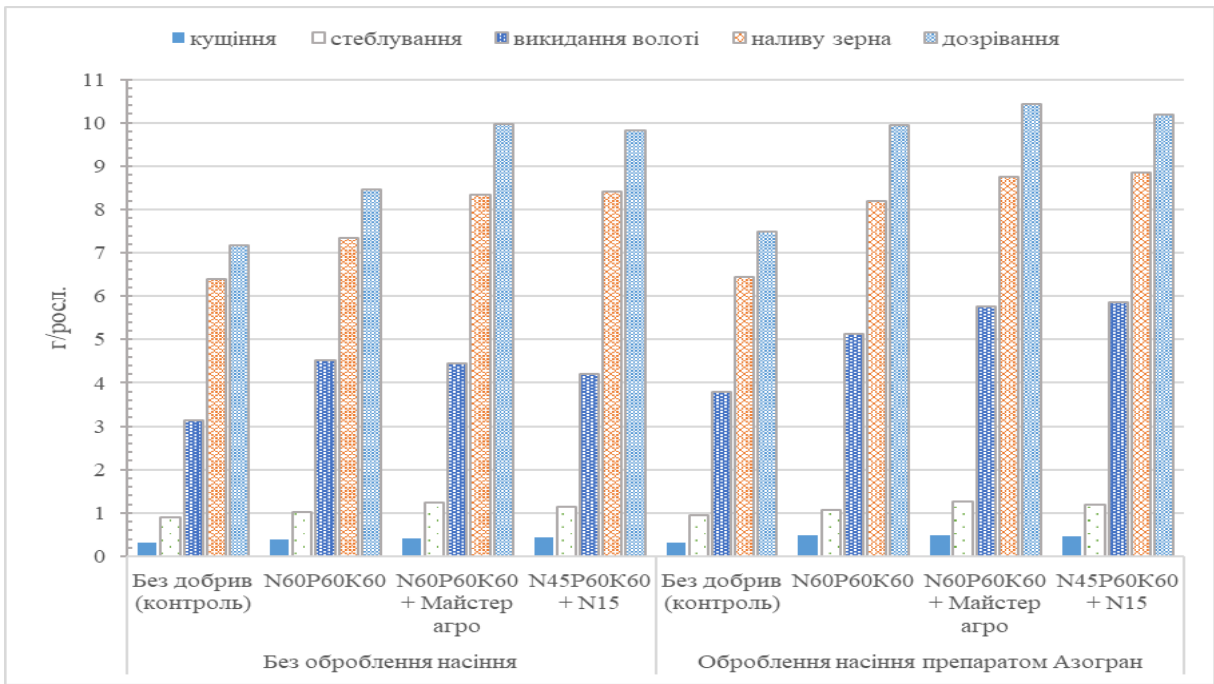


Рис. 4.4. Динаміка накопичення сухої маси рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння (без позакореневого підживлення), середнє за 2023–2025 рр., г/роsl.

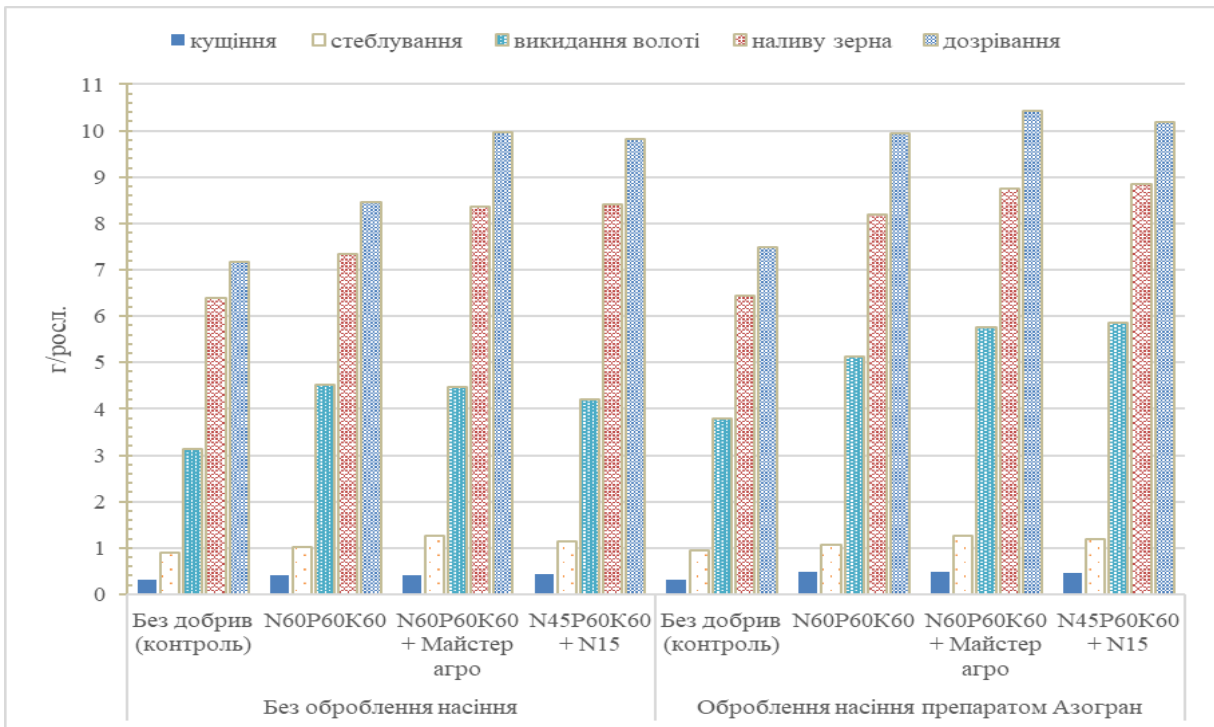


Рис. 4.5. Динаміка накопичення сухої маси рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння (із позакорневим підживленням Браман мультикомплекс у фазі кушiння), середнє за 2023–2025 рр., г/роsl.

Таблиця 4.6

**Динаміка накопичення сухої маси рослинами проса залежно від удобрення та оброблення насіння,
середнє за 2023–2025 рр., г/роsl.**

Варіант удобрення	Без підживлення					Підживлення у фазі кушіння					Підживлення у фазі викидання волоті				
	1*	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насіння															
Без добрив (контроль)	0,32	0,89	3,13	6,39	7,18	0,32	0,84	4,89	7,40	7,96	0,32	0,89	3,13	6,48	7,60
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,40	1,03	4,51	7,34	8,45	0,40	0,92	5,59	8,59	10,32	0,40	1,03	4,51	8,16	10,25
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,42	1,25	4,46	8,35	9,97	0,42	1,28	6,47	8,44	10,90	0,42	1,25	5,46	8,74	10,29
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	0,43	1,14	4,20	8,41	9,82	0,43	1,38	6,48	8,68	10,05	0,43	1,14	5,90	8,70	9,86
\bar{X}	0,39	1,08	4,08	7,62	8,86	0,39	1,11	5,86	8,28	9,81	0,39	1,08	4,75	8,02	9,50
$S\bar{x}$	0,02	0,08	0,32	0,48	0,65	0,02	0,13	0,38	0,30	0,64	0,02	0,08	0,61	0,53	0,64
$V, \%$	12,7	14,3	15,8	12,6	14,8	12,7	24,0	13,1	7,2	13,1	12,7	14,3	25,8	13,2	13,5
S	0,05	0,15	0,64	0,96	1,31	0,05	0,27	0,77	0,59	1,28	0,05	0,15	1,23	1,06	1,28
Оброблення насіння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	0,32	0,94	3,80	6,43	7,48	0,32	1,07	5,28	7,50	8,55	0,32	0,94	5,10	6,52	7,84
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,49	1,06	5,12	8,18	9,94	0,49	1,06	5,60	9,69	11,89	0,49	1,06	6,12	8,29	10,68
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,48	1,27	5,76	8,74	10,42	0,48	1,35	6,18	8,84	11,02	0,48	1,27	6,76	9,04	10,72
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	0,46	1,19	5,86	8,84	10,18	0,46	1,44	6,60	8,96	10,68	0,46	1,19	6,53	9,24	10,47
\bar{X}	0,44	1,12	5,14	8,05	9,51	0,44	1,23	5,92	8,75	10,54	0,44	1,12	6,13	8,27	9,93
$S\bar{x}$	0,04	0,07	0,47	0,56	0,68	0,04	0,10	0,29	0,46	0,71	0,04	0,07	0,37	0,62	0,70
$V, \%$	18,1	13,0	18,5	13,9	14,4	18,1	15,8	10,0	10,4	13,5	18,1	13,0	12,0	15,0	14,1
S	0,08	0,15	0,95	1,12	1,36	0,08	0,19	0,59	0,91	1,42	0,08	0,15	0,73	1,24	1,40

Примітка. Фази росту і розвитку рослин проса: 1* – кушіння, 2 – стеблуння, 3 – викидання волоті, 4 – наливу зерна, 5 – дозрівання

Відмічений значний вплив на рівень показника мінеральних добрив. На варіантах зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ рослини накопичували сухої маси на 0,10 г/роsl., або на 10,8 % більше, порівняно з варіантами, які не передбачали внесення мінеральних добрив (0,93 г/роsl.). За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро зростання показника сухої речовини становило 0,35 г/роsl., або 37,6 %, за внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – 0,32 г/роsl., або 34,4 %, порівняно з варіантами без добрив.

Передпосівне оброблення насіння сприяло збільшенню кількості накопиченої сухої речовини лише на 0,03 г/роsl., або на 2,8 % за рівня на варіантах без проведення агрозаходу 1,09 г/роsl. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло збільшенню рівня показника на 0,07 г/роsl., або на 6,4 % за показника на варіантах без підживлення 1,10 гш/роsl.

За подальшого розвитку рослин проса, у фазі викидання волоті, накопичення рослинами сухої маси становило від 3,13 г/роsl. до 6,76 г/роsl., зростання порівняно з фазою кушіння становило 9,8–15,0 разів (рис. 4.6). Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню накопиченої сухої речовини на 1,03 г/роsl., або на 24,4 %, внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на 1,63 г/роsl., або на 38,6 %, внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – на 1,71 г/роsl., або на 40,5 % за показника на варіантах, які не передбачали внесення мінеральних добрив 4,22 г/роsl.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню накопиченої сухої маси рослинами у середньому на 0,41 г/роsl. за рівня показника на варіантах, який не передбачав проведення агрозаходу 4,90 г/роsl. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло збільшенню рівня показника на 1,28 г/роsl., або на 27,8 %, підживлення у фазі викидання волоті - на 0,83 г/роsl., або на 18,0 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 4,61 г/роsl.

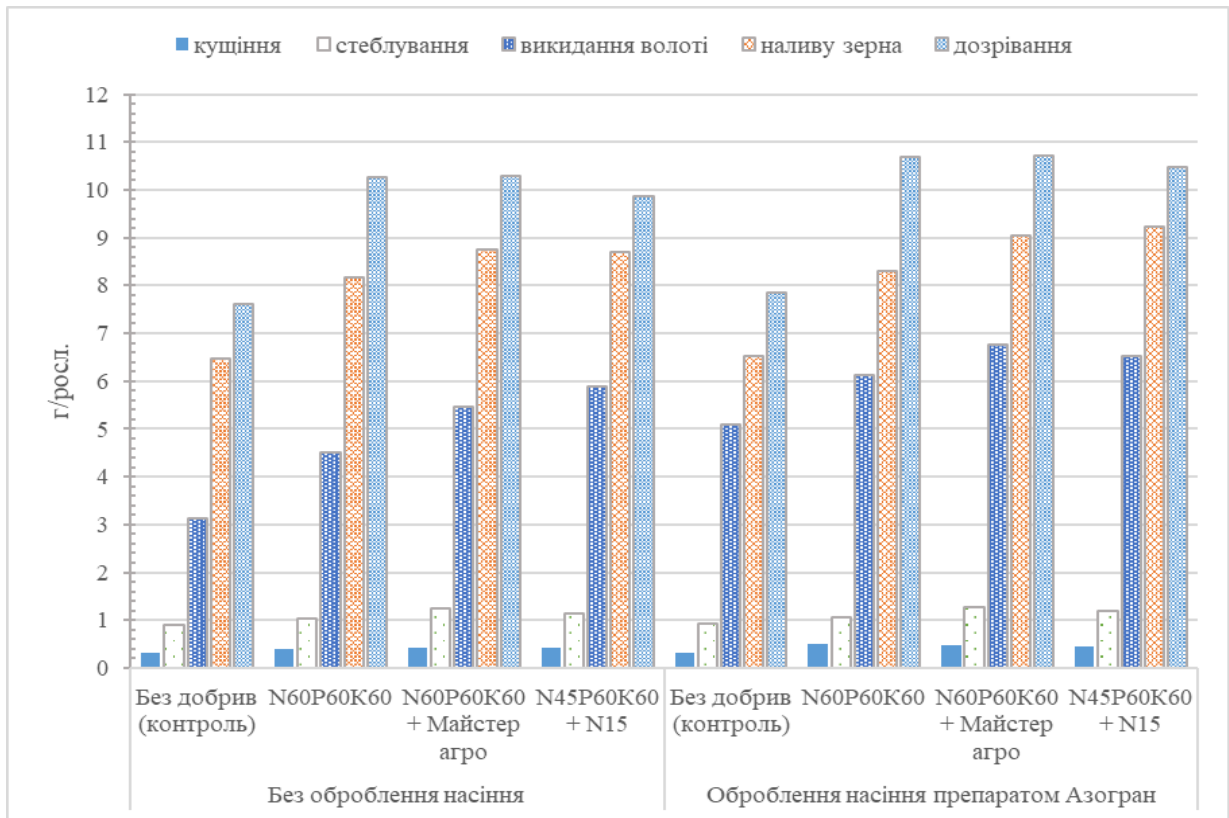


Рис. 4.6. Динаміка накопичення сухої маси рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння (із позакореневим підживленням Браман мультикомплекс у фазі викидання волоті), середнє за 2023–2025 рр., г/роsl.

У фазі наливу зерна відбувалося подальше зростання рівня показника і кількість накопиченої рослинами сухої маси становила від 6,39 г/роsl. до 9,69 г/роsl. Порівняно з фазою кущіння, кількість сухої маси, накопиченої рослинами проса, зросла у 19,7–21,5 рази. На варіантах, які не передбачали внесення мінеральних добрив, кількість сухої маси рослинами накопичувалася у середньому на рівні 6,79 г/роsl. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло його зростанню на 1,55 г/роsl., або на 22,8 %, внесення $N_{60}P_{60}K_{60} + \text{Майстер агро}$ – на 1,90 г/роsl., або на 28,0, внесення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ – на 2,02 г/роsl., або на 29,7 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран також сприяло незначному накопиченню сухої маси рослинами – зростання становило 0,20 г/роsl., або 2,5 % за показника на варіантах без оброблення 7,97 г/роsl. Позакореневе підживлення орґано-

мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння сприяло збільшенню рівня показника на 0,69 г/роsl., або на 8,8 %, у фазі викидання волоті – на 0,32 г/роsl., або на 4,1 % за показника на варіантах без проведення позакореневих підживлень 7,83 г/роsl.

Максимальну кількість сухої маси рослини проса накопичували у фазі дозрівання – від 7,18 г/роsl. до 11,89 г/роsl. Відбулося зростання рівня показника, порівняно з фазою куціння, у 22,4–26,4 рази. На кінець вегетації рослин проса максимальний вплив на рівень показника мало внесення мінеральних добрив. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ приріст сухої маси становив 2,57 г/роsl., або 33,1 %, порівняно з варіантами без добрив, де суха маса становила 7,77 г/роsl. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро відмічали максимальне зростання рівня показника – на 2,78 г/роsl., або на 35,8 %, за перенесення частини азотних добрив у підживлення ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) зростання становило 2,41 г/роsl., або 31,0 %. Таке зростання пояснюється комплексною дією мінеральних добрив на фізіологічні процеси рослин проса протягом усього періоду вегетації. Внесення повної норми мінеральних добрив забезпечувало збалансоване живлення рослин основними макроелементами, що сприяло формуванню більшої площі листової поверхні, подовженню її активного функціонування та, відповідно, інтенсивнішому перебігу фотосинтетичних процесів. Азот, як складова хлорофілу та білків, безпосередньо впливав на інтенсивність асиміляції вуглекислого газу, фосфор забезпечував енергетичний обмін через участь в утворенні АТФ і нуклеїнових кислот, а калій сприяв регуляції водного балансу та транспорту асимілятів до генеративних органів. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло накопиченню сухої маси на 0,31 г/роsl., або на 3,3 % більше, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (9,39 г/роsl.). Позакореневе підживлення рослин органомінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння сприяло збільшенню сухої маси конкретної рослини на 0,99 г/роsl., або на 10,8 %, у

фазі викидання волоті – на 0,53 г/росл., або на 5,8 % за показника на контрольних варіантах без підживлення 9,19 г/росл. Максимальну кількість сухої маси, накопиченої рослинами проса у досліді – 10,68–11,89 г/росл., відмічали на варіантах, які передбачали внесення мінеральних добрив, передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин у фазі куціння органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс.

Процес накопичення сухої маси рослинами проса відбувається упродовж періоду вегетації культури – від фази куціння до періоду дозрівання. Проте аналізуючи показники інтенсивності накопичення сухої речовини посівом за добу відмічали дещо інші закономірності (табл. 4.7).

У міжфазний період куціння-стеблування інтенсивність накопичення сухої маси посівами проса становила 7,64–11,84 г/м² за добу. На варіантах із застосуванням мінеральних добрив процес накопичення сухої маси посівом відбувався інтенсивніше: за внесення N₆₀P₆₀K₆₀ накопичення сухої речовини зростало на 0,26 г/м² за добу, або на 3,5 %, за внесення N₆₀P₆₀K₆₀+Майстер агро – на 2,97 г/м², або на 36,7 %, за внесення N₄₅P₆₀K₆₀+N₁₅ – на 3,4 г/м², або на 42,0 % за інтенсивності накопичення на варіантах без мінеральних добрив 8,09 г/м² за добу. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню рівня показника на 0,54 г/м² за добу, або на 5,5 %.

Позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом у фазі куціння також сприяло зростанню інтенсивності накопичення сухої речовини посівами проса на 0,41 г/м² за добу, або на 4,1 % за показника на варіантах без позакореневого підживлення рослин 9,91 г/м² за добу.

Найінтенсивніше процес накопичення сухої речовини рослинами проса відбувався упродовж міжфазного періоду стеблування-викидання волоті – залежно від варіанту досліджень інтенсивність становили 23,85-43,04 г/м² за добу. За внесення N₆₀P₆₀K₆₀ зростання становило 8,46 г/м² за добу, або 32,3%.

Таблиця 4.7

Інтенсивність накопичення сухої маси рослин проса залежно від удобрення та оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., г/м²/добу

Варіант удобрення	Без підживлення				Підживлення у фазі кущіння				Підживлення у фазі викидання волоті			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Без оброблення насіння												
Без добрив (контроль)	7,69	23,85	26,27	3,75	7,64	25,77	28,12	4,86	7,68	23,89	27,89	5,24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,64	33,87	29,88	5,90	9,75	34,89	31,50	8,96	9,57	33,83	30,81	9,02
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,04	35,75	29,92	8,85	11,23	36,24	34,19	9,05	11,36	35,80	30,92	9,21
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,01	32,46	31,30	7,60	11,67	37,05	34,74	8,36	11,03	32,51	31,85	8,98
\bar{X}	9,60	31,48	29,34	6,53	10,07	33,49	32,14	7,81	9,91	31,51	30,37	8,11
$S\bar{x}$	0,70	2,63	1,08	1,11	0,91	2,61	1,51	0,99	0,84	2,63	0,86	0,96
V, %	14,5	16,7	7,3	33,9	18,0	15,6	9,4	25,5	16,9	16,7	5,7	23,6
S	1,39	5,26	2,15	2,21	1,82	5,22	3,03	1,99	1,68	5,26	1,72	1,92
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (контроль)	8,11	27,95	29,27	5,54	9,12	28,01	30,89	5,71	8,28	27,91	30,36	6,86
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,01	34,81	35,38	6,65	10,07	35,88	37,85	9,17	10,19	34,87	35,57	9,49
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,20	36,63	34,58	9,02	11,23	39,07	39,02	9,21	11,28	36,75	37,89	9,57
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,57	34,22	35,89	9,16	11,84	43,04	40,42	9,43	11,83	40,31	39,17	9,92
\bar{X}	9,60	31,48	29,34	6,53	10,07	33,49	32,14	7,81	9,91	31,51	30,37	8,11
$S\bar{x}$	0,70	2,63	1,08	1,11	0,91	2,61	1,51	0,99	0,84	2,63	0,86	0,96
V, %	14,5	16,7	7,3	33,9	18,0	15,6	9,4	25,5	16,9	16,7	5,7	23,6
S	1,39	5,26	2,15	2,21	1,82	5,22	3,03	1,99	1,68	5,26	1,72	1,92

Примітка. Міжфазні періоди росту і розвитку рослин проса: 1* – кущіння – стеблуння, 2 – стеблуння – викидання волоті, 3 – викидання волоті – наливу зерна, 4 - наливу зерна – дозрівання

Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро сприяло зростанню показника до $10,48 \text{ г/м}^2$ за добу, або $40,0 \%$, внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – $10,37 \text{ г/м}^2$ за добу, або $39,5 \%$ за рівня показника на варіантах, які не передбачали внесення мінеральних добрив $26,23 \text{ г/м}^2$ за добу. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло інтенсифікації процесу накопичення сухої маси на $2,79 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $8,7 \%$ за показника на варіантах без оброблення насіння $32,16 \text{ г/м}^2$ за добу. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло збільшенню накопичення сухої речовини на $2,56 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $7,9 \%$ за показника на варіантах без проведення агрозаходу $32,44 \text{ г/м}^2$ за добу.

Максимальний показник накопичення сухої маси посівом $43,04 \text{ г/м}^2$ за добу у досліді відмічений у міжфазний період стеблуння-викидання волоті на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин у фазі кушіння органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс.

У міжфазний період викидання волоті-наливу зерна накопичення сухої маси посівами проса відбувалося також інтенсивно, хоча вже на деяких варіантах відмічали зниження його рівня. Залежно від варіанту досліджень інтенсивність накопичення становила $26,27\text{--}40,42 \text{ г/м}^2$ за добу. Застосовані мінеральні добрива сприяло інтенсифікації процесу: внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло збільшенню накопичення сухої маси рослинами на $4,7 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $16,3 \%$, внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро – на $5,62 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $19,5 \%$, внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – $6,76 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $23,5 \%$ порівняно з варіантами без добрив, де показник становив $28,80$ за рівня показника г/м^2 за добу. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню накопиченої сухої маси рослинами на $4,91 \text{ г/м}^2$ за добу, або на $16,0 \%$ за показника на варіантах без проведення агрозаходу $30,62 \text{ г/м}^2$ за добу. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом

Браман мультикомплекс у фазі кушіння рослин проса сприяло збільшенню накопиченої сухої маси на $3,04 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 9,6 %, у фазі викидання волоті – на $1,50 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 4,8 % за рівня показника на варіантах без проведення агрозаходу $31,56 \text{ г/м}^2$ за добу.

У міжфазний період наливу зерна-достигання зерна проса відмічали зниження інтенсивності процесу накопичення сухої маси посівами. Отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників [165, 166].

У вказаний період інтенсивність накопичення у досліді становила від 3,75 до $9,92 \text{ г/м}^2$ за добу. Мінеральні добрива сприяли інтенсифікації процесу: за внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ рівень показника перевищував контрольний варіант без добрив ($5,33 \text{ г/м}^2$ за добу) на $2,87 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 53,8 %, за внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Майстер агро – на $3,82 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 71,7 %, за внесення $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + N_{15} – на $3,58 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 67,2 %. На варіантах, сівбу яких проводили насінням, обробленим біопрепаратом Азогран, за добу накопичувалося на $0,82 \text{ г/м}^2$ більше сухої маси, порівняно з варіантами без оброблення насіння ($7,48 \text{ г/м}^2$ за добу). Позакореневе підживлення органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння рослин проса сприяло збільшенню рівня показника на $1,02 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 14,4 %, у фазі викидання волоті – на $1,48 \text{ г/м}^2$ за добу, або на 21,0 %.

Отже, динаміка накопичення сухої речовини посівами проса мала характерну закономірність із максимальною інтенсивністю у міжфазний період стеблуння–викидання волоті (до $43,04 \text{ г/м}^2$ за добу) та поступовим зниженням у період наливу зерна–достигання. Найбільший вплив на інтенсивність процесу мало мінеральне удобрення, причому варіант $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Майстер агро забезпечував максимальний ефект у першій половині вегетації (приріст до 40,0%). Передпосівна бактеризація насіння Азогран посилювала накопичення сухої маси протягом усієї вегетації з наростанням ефекту від 8,7 % у період стеблуння до 16,0 % у період викидання волоті-наливу зерна. Максимальна інтенсивність накопичення сухої речовини

отримано за комплексного застосування агрозаходів, що є позитивної синергічною дією на процес накопичення сухих речовин рослин проса.

Висновки до розділу 4

1. У досліді з просом посівним на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, сівбу насінням, обробленим біопрепаратом Азогран та позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння і сформував максимальну врожайність у середньому за роки досліджень, індекс листкової поверхні становив $7,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

2. Максимальні значення ФПП були у міжфазний період наливу зерно-дозрівання на варіантах із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}+$ Майстер агро за передпосівного оброблення насіння Азогран та проведення позакореневого підживлення Браман мультикомплекс у фазу викидання волоті - $1,59 \text{ млн м}^2/\text{га} \times \text{діб}$.

3. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів проса досягала максимальних значень у міжфазний період стеблуння-викидання волоті ($6,4-9,2 \text{ г}/\text{м}^2$ за добу), що відповідає рівню дуже хорошого накопичення сухої маси. Найвищий показник ЧПФ – $9,2 \text{ г}/\text{м}^2$ за добу – зафіксовано на варіанті з внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівним обробленням насіння біопрепаратом Азогран та позакореневим підживленням Браман мультикомплекс у фазі кушіння.

4. Динаміка накопичення сухої речовини посівами проса мала характерну закономірність із максимальною інтенсивністю у міжфазний період стеблуння-викидання волоті. Максимальне накопичення сухої речовини відмічали на варіанті зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, із передпосівним обробленням насіння Азогран та позакореневим підживленням

мікродобривом Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі кущіння 43,03 г/м²/добу.

Основні результати досліджень за даним розділом опубліковано в наукових працях [35, 36, 37, 38].

РОЗДІЛ 5

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Важливою завданням сучасних технологій вирощування проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) є забезпечення високого рівня урожайності та якості зерна через оптимізацію елементів технології вирощування культури та їх адаптації в сучасних кліматичних умовах.

Елементами технології вирощування культури, які відіграють значиму роль у формуванні рівня врожаю культури, є мінеральне живлення, позакореневі підживлення легкозасвоюваними хелатними добривами, а також біологічні препарати для передпосівного оброблення насіння [86, 123]. Позакореневе підживлення мікроелементами в критичні фази розвитку рослин (кущіння, вихід у трубку, викидання волоті) забезпечує швидке усунення дефіциту елементів живлення, що сприяє підвищенню рівня врожаю та покращує якісні показники зерна [17, 68]. Дослідження показують, що збалансоване забезпечення мікроелементами може підвищити врожайність проса на 15–25 % порівняно з контролем, при цьому підвищується вміст білка, крохмалю та мінеральних речовин у зерні [120, 127, 126, 129], а передпосівне оброблення насіння біопрепаратами стимулює розвиток кореневої системи та підвищує стійкість до стресових факторів [54, 124, 125]. Зокрема, застосування препарату Азогран дозволяє знизити норми внесення мінеральних добрив на 20-30 % без зниження урожайності [52, 65, 75], одночасно збільшити чисельність корисної мікрофлори на 25–30 % та активність ґрунтових ферментів на 15–20 % [140], а також зменшити вимивання нітратів у ґрунтові води на 15–20 % та емісію парникових газів на 10–15 % [28].

На сьогодні не в повній мірі вивчені питання комплексної дії органіко-мінеральних добрив та біопрепаратів за різних систем основного удобрення

на формування елементів структури врожаю та якісні показники зерна проса за вирощування у Правобережному Лісостепу України.

5.1. Показники елементів структури врожаю проса за різних варіантів технології вирощування

Рівень урожайності зернових культур, зокрема проса, визначають такі елементи структури врожаю, як довжина та маса волоті, її розгалуженість, про яку свідчать гілочки першого та другого порядків, кількість зерен у волоті та їх маса, маса 1000 зерен. Показники елементів структури врожаю проса залежать від сорту, умов живлення, водного режиму та забезпеченості мікроелементами [14, 130].

Аналіз отриманих результатів з вивчення впливу різних систем удобрення та передпосівного оброблення насіння на продуктивність проса свідчить, що досліджувані фактори мали значний вплив на формування елементів структури врожаю проса. Залежно від варіанту технології вирощування культури значно різнилися показники довжини волоті та її маси (табл. 5.1).

Внесення мінеральних добрив сприяло формуванню волоті на 1,0–1,3 см більшою, порівняно з варіантами без їх застосування, де показник знаходився на рівні 26,2 см. Аналогічні закономірності були відмічені іншими дослідниками [133]. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло зростанню довжини волоті проса на 1,4 см, порівняно до варіантів без проведення агрозаходу, де показник становив 26,4 см. Позакореневі підживлення не мали суттєвого впливу на збільшення рівня довжини волоті у рослин проса.

У варіантах із внесенням мінеральних добрив відмічали зростання маси волоті на 0,78–0,90 г за показника на варіантах без добрив 5,18 г.

Таблиця 5.1.

Маса та довжина волоті проса залежно від варіанту удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр.

Мінеральні добрива, кг/га д.р.	Позакореневе підживлення рослин:					
	без підживлення		фаза кушення		фаза викидання волоті	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Без оброблення насіння						
Без добрив (контроль)	4,92	26,0	5,05	24,8	4,95	26,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,79	27,5	5,72	26,0	5,90	28,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	6,06	27,1	5,98	25,9	5,25	26,1
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	5,69	27,0	6,58	27,0	5,70	25,3
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	4,99	28,2	5,17	25,1	6,01	27,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,95	26,4	6,32	28,1	6,60	28,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	6,30	27,4	6,08	29,1	6,05	27,4
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	5,70	27,6	6,66	29,8	6,45	28,4
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	для маси волоті – 5,83±0,11; для довжини волоті – 27,1±0,3					
V, %	для маси волоті – 9,2; для довжини волоті – 4,8					
НІР ₀₅	для маси волоті – 0,32; для довжини волоті – 0,8					

Примітка. 1* - маса волоті , г; 2* - довжина волоті, см

Передпосівне оброблення насіння препаратом Азогран сприяло збільшенню маси волоті на 7,5 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (5,61 г). Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло зростанню показника на 0,16 г, у фазі викидання волоті – на 0,32 г у порівнянні із аналогічними варіантами без проведення підживлення рослин, де маса волоті становила 5,66 г.

З розгалуженістю волотей, формуванням кількості гілочок першого та

другого порядків тісно пов'язані процеси формування зернової продуктивності рослин проса. У варіантах зі внесенням мінеральних добрив у волоті кількість гілочок першого порядку зростала на 0,9-1,3 шт., або на 6,4–10,0 %, гілочок другого порядку – на 7,6–11,1 шт., або на 10,61–5,4 %, за показника на варіантах, які не передбачали внесення добрив 14,0 шт. і 71,9 шт. відповідно (табл. 5.2).

Таблиця 5.2.

Кількість гілочок першого та другого порядку у волоті проса залежно від варіанту удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., штук

Мінеральні добрива, кг/га д.р.	Позакореневе підживлення рослин:					
	без підживлення		фаза кущення		фаза викидання волоті	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Без оброблення насіння						
Без добрив (контроль)	13,1	64,7	13,9	65,8	14,0	79,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,0	76,1	14,7	73,6	14,6	82,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	14,3	72,5	14,8	64,2	14,4	83,2
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	14,6	77,4	15,7	82,1	15,9	85,4
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	13,6	67,5	14,5	73,4	15,0	80,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,2	78,9	15,0	80,0	16,1	85,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	16,1	83,2	15,2	86,1	16,9	85,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	14,9	78,2	16,2	89,1	15,0	85,8
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	для гілочок 1-го порядку 14,9±0,2; для гілочок 2-го порядку 78,4±1,5					
V, %	для гілочок 1-го порядку 6,1; для гілочок 2-го порядку 9,3					
НІР ₀₅	для гілочок 1-го порядку 0,5; для гілочок 2-го порядку 4,3					

Примітка. 1* - гілочки 1-го порядку, шт.; 2* - гілочки 2-го порядку, шт.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню кількості гілочок першого порядку у волоті на 0,8 шт., або на 5,5% та на 4,8 шт., або на 6,3 % – гілочок другого порядку. На варіантах, які не передбачали оброблення насіння, показники становили 14,5 шт. і 76,4 шт. відповідно. Проведення позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння сприяло зростанню кількості гілочок першого порядку на 0,5 шт., або на 3,4 %, другого – на 3,2 штуки, або на 4,3 %. Підживлення рослин проса у фазі викидання волоті сприяло збільшенню кількості гілочок першого порядку на 0,8 шт., або на 5,5 %, другого порядку – на 8,7 шт., або на 11,6 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 14,5 шт. і 74,9 шт. відповідно.

Кількість зерен у волоті значною мірою залежала від впливу досліджуваних агрозаходів (табл. 5.3). Найбільшого впливу на рівень цього показника мали мінеральні добрива. Їх застосування сприяло зростанню кількості зерен у волоті на 120–132 шт., або на 24,8–27,4 % за рівня на варіантах без проведення агрозаходу 483 штуки. Найсприятливіші умови відмічали на варіантах за внесення $N_{45}P_{60}K_{60}$ та внесенні частини азотних добрив (N_{15}) у підживлення – зростання кількості зерен у волоті було максимальним у досліді – 132 штук.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню кількості зерен у волоті лише на 21 шт., що відповідає зростанню лише на 3,7 % порівняно до показника у варіантах без оброблення насіння 567 шт.

Позакореневе підживлення рослин проса органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс сприяло збільшенню кількості зерен у волоті у середньому на 45 і 66 штук, або на 8,0–12,3 % за рівня цього показника у варіантах без проведення агрозаходу 536 зерен.

Таблиця 5.3.

Кількість зерен, маса зерна з волоті та маса 1000 зерен проса залежно від варіанту удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр.

Мінеральні добрива, кг/га д.р.	Позакореневе підживлення рослин:								
	без підживлення			фаза кущення			фаза викидання волоті		
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
Без оброблення насіння									
Без добрив (контроль)	410	3,28	8,00	453	3,59	7,93	488	4,01	8,22
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	563	4,71	8,36	606	4,43	8,13	593	5,09	8,58
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	559	4,50	8,05	638	5,23	8,20	639	4,96	7,76
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	579	4,69	8,10	658	5,36	8,14	615	4,91	7,98
Оброблення насіння препаратом Азогран									
Без добрив (контроль)	451	3,68	8,16	505	4,21	8,34	590	5,07	8,59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	572	4,76	8,32	633	5,13	8,11	651	5,16	7,93
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	563	4,64	8,24	662	5,37	8,11	593	4,96	8,37
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	589	4,92	8,37	724	6,01	8,30	627	5,06	8,07
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	для кількості зерен у волоті – 582±15; для маси зерен з волоті - 4,74±0,13; для маси 1000 зерен - 8,18±0,04								
V, %	для кількості зерен у волоті – 12,9; для маси зерен з волоті – 13,2; для маси 1000 зерен – 2,4								
S	для кількості зерен у волоті – 75,1; для маси зерен з волоті – 0,63; для маси 1000 зерен – 0,20								
HP ₀₅	для кількості зерен у волоті – 44; для маси зерен з волоті – 0,37; для маси 1000 зерен – 0,12								

Примітка. 1* - зерен у волоті, шт.; 2* - маса зерна з волоті, г; 3* - маса 1000 зерен, г

Маса зерна з волоті є підсумком діяльності рослини упродовж періоду вегетації в умовах, що значною мірою визначались агрозаходами, взятими

нами для дослідження. Застосування мінеральних добрив у технології вирощування проса сприяло зростанню показника на 0,91–1,19 г, що становить 22,9–30,0 % більше за рівня на варіантах без добрив 3,97 г. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню маси зерна у волоті в середньому на 0,38 г, або на 8,3 % за рівня показника на варіантах без оброблення насіння 4,56 г. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння сприяло збільшенню маси зерна з волоті на 12,7 %, у фазі викидання волоті – на 11,4 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 4,40 г.

Показник маси 1000 зерен у досліді у середньому за три роки знаходився у межах від 7,76 до 8,59 г. Зростання рівня показника відмічали лише на варіантах передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран на 0,13 г, або на 1,6 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 8,11 г. Внесення мінеральних добрив та проведення позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у критичні для рослин проса фази росту та розвитку сприяли збільшенню кількості зерен у волоті, проте не характеризувалися зростанням маси 1000 зерен.

Отримані нами результати підтверджені іншими вченими [67, 141], які стверджують, що застосування препарату Азогран сприяє збільшенням кількості продуктивних стебел проса на 12–18%, кількості зерен у волоті на 10–15% та маси 1000 зерен на 8–12%.

Отже, рівень показників структури врожаю значною мірою залежав від досліджуваних чинників. На варіанті, де відмічали максимальну врожайність у досліді, відмічали 724 зерен у волоті, масу зерна з волоті – 6,0 г та масу 1000 зерен – 8,30 г за показників на контролі відповідно 410 г, 3,28 г та 8,00 г.

5.2. Урожайність проса за різних варіантів технології вирощування

Урожайність проса визначається масою зерна з волоті та кількістю рослин на одиниці площі, яка збереглась до фази повної стиглості. Як свідчить аналіз отриманих результатів, у досліді вона значно злежала як від взятих нами для дослідження агрозаходів, так і гідротермічних умов, що склалися упродовж періоду вегетації рослин проса у роки досліджень (Додаток В).

У 2023 р. урожайність проса у досліді, залежно від варіанту досліджень, знаходилась у межах від 3,30 т/га до 5,16 т/га, у 2024 р. – від 3,25 т/га до 5,08 т/га, у 2025 р. – від 3,16 до 5,05 т/га. Середня врожайність по досліді становила, відповідно, 4,32 т/га, 4,14 т/га та 4,26 т/га,

Результати, отримані у 2023–2025 рр. досліджень, також значно різнилися в залежності від досліджуваних агрозаходів (табл. 5.4).

Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг/га д.р. сприяло зростанню рівня врожайності у середньому на 0,95 т/га, або на 27,2 % за показника без мінеральних добрив 3,49 т/га. На варіантах зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро відмічали зростання на 0,83 т/га, або на 23,8%, зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – зростання становило 1,21 т/га, або 34,7 %. Дослідженнями інших науковців [10, 31] підтверджено також, що визначну роль у формуванні врожаю проса відіграє система удобрення.

У варіантах, де сівбу проводили насінням, попередньо обробленим біопрепаратом Азогран, урожайність зростала на 0,09 т/га, або на 2,1 %, порівняно за варіантами без проведення агрозаходу (4,20 т/га). Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння сприяло підвищенню врожайності на 0,24 т/га, або на 5,8 %, у фазі викидання волоті – на 0,06 т/га, або на 1,5 % за показника у варіантах без підживлення у середньому 4,15 т/га.

Таблиця 5.4.

Урожайність проса та приріст урожайності залежно від варіанту удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр. т/га

Варіант удобрення	Позакореневе підживлення рослин:			Без підживлення			Підживлення у фазі кущіння			Підживлення у фазі викидання волоті		
	без підживлення	фаза кущіння	фаза викидання волоті	Приріст урожайності від:								
				1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*
Без оброблення насіння												
Без добрив (контроль)	3,37	3,47	3,40	-	-	0,10	-	-	0,10	-	-	0,03
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,37	4,48	4,41	1,00	-	0,11	1,01	-	0,11	1,01	-	0,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	4,22	4,36	4,29	0,85	-	0,14	0,89	-	0,14	0,89	-	0,07
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,46	5,01	4,57	1,09	-	0,55	1,54	-	0,55	1,17	-	0,11
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (контроль)	3,56	3,68	3,59	-	0,19	0,12	-	0,21	0,12	-	0,19	0,03
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,42	4,50	4,44	0,86	0,05	0,08	0,82	0,02	0,08	0,85	0,03	0,02
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	4,27	4,48	4,31	0,71	0,05	0,13	0,80	0,12	0,13	0,72	0,02	0,04
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,48	5,08	4,62	0,92	0,02	0,60	1,40	0,07	0,60	1,03	0,05	0,14
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	4,14 ± 0,15	4,38 ± 0,20	4,20 ± 0,16									
V, %	10,4	12,9	10,8									
S	0,43	0,57	0,45									
НІР ₀₅	для фактора «мінеральні добрива» - 0,03; для фактора «передпосівне оброблення насіння» - 0,02; для фактора «позакореневе підживлення рослин» - 0,03											

Примітка. Приріст урожайності від: 1* - мінеральних добрив; 2* - оброблення насіння; 3* - позакореневого підживлення рослин

Найвищу врожайність проса у досліді (5,08 т/га за рівня на абсолютному контролі 3,37 т/га) було отримано у варіанті зі внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівним обробленням насіння біопрепаратом Азогран та позакореневим підживленням рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння.

Індекс умов року є важливим показником, що характеризує ступінь відхилення рівня врожайності конкретного року від середньої багаторічної за певним варіантом досліді. Позитивні значення індексу свідчать про сприятливі гідротермічні умови вегетаційного періоду, негативні – про несприятливі. Аналіз індексу умов року дозволяє оцінити стабільність продуктивності різних агротехнологічних прийомів за впливу метеорологічних умов (табл 5.5).

У контрольному варіанті без внесення добрив та обробки насіння індекс умов року становив у 2023 році +0,07, у 2024 – +0,02, у 2025 – -0,05. Ці показники свідчать про відносно стабільні умови на контролі із незначною тенденцією до погіршення у 2025 році. Варіабельність індексу на контролі була мінімальною порівняно з варіантами удобрення, що свідчить про меншу чутливість неудобрених посівів до коливань погодних факторів.

Внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг/га д.р. виявило подібну тенденцію: індекс становив +0,06 у 2023 році, +0,07 у 2024 році та -0,13 у 2025 році. Негативне значення у 2025 році було більш вираженим порівняно з контролем, що може свідчити про підвищену чутливість варіантів, де застосовували добрива до несприятливих погодних умов, які склалися в цьому році.

Варіант із застосуванням мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Майстер Агро характеризувався найбільшою амплітудою коливань індексу: +0,33 т/га у 2023 році, +0,77 у 2024 році та +0,26 у 2025 році. Усі значення були позитивними, слід зауважити, що 2024 рік виявився найбільш сприятливим з максимальним індексом серед усіх варіантів без застосування передпосівного

оброблення насіння. Це свідчить про те, що поєднання макро- та мікроелементів забезпечує найкращу реалізацію продуктивного потенціалу проса за оптимальних гідротермічних умов.

Таблиця 5.5

Індекс умов року для формування врожаю посівами проса залежно від удобрення та обробляння насіння за 2023–2025 рр.

Варіант	Позакореневе підживлення рослин:								
	без підживлення			фаза куцання			фаза викидання волоті		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Без оброблення насіння									
Без добрив (контроль)	0,07	0,02	-0,05	-0,24	-0,06	0,31	-0,12	0,15	0,03
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,06	0,07	-0,13	-0,15	0,08	0,07	0,07	0,24	-0,31
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,33	0,77	0,26	-0,55	0,71	-0,16	-0,12	-0,25	0,17
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ ⁺ N ₁₅	-0,03	-0,29	0,33	-0,44	-0,07	0,50	-0,02	-0,06	0,08
Оброблення насіння препаратом Азогран									
Без добрив (контроль)	-0,14	0,02	0,16	-0,24	0,18	0,05	0,33	-0,18	-0,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,07	-0,29	0,22	0,02	0,05	-0,04	-0,23	-0,18	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	0,40	0,27	0,68	0,23	-0,12	-0,12	0,09	0,07	-0,16
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ ⁺ N ₁₅	-0,32	0,38	-0,06	-0,08	0,04	0,03	-0,10	0,48	-0,38
НІР _{0,5} для фактора : А «система удобрення», т/га - 0,05; В «обробка насіння», т/га - 0,06; АВ взаємодія факторів, т/га - 0,10									

На варіанті, де частину азоту перенесли у підживлення (N₄₅P₆₀K₆₀⁺N₁₅), виявлено значну варіабельність: -0,03 у 2023 році, -0,29 у 2024 році та +0,33 у 2025 році. Негативні значення у перші два роки досліджень можуть бути пов'язані з недостатнім вологозабезпеченням у критичні фази розвитку після

азотного підживлення, тоді як у 2025 році умови були сприятливішими для реалізації ефекту від внесення азоту у підживлення.

Позакореневе підживлення у фазі кущення значно змінило характер індексу умов року. На контрольному варіанті спостерігали переважно негативні значення: $-0,24$ у 2023 році, $-0,06$ у 2024 році та $+0,31$ у 2025 році. Це вказує на те, що за несприятливих умов без достатнього мінерального живлення позакореневе підживлення не забезпечує очікуваного ефекту.

На фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ підживлення у фазі кущення дало індекс $-0,15$ у 2023 році, $+0,08$ у 2024 році та $+0,07$ у 2025 році. Варіант із застосуванням $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер агро характеризувався найбільшою амплітудою: $-0,55$ у 2023 році, $+0,71$ у 2024 році та $-0,16$ у 2025 році. Така варіабельність свідчить про високу залежність ефективності подвійного застосування мікроелементів від погодних умов.

Найстабільніші позитивні результати при підживленні у фазі кушіння отримано на варіанті $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$: $-0,44$ у 2023 році, $-0,07$ у 2024 та $+0,50$ у 2025 р. Максимальне значення $+0,50$ у 2025 році є одним з найвищих серед варіантів без передпосівного оброблення, що підтверджує ефективність поєднання внесення азоту у підживлення з позакореневим підживленням (рис. 5.1). Позакореневе підживлення у фазі викидання волоті було менш ефективним і строкатішим, порівняно з підживленням у фазі кущення. На контрольному варіанті індекс становив $-0,12$ у 2023 році, $+0,15$ у 2024 та $+0,03$ у 2025 році. На фоні застосування мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ спостерігали значення $+0,07$, $+0,24$ та $-0,31$ відповідно, що свідчить про значну мінливість ефекту залежно від року.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран на контрольному варіанті забезпечило індекс $-0,14$ у 2023 році, $+0,02$ у 2024 та $+0,16$ у 2025. На фоні застосування добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг/га д.р. ці значення становили $+0,07$, $-0,29$ та $+0,22$ відповідно. Варіант із додатковим застосуванням Майстр агро виявив найстабільніші позитивні результати:

+0,40 у 2023 році, +0,27 у 2024 році та +0,68 у 2025 році, що є найвищим показником серед варіантів досліду.

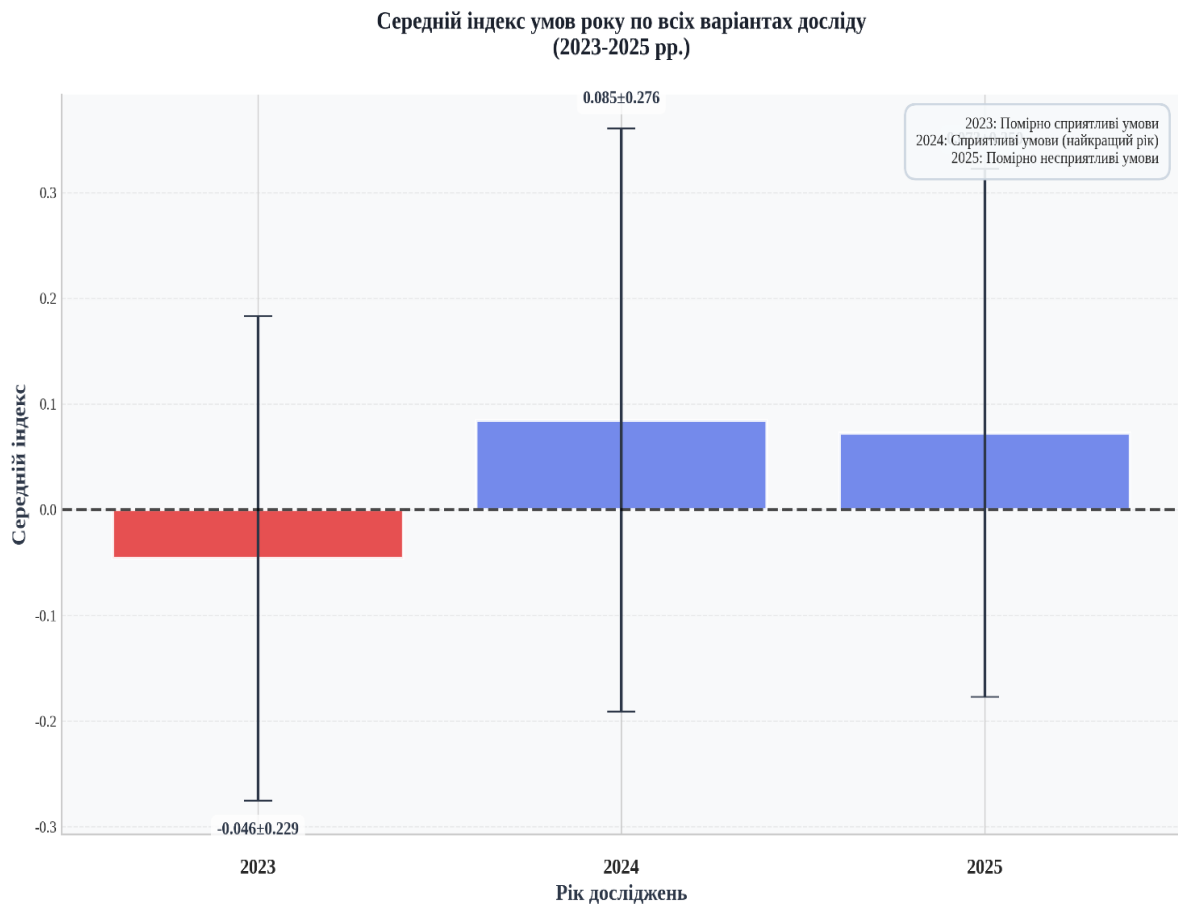


Рис. 5.1. Середній індекс умов року по варіантах досліду за 2023–2025 рр.

Таким чином, індекс умов року для формування врожаю проса значною мірою варіював залежно від системи удобрення, оброблення насіння та строку проведення позакореневого підживлення. Найвищий індекс +0,77 зафіксовано у 2024 році на варіанті N₆₀P₆₀K₆₀ + Майстер агро без передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення, а також +0,71 на аналогічному варіанті з підживленням у фазі кущення. Найнижчий індекс –0,55 отримано у 2023 році на варіанті з Майстер агро та підживленням у фазі кущення, що підтверджує високу варіабельність застосування мікроелементів. Для стабілізації рівня врожайності проса в

мінливих погодних умовах доцільним є внесення частини азоту у підживлення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у поєднанні з позакореневим підживленням у фазі кущення, що забезпечує оптимальний баланс між потенційною врожайністю та стабільністю за роками.

Про залежність рівня врожаю проса від погодних умов у середньому за роки досліджень свідчать коефіцієнти, представлені в табл. 5.6.

Представлені результати вказують на значну роль позакорневих підживлень посіву проса у критичні для культури періоди органічно-мінеральним добривом, у даному випадку Браман мультикомплекс, у зменшенні негативного впливу погодних умов (середньодобових температур повітря та кількості опадів) на формування рівня врожаю. Як у цілому по досліді, так і на варіантах без позакорневих підживлень, а також у фазі викидання волоті, залежність була значно сильнішою, порівняно з варіантами, де проводили підживлення у фазі кушіння.

Таблиця 5.6.

Кореляційний зв'язок показників урожайності проса з елементами погоди, середнє за 2023–2025 рр.

Фаза позакореневого підживлення рослин	Середньодобова температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Сума активних температур понад 10 °С
Без підживлення	-0,892	-0,933	-0,390
Кушіння	0,154	-0,632	0,753
Викидання волоті	-0,943	-0,857	-0,528
<i>У середньому по досліді</i>	-0,473	-0,972	0,204

Проте посіви, позакореневе підживлення яких проводили у фазі кушіння, потребували більшої суми активних температур понад 10 °С, про що свідчить показник ($r=0,753$).

Математичні моделі залежності урожайності проса від середньодобової температури повітря та кількості опадів представлені у табл. 5.7.

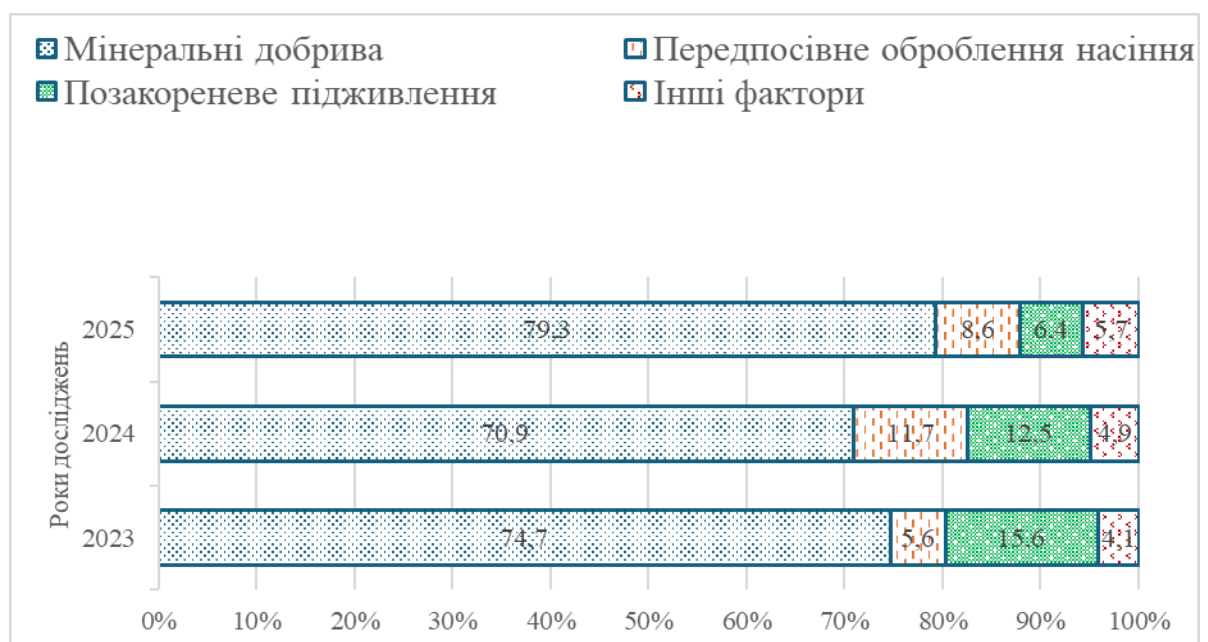
Таблиця 5.7.

Математичні моделі залежності урожайності проса від погодних умов у середньому за 2023–2025рр.

Фаза підживлення рослин	Елемент погоди	Рівняння регресії	R	D,%
Без підживлення	Середньодобова температура повітря, °С	$Y = -1,3187 + 0,5800X - 0,0152X^2$	0,951	90,4
	Кількість опадів, мм	$Y = 5,6485 - 0,0079X_1$	0,931	86,7
Викидання волоті	Середньодобова температура повітря, °С	$Y = 3,5915 + 0,0813X - 0,0025X^2$	0,953	90,8
	Кількість опадів, мм	$Y = 4,7862 - 0,0030X_1$	0,857	73,4
У середньому по досліді	Кількість опадів, мм	$Y = 5,6747 - 0,0075X_1$	0,969	93,9

Примітка: Y – Урожайність, т/га; X - середньодобова температура повітря, °С; X_1 - кількість опадів, мм

Частка участі досліджуваних факторів у формуванні приросту врожайності проса значно різнилася за роками досліджень (рис. 5.2).



r	0,798	0,485	0,649	0,608	0,876	0,835	-0,008
d, %	63,6	23,5	42,2	36,9	76,7	69,7	0,01

Як свідчать показники парної кореляції, рівень врожайності проса значно залежав від елементів структури врожаю. Зокрема, довжина волоті та кількість гілочок у ній мали середній прямий вплив на рівень урожайності проса, тоді як маса волоті, кількість зерен та маса зерна з неї – сильний прямий вплив.

Математична модель залежності урожайності проса від маси волоті та кількості зерна у ній виглядає наступним чином:

$$Y = 0,6150 + 2,9128X - 0,2297X^2 + 0,0179X_1 - 0,6611X^{0,5},$$

де Y – урожайність, т/га; X – маса волоті, г; X_1 – зерен у волоті, шт.

Коефіцієнт множинної кореляції становить $R = 0,892$; коефіцієнт детермінації $D = 79,6\%$, а фактичний критерій Фішера $F_\phi = 18,42$ за $F_{\text{табл.}} = 2,90$; критерій Стюдента фактичний (t_ϕ) для коефіцієнтів рівняння відповідно становить: $a_1=31,68$, $a_2=28,78$, $a_3=27,16$, $a_4=21,32$ за $t_{\text{табл.}} = 2,06$.

5.3. Якість насіння проса за різних варіантів технології вирощування

Основним напрямком використання проса звичайного (*Panicum miliaceum* L.) в Україні є виробництво крупи, яке полягає у відокремленні ядер зернівок від квіткових плівок, що їх покривають, та наступного шліфування первинної крупи, виготовляючи пшоно вищого, першого та другого гатунку [146]. Виробництво потребує сортів з крупним, вирівняним зерном, яке забезпечить у процесі перероблення високий вихід пшона відмінної якості з незначною кількістю відходів у вигляді битого ядра і необрушених зерен [144].

Біохімічний склад зерна проса є важливим показником його харчової цінності. Вміст таких показників як білок, жир, клітковина й крохмаль

безпосередньо визначають технологічні властивості зерна та його придатність до використання й споживання у різних галузях харчової промисловості.

Якість зерна проса, як зазначає ряд авторів [145, 147, 148, 149], залежить від рівня агротехніки вирощування культури.

Наші дослідження, проведенні у 2023–2025 рр., засвідчили, що якість зерна проса залежала від погодних умов та від досліджуваних агрозаходів (Додатки Г.1, Г.2, Г.3).

Уміст білка в зерні проса у 2023 році знаходився у межах від 10,27 до 12,12 %, жиру – 3,16–3,62 %, клітковини – 6,227–,07 %, крохмалю – 57,17–58,32 %, або в середньому, відповідно, 11,19 %, 3,35 %, 6,71 % і 58,09 %. У 2024 році вміст білка в зерні проса становив 9,98–10,56 %, жиру – 3,51–3,97 %, клітковини – 5,46–6,22 %, крохмалю – 57,63–58,18 %, або в середньому, відповідно, 10,30 %, 3,71 %, 5,77 % і 57,91 %. В зерні проса вміст білка на третьому році досліджень становив 9,96–11,71 %, жиру – 3,22–3,53 %, клітковини – 5,6–26,56 %, крохмалю – 56,30–58,10 %, або, відповідно, 11,18 %, 3,39 %, 6,03 % і 57,33 %.

У середньому за роки досліджень уміст білка в зерні проса знаходився у межах від 10,22 % до 11,12 % (табл. 5.9). На варіантах без внесення мінеральних добрив показник становив у середньому 10,61 %. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню рівня показника на 0,19 % абсолютних, внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та проведення прикореневого підживлення рослин органомінеральним добривом Майстер агро сприяло накопиченню білка більше лише на 0,17 %. За перенесення частини азотних добрив з основного внесення у підживлення зростання становило 0,28 % абсолютних.

Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран не сприяло накопиченню білка в зерні – відмічали навіть його зменшення на 0,06 %, порівняно з показником на варіантах без проведення агрозаходу (10,79 %).

Таблиця 5.9

Показники якості зерна проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр., %

Варіант	Вміст у зерні, %			
	білка	жиру	клітковини	крохмалю
Без оброблення насіння (контроль)				
Без добрив (контроль)	10,62	3,34	6,34	58,00
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,74	3,36	6,51	57,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,97	3,37	6,48	57,46
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,82	3,41	6,36	57,49
Підживлення Браман мультикомплекс у фазі кущіння				
Без добрив (контроль)	10,62	3,38	6,30	58,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,65	3,42	6,17	57,88
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,68	3,48	6,29	57,87
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,66	3,49	6,05	58,17
Підживлення Браман мультикомплекс у фазі викидання волоті				
Без добрив (контроль)	10,62	3,43	6,09	57,84
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,81	3,55	6,09	57,79
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,82	3,56	6,10	57,75
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,89	3,58	5,98	58,01
Оброблення насіння біопрепаратом Азогран				
Без добрив (контроль)	10,62	3,50	5,97	58,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,37	3,65	5,93	57,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,22	3,63	5,89	58,02
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,68	3,63	6,02	57,43
Азогран + Браман мультикомплекс у фазі кущіння				
Без добрив (контроль)	10,62	3,40	6,08	57,73
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,85	3,52	6,12	57,64
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,70	3,57	6,23	57,56
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,96	3,46	6,47	57,49
Азогран + Браман мультикомплекс у фазі викидання волоті				
Без добрив (контроль)	10,62	3,44	6,20	57,92
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,10	3,44	6,25	57,57
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,97	3,48	6,15	57,76
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,08	3,51	6,20	57,74
\bar{X}	10,74	3,48	6,18	57,78
$S\bar{x}$	0,04	0,02	0,04	0,05
$V, \%$	1,9	2,6	2,8	0,4
S	0,21	0,09	0,17	0,23
НІР ₀₅	0,12	0,05	0,10	0,13

У результатах досліджень інших авторів [47, 126] вказується на те, що бактеризація насіння проса препаратом Азогран сприяє підвищенню вмісту білка в зерні на 0,5-1,2 %, поліпшенню амінокислотного складу білка, зокрема збільшенню вмісту лізину на 8-10 %, метіоніну на 5-7 % та триптофану на 6-8 %.

Також встановлено підвищення вмісту каротиноїдів у зерні на 10-15% та вітамінів групи В на 5-10%.

Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння рослин проса не сприяли збільшенню рівня показника, у фазі викидання волоті – вміст білка в зерні зростав у середньому на 0,11 % абсолютних за рівня на варіантах без підживлення 10,69 %.

Вміст жиру в зерні проса у середньому за роки досліджень знаходився у межах 3,34–3,57 %. Внесення мінеральних добрив сприяло незначному зростанню рівня показника – на 0,07–0,10 % абсолютних за його рівня на варіантах без застосування добрив 3,42 %. Передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран сприяло збільшенню рівня показника на 0,07 % за показника на варіантах без проведення агрозаходу 3,45 %. Позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добриво Браман мультикомплекс сприяло збільшенню жиру в зерні проса лише на 0,01-0,03 % за показника на варіантах без підживлення 3,49 %.

Кількість клітковини у зерні проса залежно від варіанту досліджень знаходилась у межах 5,89–6,51 %. На варіантах зі внесенням мінеральних добрив відмічали незначне зростання рівня показника – лише на 0,02–0,03 % абсолютних. Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран спричиняло зниження рівня показника на 0,10 %, порівняно з варіантами без проведення агрозаходу (6,23 %), що можливо пояснити перерозподілом вуглецю в рослинах на користь синтезу білкових сполук за умов покращеного азотного живлення, яке забезпечувалося діяльністю

азотфіксуючих бактерій біопрепарату. Посилене засвоєння азоту рослинами активізує синтез амінокислот та білків, що сприяло зниженню метаболічних процесів у бік утворення структурних полісахаридів клітинних стінок, зокрема целюлози. Крім того, бактеризація насіння сприяла формуванню більш розвиненої кореневої системи та інтенсивнішому поглинанню поживних речовин, що забезпечувало активніший ріст рослин та прискорене проходження фаз розвитку, внаслідок чого частка структурних вуглеводів у загальній масі сухої речовини зерна дещо зменшувалася. Позакореневе підживлення рослин проса органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння сприяло збільшенню показника на 0,03 % за рівня на варіантах без підживлення 6,19 %. Підживлення у фазі викидання волоті не сприяло зростанню рівня показника.

Вміст крохмалю, як основного запасного вуглеводу насіння проса, становив 57,4–258,17 %. Застосування мінеральних добрив та передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран не сприяли збільшенню рівня показника. Позакореневі підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння та викидання волоті сприяли зростанню показника лише на 0,07 % абсорба показника на варіантах без підживлення 57,73 %.

Таким чином, біохімічний склад насіння проса значною мірою залежав від систем удобрення та передпосівного оброблення насіння. Виявлено компенсаторний ефект між основними компонентами: збільшення вмісту білка супроводжувалося зниженням крохмалю і навпаки. Найвищий вміст білка 11,10 % отримано за комплексного застосування оброблення насіння біопрепаратом Азогран у поєднанні із застосуванням позакореневого підживлення Браман мультикомплекс у фазу викидання волоті та основного удобрення у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$, тоді як найвищий вміст жиру 3,65 % забезпечило оброблення насіння Азогран на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ без позакореневого підживлень. Для отримання насіння з оптимальним поєднанням біохімічних

показників також доцільним є використання роздільного внесення азоту ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) у поєднанні з обробленням насіння та позакореневим підживленням у фазу кущення.

Висновки до розділу 5

1. Максимальний рівень врожаю забезпечив агрофітоценоз, у якому склались оптимальні умови для росту, розвитку та формування врожаю рослинами проса: сформувалась довжина волоті на рівні 29,8 см масою 6,66 г, з кількістю гілочок першого 16,2 шт. та другого порядку – 89,1 шт., кількістю зерен у волоті – 624 штуки, та масою зерна у волоті 6,01 г. На контролі рослини формували волоть з довжиною 26,0 см, масою 4.92 г, кількістю гілочок першого 13,1 шт. та другого порядку 64,7 шт., кількістю зерен у волоті становила 410 штук та масою зерна у волоті 3,28 г.

2. Найсприятливіші умови для формування врожаю проса, що підтверджено найвищим індексом умов року (+0,77), зафіксовано у 2024 році на варіанті зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}+Майстер$ агро без передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення, а також +0,71 на аналогічному варіанті з підживленням у фазі кущення. Для стабілізації рівня врожайності проса в мінливих погодних умовах доцільним є внесення частини азоту у підживлення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у поєднанні з позакореневим підживленням у фазі кущення, що забезпечує оптимальний баланс між потенційною врожайністю та стабільністю за роками.

3. Біохімічний склад насіння проса визначався системою удобрення та передпосівним обробленням насіння з проявом компенсаторного ефекту між вмістом білка та крохмалю. Найвищий вміст білка (11,10 %) отримано на варіанті зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ за передпосівного оброблення насіння Азогран та проведення позакореневого підживлення Браман мультикомплекс

у фазі викидання волоті. В той же час найвищий вміст жиру 3,65 %) забезпечило оброблення насіння Азогран на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ без позакоренових підживлень. Оптимальне поєднання біохімічних показників (білок – 10,96; жир – 3,46; клітковина – 6,47; крохмаль – 57,49) забезпечувало роздільне внесення азоту $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у поєднанні з обробленням насіння Азогран та позакореновим підживленням Браман мультикомплекс у фазі кущіння.

4. Максимальна врожайність (5,08 т/га) отримана на варіанті, який передбачав внесення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакоренового підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кущіння.

5. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що у середньому за роки досліджень у формуванні приросту врожаю вплив мінеральних добрив становив 71,4 %, передпосівного оброблення насіння – 6,7 %, позакоренового підживлення рослин – 9,5 % та погодних умов – 7,6 %

Основні результати досліджень за даним розділом опубліковано в наукових працях [42, 46, 47].

РОЗДІЛ 6

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИН ПРОСА ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Ефективність засвоєння елементів живлення рослинами проса посівного в значній мірі визначається технологією його вирощування, зазвичай саме системою удобрення, способами внесення добрив, а також застосуванням біологічних препаратів. Оптимізація мінерального живлення у поєднанні з передпосівним обробленням насіння та позакореневими підживленнями створює передумови для максимальної реалізації біологічного потенціалу культури та формування якісного врожаю зерна.

Відомо, що в різні періоди органогенезу рослини мають різну потребу у елементах живлення. Відповідно, забезпеченість рослин доступними формами елементів живлення та їх кількістю має бути динамічною для того, щоб найкращим чином відповідати змінам, які відбуваються упродовж періоду їх вегетації.

Одним із найшвидших та дієвих способів встановлення рівня забезпечення елементів живлення сільськогосподарських культур є метод функціональної діагностики, тобто визначення стану рослин, який базується на фотометричному визначанні вмісту елементів живлення в критичні періоди росту й розвитку. Цей метод дає можливість визначити потребу в тому чи іншому елементі на 3-5 діб раніше появи візуальних ознак.

У наших дослідженнях визначання забезпечення та потреби рослин в 14 найпоширеніших елементах живлення проводили за допомогою фотометра «Агровектор 014-02 ПФ» у фази стеблуння та викидання волоті. Необхідно відмітити, що прилад визначає реакцію хлоропластів на наявність того чи іншого елемента у розчині. Якщо реакція хлоропластів на елемент знаходиться на рівні контрольного показника приладу, який умовно прийнято вважати за 0, то даний елемент у системі живлення знаходиться в

оптимумі, якщо нижче 0 – є його надлишок, вище 0 – рослина відчуває його дефіцит. Вважається, що дефіцит понад 0,5 одиниць свідчить про критичну нестачу даного елемента.

За результатами наших досліджень виявлено досить значну мінливість показників реакції хлоропластів на елементи живлення залежно від варіантів удобрення (рис.. 6.1, Додаток Д.1).

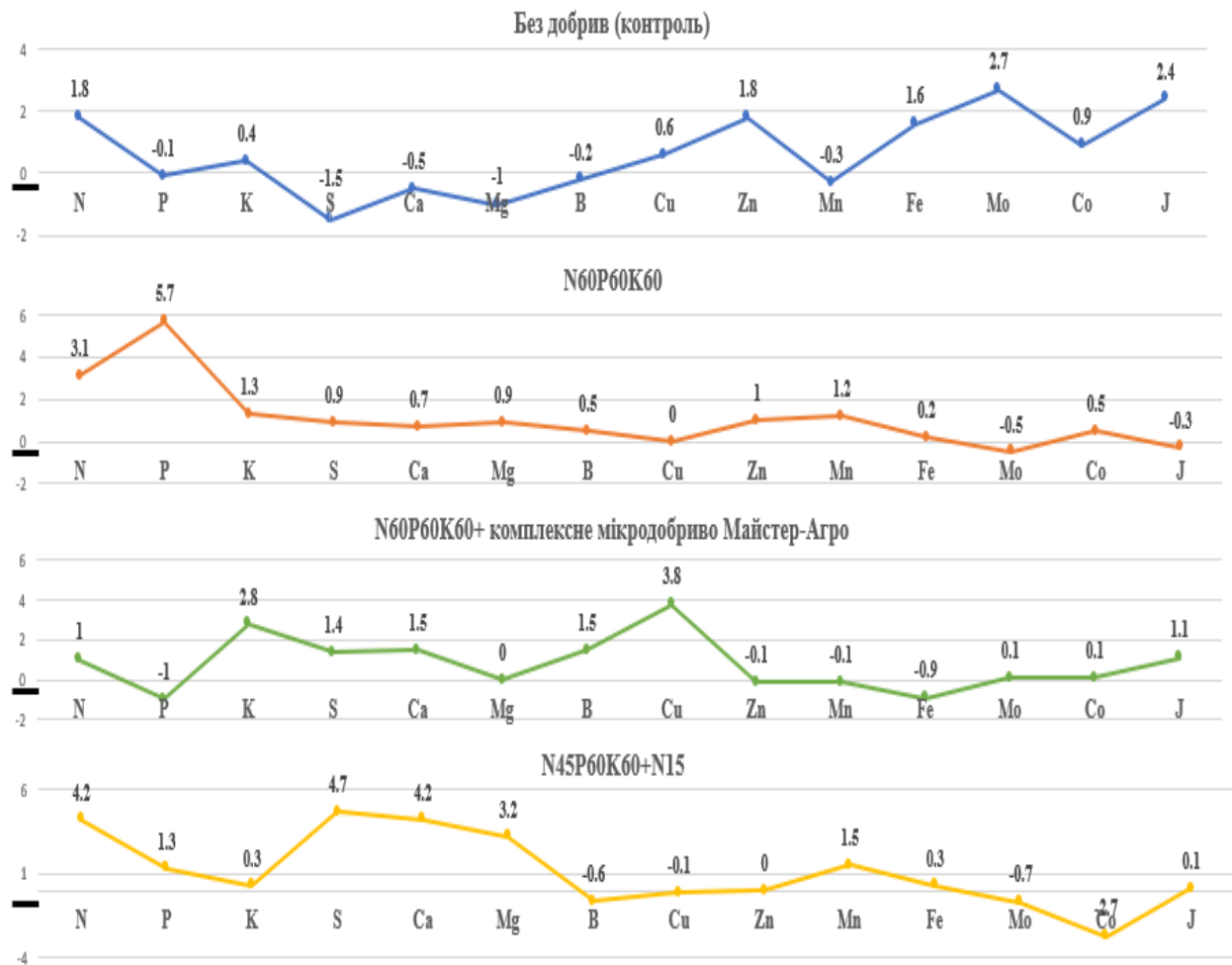


Рис. 6.1. Усреднені показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі стеблуння залежно від варіантів удобрення, 2022–2024 рр., од. (Дані 2022 року досліджень – результати досліджень відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур).

Застосування мінеральної системи удобрення за вирощування на темно-сірому лісовому ґрунті позитивно вплинуло на забезпечення рослин

проса елементами живлення та ступенем їх засвоєння. Це підтверджується інтенсивністю накопичення та загальним вмістом макро- і мікроелементів у рослинах. Найактивніше засвоєння поживних речовин рослинами проса відмічали у фазі стеблуння, коли відбувається посилений ріст і формування генеративних органів. Діагностика на початкових етапах росту та розвитку вказує на те, що за внесення мінеральних добрив зростає концентрація мікроелементів (NPK) у рослинах.

Аналіз рослин проса у фазі стеблуння, показав, що на варіанті без добрив рослини відчували дефіцит азоту, молібдену та йоду, а також мали незначну нестачу заліза і цинку. Такі елементи як фосфор, сірка, бор та марганець були в рослинах у надлишковій кількості.

Вирощування проса на фоні рекомендованої для Правобережного Лісостепу дози добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) викликало дефіцит у рослинах майже всіх елементів, у оптимальній кількості були лише азот і йод.

Фоліарне підживлення рослин комплексним органо-мінеральним добривом, до складу входять азот, фосфор, калій та магній, у фазі кушіння на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ оптимізувало вміст у рослині магнію, міді, цинку, марганцю молібдену і кобальту. Зросла нестача азоту, калію, сірки і кальцію. Застосування у технології вирощування проса роздрібного внесення азоту, тобто (перенесення частини азоту (N_{15}) із основного внесення у підживлення в фазі кушення) дозволило оптимізувати умови мінерального живлення на період інтенсивного вегетативного росту рослин проса. Знизився дефіцит калію до 0,8 одиниць, порівняно із попереднім варіантом, оптимізувався вміст цинку і йоду. Проте рослини мали дефіцит азоту, фосфору, кальцію і сірки. За такої системи удобрення у невеликому надлишку виявилися бор, мідь, молібден і кобальт.

Аналіз результатів досліджень щодо особливостей реакції хлоропластів на елементи живлення, проведених у фазі викидання волоті, тобто у період генеративного розвитку, який є визначальним у формуванні продуктивності

рослин і, зокрема, озерненості волоті, показав істотну різницю показників між варіантами удобрення (рис. 6.2, Додаток Д.2). Аналіз показників азотного живлення свідчить про наявність дефіциту цього елемента у всіх досліджуваних варіантах, про що свідчать негативні значення реакції хлоропластів.

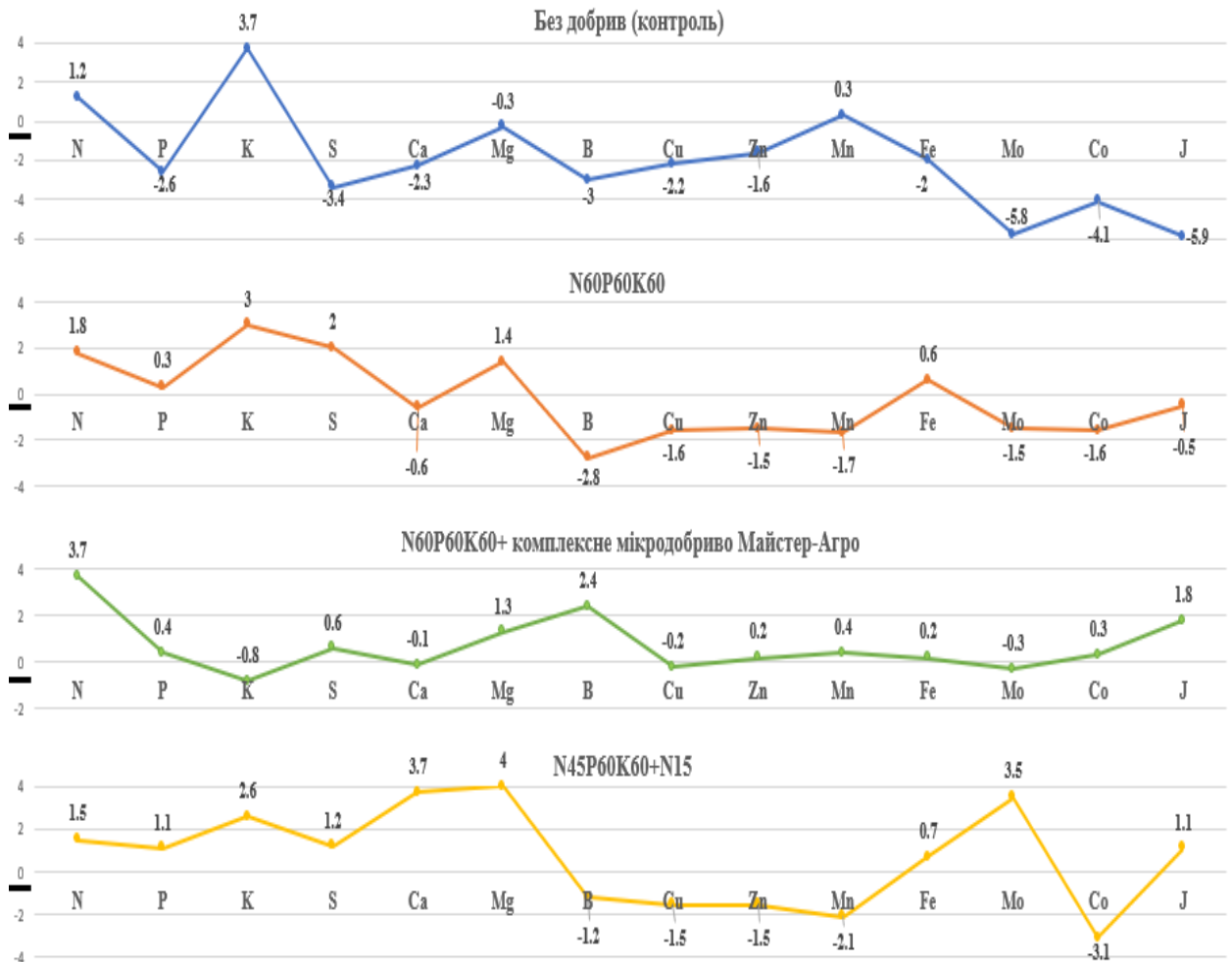


Рис. 6.2. Усереднені показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі викидання волоті залежно від варіантів удобрення (без підживлення на VI е.о.), 2022–2024 рр., од.

Найбільш виражений дефіцит азоту відмічали на варіанті з розподіленим внесенням азотних добрив $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ (-4,2), що пояснюється недостатністю стартової дози азоту (N_{45}) для задоволення фізіологічних потреб рослин у період інтенсивного формування вегетативної

маси. Такий дефіцит може призводити до уповільнення процесів росту, обмеження формування листкового апарату та, як наслідок, до зниження фотосинтетичного потенціалу рослин проса. Найменший дефіцит азоту (-1,0) виявлено на варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер Агро, що вказує на позитивний вплив комплексного мікродобрива на засвоєння та метаболізм азоту в рослинах. Це може бути обумовлено наявністю у складі мікродобрива елементів, що беруть участь у ферментативних процесах азотного обміну, зокрема в активності нітратредуктази.

Стосовно фосфорного живлення спостерігається контрастна реакція хлоропластів на різних варіантах удобрення. Значний дефіцит фосфору відмічено на варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ (-5,7), що може бути пов'язано з антагоністичними взаємовідносинами між елементами при одночасному внесенні високих доз добрив. Зокрема, надмірна концентрація катіонів амонію може пригнічувати поглинання фосфат-іонів кореневою системою. Натомість позитивний баланс фосфору (+1,0) на варіанті з додатковим внесенням мікродобрива Майстер Агро свідчить про оптимізацію фосфорного живлення під впливом мікроелементів. Фізіологічно це може проявлятися у покращенні енергетичного балансу рослин, активізації процесів фотофосфорильовання та синтезу АТФ, що є критично важливим для забезпечення енергією метаболічних процесів у період інтенсивного росту [2, 18, 43].

Аналіз показників реакції хлоропластів на кальцій та магній виявляє найбільш негативні значення на варіанті $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ (Ca = -4,2, Mg = -3,2), що свідчить про антагоністичні взаємовідносини між цими елементами та азотом при розподіленому внесенні. Дефіцит магнію, який є центральним атомом молекули хлорофілу, може призводити до порушення структури та функцій фотосинтетичного апарату, зниження інтенсивності фотосинтезу та, як наслідок, до обмеження продуктивності рослин проса. Недостатнє забезпечення кальцієм може негативно впливати на проникність клітинних

мембран та стабільність клітних стінок, що особливо важливо у період інтенсивного росту стебла [58, 169, 247].

Щодо мікроелементів, то варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер Агро демонструє найбільший дефіцит міді (-3,8), що може бути пов'язано з конкуренцією між мікроелементами у складі комплексного добрива або з утворенням важкодоступних комплексів міді з органічними сполуками ґрунту. Дефіцит міді може негативно впливати на активність оксидаз, зокрема аскорбатоксидази та поліфенолоксидази, що беруть участь у процесах дихання та захисних реакціях рослин. Натомість на варіанті $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ спостерігали позитивний баланс кобальту (+2,7), що свідчить про оптимізацію засвоєння цього елемента при розподіленому внесенні азоту. Кобальт, як відомо, бере участь у процесах фіксації молекулярного азоту та метаболізмі пуринових основ, що може позитивно впливати на синтез нуклеїнових кислот та білків у рослинах проса.

На контрольному варіанті без добрив спостерігається найкращий баланс сірки (+1,5), кальцію (+0,5) та магнію (+1,0), що свідчить про природну збалансованість цих елементів у ґрунті та потенційне порушення їх співвідношення при внесенні високих доз мінеральних добрив. Сірка, яка входить до складу амінокислот цистеїну та метіоніну, а також деяких коферментів, відіграє важливу роль у формуванні третинної структури білків та активності ферментів, що безпосередньо впливає на інтенсивність метаболічних процесів у рослинах проса.

Аналіз даних реакції хлоропластів проса у фазі викидання волоті (без підживлення), порівняно з фазою стеблуння, виявляє суттєві зміни в мінеральному живленні рослин, що зумовлені онтогенетичними особливостями культури (рис. 6.3, Додаток Д.3).

На контрольному варіанті, без добрив, спостерігали значне покращення забезпеченості більшістю елементів живлення у фазі викидання волоті. Особливо показовим є поліпшення фосфорного живлення (+2,6 порівняно з

+0,1 у фазі стеблунання), сірки (+3,4 порівняно з +1,5), а також мікроелементів: молібдену (+5,8 порівняно з -2,7), кобальту (+4,1 порівняно з -0,9) та йоду (+5,9 порівняно з -2,4). Це вказує на активізацію природних механізмів мобілізації поживних речовин ґрунту в генеративний період розвитку рослин.

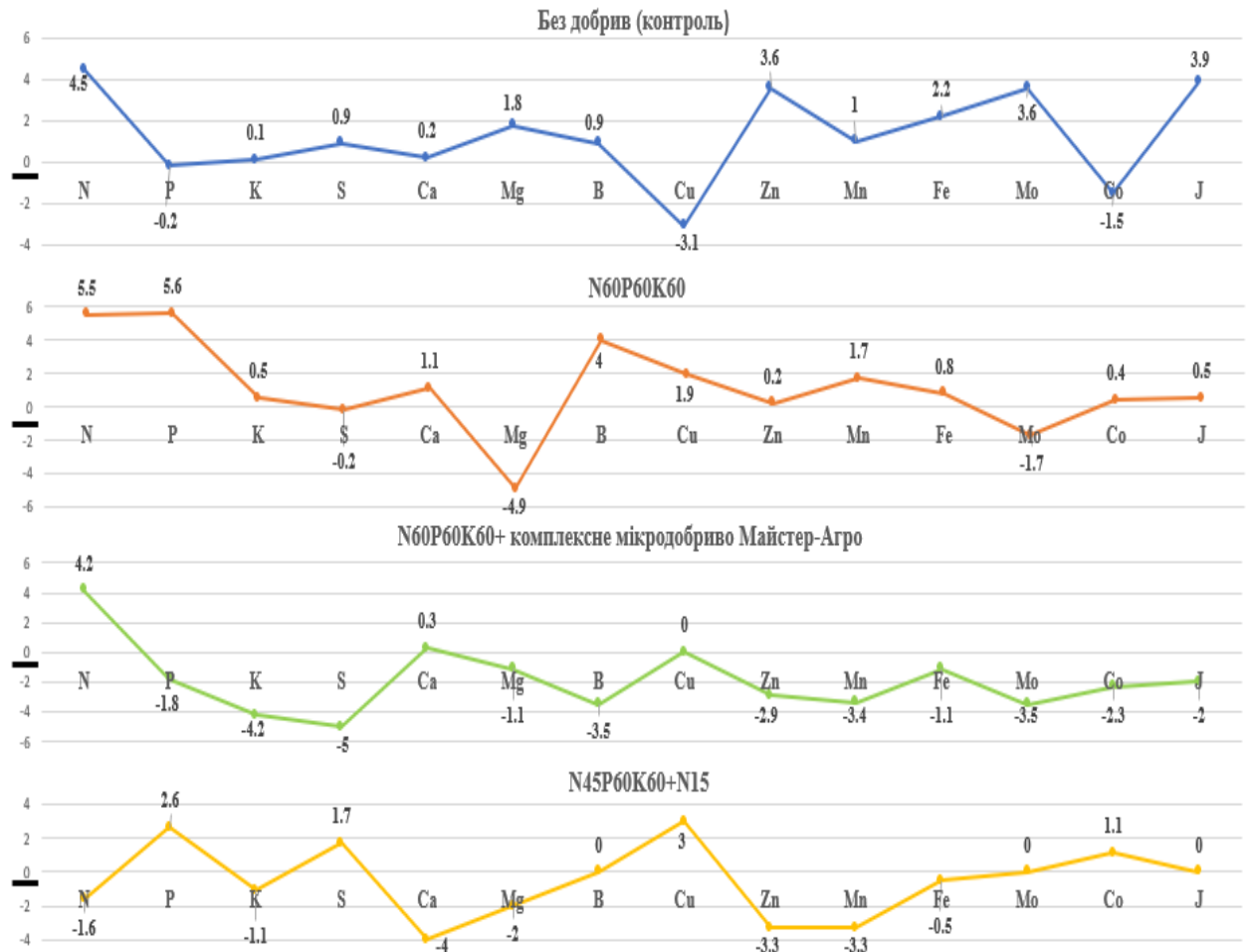


Рис. 6.3. Усереднені показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі викидання волоті залежно від варіантів удобрення (із підживленням на VI е.о.), 2022-2024 рр., од.

На варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ дефіцит азоту посилюється з -1,8 до -3,7, що свідчить про підвищену потребу рослин у цьому елементі під час формування генеративних органів. Водночас зберігається дефіцит калію (-3,0), який є критично важливим для транспорту асимілятів до генеративних органів.

Варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер Агро демонструє позитивну динаміку щодо калію (з -2,8 у фазі стеблуння до +0,8 у фазі викидання волоті), що свідчить про покращення калійного живлення рослин. Однак посилюється дефіцит азоту (-3,7), що вказує на недостатність одноразового внесення азоту для забезпечення повного циклу розвитку рослин.

У варіанті $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ відмічали покращення азотного живлення, порівняно з фазою стеблуння (з -4,2 до -1,5), що підтверджує ефективність роздільного внесення азоту для забезпечення тривалого азотного живлення. Проте виявлено критичний дефіцит кальцію (-3,7) та магнію (-4,0), що може негативно впливати на формування та функціонування репродуктивних органів.

Загальною закономірністю є покращення забезпеченості більшістю мікроелементів у фазі викидання волоті, порівняно з фазою стеблуння, що свідчить про підвищену інтенсивність метаболічних процесів та активізацію ферментативних систем у критичний період формування репродуктивних органів.

З переходом від фази стеблуння до фази викидання волоті на контрольному варіанті відбувається поліпшення забезпеченості більшістю елементів живлення, особливо фосфором (+2,6 порівняно з +0,1), сіркою (+3,4 порівняно з +1,5) та мікроелементами, що свідчить про активізацію природних механізмів мобілізації поживних речовин у генеративний період (рис. 5.4). Варіант $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ демонструє покращення азотного живлення (з -4,2 до -1,5), підтверджуючи ефективність розподіленого внесення азоту, проте виявляє критичний дефіцит кальцію (-3,7) та магнію (-4,0).

Позакореневе підживлення суттєво змінює характер мінерального живлення проса. На варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ +Майстер Агро з підживленням спостерігається найбільш збалансований мінеральний склад з позитивними показниками для більшості елементів: К (+4,2), S (+5,0), В (+3,5), Zn (+2,9), Mn (+3,4), Мо (+3,5), Со (+2,3), J (+2,0). Це свідчить про оптимізацію

мінерального живлення при комплексному застосуванні основного добрива та позакореневого підживлення.

Найбільш значущою закономірністю є ефективність розподіленого внесення азоту ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) з підживленням, що забезпечує позитивний баланс азоту (+1,6) – єдиний варіант з таким результатом. Це підтверджує, що підживлення в поєднанні з розподіленим внесенням азоту створює оптимальні умови для забезпечення рослин цим елементом у критичний період формування генеративних органів.

Варіант зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ та підживленням демонструє значне погіршення фосфорного живлення (-5,6) та азотного живлення (-5,5), що вказує на антагоністичні взаємовідносини між елементами при інтенсивному мінеральному живленні. Проте спостерігається позитивний баланс магнію (+4,9), що є важливим для функціонування фотосинтетичного апарату.

За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ у варіанті без проведення позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом такі мезо- і мікроелементи як кальцій, бор, мідь, цинк, молібден і кобальт були у рослинах проса в надлишковій кількості. Підживлення мікроелементами не оптимізувало умови живлення за рядом елементів. Проте рослини відчували велику нестачу азоту, фосфору та бору – 10-15 одиниць.

Внесення органо-мінерального добрива у фазі кушіння на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$, впливаючи на спрямування та інтенсифікацію перебігу тих чи інших біохімічних процесів у рослині, стабілізувало живлення рослин. На цьому варіанті у дефіциті виявилися йод – 3,8 одиниць. Азот, сірка, кальцій та кобальт були у межах оптимуму. Підживлення мікроелементами у фазі стеблуння проса дозволило оптимізувати фосфорно-калійне живлення рослин, проте азот залишився у дефіциті. Також зберігалася нестача Mg і Ca. Мікроелементи в середньому були в надлишку.

Перенесення частини азотних добрив із основного внесення у підживлення ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) у фазі кушіння викликало появу надлишкового

вмісту у рослині фосфору, бору, міді, цинку, кобальту. Рослини за такої системи удобрення відчували серйозну нестачу кальцію (7 од.), магнію (7 од.), цинку (4 од.) та молібдену (8 од.). Покращило умови живлення у цьому варіанті позакореневе внесення органо-мінерального добрива. За внесення мікроелементів просо не відчувало їхнього дефіциту в період викидання волоті. Для оптимальних умов живлення не вистачало великої кількості фосфору (17 од.) та міді (6 од.).

Підсумовуючи отримані результати фотометричних вимірювань та порівнюючи їх із рівнем урожаю, виявлено, що для рослин проса більш визначальним є забезпечення оптимального живлення у період викидання волоті. Фаза стеблуння є не настільки критичною у плані впливу живлення на кінцеву продуктивність рослин. Найкращою системою удобрення в умовах виявилось роздільне внесення азотних добрив (45 кг/га д.р. в основне удобрення та 15 кг/га д.р. у підживлення в фазі стеблуння) на фоні $P_{60}K_{60}$.

Також, вочевидь, що позакореневе підживлення Браман мультікоплекс позитивним чином впливало на збалансування живлення рослин макро і мікроелементами, оскільки на всіх варіантах його використання значною мірою врівноважувало співвідношення елементів живлення у рослині, що є, безумовно, важливим фактором у формуванні продуктивності рослин

Висновки до розділу 6

1. Система удобрення істотно визначає рівень забезпечення рослин проса елементами живлення, що проявляється як у швидкості засвоєння, так і в динаміці накопичення макро- та мікроелементів у різні фази органогенезу.
2. Фаза стеблуння не є критичною для формування продуктивності, хоча в цей період рослини проса найінтенсивніше потребують макро- та мікроелементів. Однак, саме фаза викидання волоті виявилася вирішальною

для реалізації біологічного потенціалу взятого для дослідження сорту проса посівного, що підтверджується фотометричними даними реакції хлоропластів та кореляцією з урожайністю.

3. Внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) покращувало загальну забезпеченість азотом, фосфором і калієм у фазі стеблуння, але у фазі викидання волоті спостерігали суттєве зростання дефіциту азоту та фосфору, що свідчить про недостатність одноразового внесення та підвищені потреби культури в цей період.

4. Роздільне внесення азоту (N_{45} основне та N_{15} у підживлення) на фоні $P_{60}K_{60}$ виявилось найефективнішим підходом щодо забезпечення рослин азотом у критичний період викидання волоті. Цей варіант забезпечив азотом рослини проса посівного на період формування врожаю.

5. Позакореневе підживлення комплексним мікродобривом (Майстер Агро) у поєднанні з $N_{60}P_{60}K_{60}$ істотно покращувало забезпечення рослин мікроелементами (Mg, Zn, Mn, Mo, Co), але не повністю компенсувало дефіцит азоту, який залишався лімітуючим фактором.

6. Найбільш оптимальною та стабільною системою удобрення для проса в умовах дослідження виявилось роздільне внесення азоту ($N_{45} + N_{15}$) на фоні $P_{60}K_{60}$, яке в поєднанні з позакореневими підживленнями органічно-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) повністю забезпечувало рослини необхідними макро- і мікроелементами у фазі викидання волоті.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО ЗА РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Вітчизняним аграрним ринком просо традиційно розглядається переважно як страхова культура, що використовується для пересіву площ після загибелі озимих або за затримки весняних строків сівби [80, 89]. Однак за науково обґрунтованого підходу до формування технології вирощування та правильного підбору сортів ця культура здатна забезпечувати рентабельне виробництво на рівні 20–60% і навіть більше [4, 64]. Площі посіву проса в Україні суттєво різняться за роками: від понад 150 тис. га у 2020 р. до менш ніж 50 тис. га у наступні роки, що зумовлено як кон'юнктурними, так і кліматичними факторами [89, 90].

Розроблення нових або удосконалення існуючих елементів технології вирощування будь-якої сільськогосподарської культури потребує комплексної оцінки їх ефективності, яка не обмежується лише визначенням приросту врожаю [64, 117]. Оцінювання агротехнічних прийомів виключно за рівнем урожайності є недостатнім, оскільки поза увагою залишаються виробничі затрати, пов'язані із впровадженням відповідних заходів. Саме тому поряд з агротехнічною оцінкою необхідним є проведення економічного та біоенергетичного аналізу, що дає змогу визначити доцільність застосування досліджуваних агроприйомів та обрати найбільш раціональні варіанти технології [20, 50, 95].

Економічна ефективність характеризує співвідношення між вартістю одержаної продукції та витратами на її виробництво і дає можливість розрахувати прибуток, рентабельність та собівартість одиниці продукції – ключові показники для прийняття управлінських рішень у

сільськогосподарському виробництві [107]. Біоенергетична оцінка, у свою чергу, дозволяє встановити енергетичну окупність виробничих затрат через визначення коефіцієнта біоенергетичної ефективності, виходу енергії з урожаєм та питомих витрат енергії на одиницю продукції [188]. Комплексне використання обох підходів забезпечує всебічне обґрунтування оптимальних моделей технології вирощування культури [20].

7.1. Економічна оцінка вирощування проса за різних технологій вирощування

Проведення позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі кушіння за відсутності передпосівного оброблення насіння та без основного удобрення забезпечило підвищення вартості зібраного врожаю до 43375 грн/га у порівнянні до варіанту без підживлення, при цьому прибуток зріс до 29275 грн/га, а рентабельність становила 208 % (табл. 7.1). Значно чіткішим був ефект застосування підживлення органо-мінеральним добривом у фазі кушіння на фоні $N_{45}P_{60}K_{60}$ та внесення N_{15} : вартість продукції досягла 62625 грн/га, що на 12,3 % більше за варіант без підживлення, прибуток – 35893 грн/га (+18,8%), а рентабельність піднялась зі 118 до 134 %.

Підживлення у фазі викидання волоті на тих самих фонах удобрення формувало аналогічну тенденцію, але з менш вираженим позитивним ефектом. Зокрема, на фоні $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ вартість продукції становила 57125 грн/га, прибуток – 30496 грн/га, рентабельність – 115 %. Мінімальне значення рентабельності серед варіантів без оброблення насіння спостерігалось за поєднання $N_{60}P_{60}K_{60}$ та Майстер агро із підживленням у фазу викидання волоті – лише 98 %.

Таблиця 7.1

Показники економічної ефективності* вирощування проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр.

Удобрєння	Без підживлення					Підживлення у фазі куцїння					Підживлення у фазі викидання волотї				
	1**	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Без оброблення насїння															
Без добрив (контроль)	42125	13552	4021	28573	211	43375	14100	4063	29275	208	42500	14648	4308	27852	190
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	54625	25366	5805	29259	115	56000	25914	5784	30086	116	55125	26352	5976	28773	109
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	52750	26070	6178	26680	102	54500	26508	6080	27992	106	53625	27056	6732	26569	98
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	55750	25531	5724	30219	118	62625	26732	5336	35893	134	57125	26629	5827	30496	115
Оброблення насїння препаратом Азогран															
Без добрив (контроль)	4450	13558	3808	30942	228	46000	14106	3833	31894	226	44875	25807	7189	19068	74
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	55250	25372	5740	29878	118	56250	25920	5760	30330	117	55500	26357	5936	29143	111
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	53375	25801	6042	27674	107	56000	26349	5881	29651	113	53875	26786	6215	27089	101
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	56000	25537	5700	30463	119	63500	25920	5102	37580	145	57750	26467	5729	31283	118

*Примїтка: *розраховано за цїнами 2025 р. **1 – загальнї витрати, тис. грн/га; 2 – вартїсть урожаю, тис. грн/га; 3 – собївартїсть зерна, тис. грн/т; 4 – прибуток, тис. грн/га; 5 – рївень рентабельностї, %.*

Передпосівне оброблення насіння Азогран у варіантах без удобрення і без підживлення забезпечило вартість продукції на рівні 4450 грн/га, прибуток – 30942 грн/га, рентабельність – 228 %, що перевищувало відповідний контроль без передпосівного оброблення насіння (211 %). Зростання рентабельності навіть за відсутності мінерального живлення може пояснюватись стимулюючим впливом бактерій *Azospirillum brasilense*, що входять до складу препарату, на ризосферну активність та азотне забезпечення рослин проса. На варіантах із застосуванням удобрення передпосівне оброблення насіння Азогран також сприяло покращенню економічних результатів. За норми $N_{60}P_{60}K_{60}$ вартість продукції становила 55250 грн/га (порівняно 54625 грн/га без передпосівного оброблення насіння), прибуток – 29878 грн/га, рентабельність – 118 %. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та Майстер агро прибуток досяг 27674 грн/га, а рентабельність підвищилась до 107 %.

Максимальний економічний ефект у досліді одержано за комплексного застосування передпосівного оброблення насіння Азогран, удобрення $N_{45}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у підживлення та позакореневого підживлення Браман мультикомплекс у фазі кущіння. Вартість валової продукції у цьому варіанті становила 63500 грн/га, що на 50,8 % перевищило абсолютний контроль. Прибуток виявився найвищим серед усіх досліджуваних комбінацій – 37580 грн/га (+31,5 % до контролю), рентабельність досягла рівня 145 %. Одержані дані вказують на виражений синергізм біологічної стимуляції кореневої системи та збалансованого мінерально-мікроелементного живлення рослин. Аналогічні результати отримані іншими дослідниками [47], які стверджують, що витрати на придбання препарату Азогран та бактеризацію насіння становлять близько 3-5% від загальних витрат на вирощування проса, проте забезпечують підвищення рентабельності виробництва на 12–18 %.

Підживлення у пізнішу фазу – викидання волоті – на фоні передпосівного оброблення насіння Азогран формувало менший приріст

показників. За удобрення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ вартість продукції становила 57750 грн/га, прибуток – 31283 грн/га, рентабельність – 118 %. Найнижча рентабельність серед варіантів з обробленням насіння Азогран спостерігалась за позакореневого підживлення у фазі викидання волоті у варіанті без добрив – 74 %, що зумовлено різким збільшенням повної собівартості (25807 грн/га) при собівартості зерна 7189 грн/т за порівняно невисокої вартості продукції (44875 грн/га).

Отже, проведені розрахунки засвідчили, що найбільш економічно обґрунтованою технологією вирощування проса посівного є поєднання передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран із внесенням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ та позакореневим підживленням мультикомплексом Браман у фазі кущіння. Цей варіант забезпечив найвищий прибуток – 37580 грн/га, максимальну вартість зібраного врожаю – 63500 грн/га та рентабельність на рівні 145 %, що підтверджує доцільність комплексного підходу до формування технології, який поєднує біологічну та хімічну складові живлення рослин.

7.2. Біоенергетична оцінка вирощування сої за різних технологій вирощування

Поряд із економічною оцінкою важливим критерієм раціональності агротехнічних рішень є біоенергетична ефективність, яка відображає співвідношення між витратами енергії на вирощування та обсягом енергії, акумульованої в одержаному врожаї. Результати розрахунків показали, що насичення технології вирощування проса додатковими елементами закономірно супроводжувалось збільшенням сукупних енерговитрат, проте тенденції зміни виходу енергії з отриманим урожаєм та коефіцієнта біоенергетичної ефективності (K_{ee}) істотно залежав від конкретної комбінації досліджуваних факторів (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Показники біоенергетичної ефективності вирощування проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2023–2025 рр.

Удобрєння	Без підживлення				Підживлення у фазі кушіння				Підживлення у фазі викидання волоті			
	1*	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Без оброблення насіння												
Без добрив (контроль)	8825	55437	2620	6,28	9003	57082	2590	6,34	8878	55930	2610	6,30
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17370	71887	3970	4,14	18026	73696	4020	4,09	17901	72545	4060	4,05
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	17353	69419	4110	4,00	18063	74722	4140	3,97	17938	70571	4180	3,93
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	17830	73367	4000	4,11	19271	82415	3850	4,28	18486	75177	4050	4,07
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (контроль)	9406	58562	2640	6,23	9619	60536	2610	6,29	9458	59056	2630	6,24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	17700	72709	4000	4,11	18303	74025	4070	4,04	18196	73038	4100	4,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	17683	70242	4140	3,97	18518	73696	4130	3,98	18215	70900	4230	3,89
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	18107	73696	4040	4,07	19637	83566	3870	4,26	18617	75999	4070	4,04

Примітка: *1 – всього витрат на 1 га, МДж; 2 – вихід енергії з урожаєм, МДж/га;

3 – витрати енергії на створення 1 т продукції, МДж; 4 – Кеє.

У варіантах без застосування передпосівного оброблення насіння та без позакореневого підживлення і застосування мінеральних добрив обумовлювала зростання сукупних енерговитрат із 8825 МДж/га (контроль без застосування добрив) до 17353–17830 МДж/га, тобто у 1,97–2,02 рази. Вихід енергії з урожаєм при цьому збільшувався з 55437 до 69419–73367 МДж/га (на 25,2–32,3 %). Енерговитрати на виробництво 1 т зерна зросли з 2620 до 3970–4110 МДж (на 51,5–56,9 %). Значення K_{ee} знизилось із 6,28 на контролі до 4,00–4,14, що пояснюється значною енергоємністю виробництва та транспортування мінеральних добрив. В той же час навіть у найбільш енерговитратному варіанті K_{ee} перевищував 3,5, що підтверджує енергетичну обґрунтованість усіх досліджуваних систем удобрення.

Позакореневе підживлення Браман у фазі кушіння без застосування позакореневого оброблення насіння обумовлювало порівняно незначне зростання сукупних витрат енергії – на 178–1441 МДж/га (2,0–8,1 %) відносно варіантів без підживлення. Натомість вихід енергії з урожаєм збільшувався на 1645–9048 МДж/га (1,5–12,3 %). Найпомітніший приріст акумульованої енергії було отримано на фоні $N_{45}P_{60}K_{60}$ та N_{15} у підживлення: вихід енергії сягав 82415 МДж/га (+12,3 % порівняно з варіантом без підживлення). Показник K_{ee} за підживлення у фазі кушіння коливались у межах 3,97–6,34, перебуваючи майже на рівні показників контрольних варіантів.

Проведення підживлення у пізнішу фазу – викидання волоті – на фоні варіанта без застосування передпосівного оброблення насіння формувало значно менший приріст енергетичних показників.

Збільшення сукупних витрат становило лише 53–656 МДж/га (0,3–3,7%), вихід енергії з урожаєм зростав на 493–1810 МДж/га (0,7–2,5 %). K_{ee} у цих варіантах коливався від 3,93 до 6,30, що було дещо нижче, ніж за підживлення у фазі кушіння.

Передпосівне оброблення насіння Азогран у варіанті без застосування основного удобрення та без позакореневого підживлення підвищувало сукупні енерговитрати до 9406 МДж/га (+6,6 % порівняно з 8825 МДж/га на необроблювальному контролі), що пов'язано з додатковими енергетичними затратами на виробництво і застосування біопрепарату.

При цьому вихід енергії з урожаєм зріс до 58562 МДж/га (+5,6 %). Енерговитрати на 1 т зерна становили 2640 МДж, а K_{ee} – 6,23, практично не відрізняючись від необроблювального варіанту (6,28).

У варіантах із удобренням застосування передпосівного оброблення насіння Азогран обумовлювало додаткове зростання сукупних витрат на 277–347 МДж/га (1,6–2,0 %) порівняно з відповідними варіантами без оброблення насіння, а вихід енергії збільшувався на 329–822 МДж/га (0,5–1,2 %). Показники енерговитрат на одиницю продукції та K_{ee} залишались на рівні контрольних варіантів без інокуляції.

Максимальний вихід енергії з урожаєм серед усіх досліджуваних варіантів зафіксовано за поєднання передпосівного оброблення насіння, удобрення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ та підживлення у фазі кушіння – 83566 МДж/га, що на 50,7 % (28129 МДж/га) перевищило контроль. Сукупні енерговитрати за цього варіанту становили 19637 МДж/га, витрати на 1 т зерна – 3870 МДж, а K_{ee} досяг 4,26 – найвищого значення серед варіантів із повним мінеральним удобренням. Це засвідчує високу біоенергетичну віддачу від інтеграції біологічної інокуляції з оптимізованим мінерально-мікроелементним живленням.

Підживлення у фазі викидання волоті у варіантах із передпосівним обробленням давало менший приріст енергетичних показників. За удобрення $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ вихід енергії з урожаєм становив 75999 МДж/га, витрати на 1 т зерна – 4070 МДж, K_{ee} – 4,04. Слід відзначити, що одним із найвищих значень K_{ee} у досліді характеризувався варіант без добрив з передпосівним обробленням насіння і підживленням у фазі викидання волоті – 6,24, що

пояснюється мінімальними сукупними енерговитратами (9458 МДж/га) за достатньо високого виходу енергії (59056 МДж/га).

Отже, біоенергетичний аналіз технології вирощування проса посівного у середньому за 2023–2025 рр. підтвердив доцільність комплексного застосування передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневого підживлення мультикомплексом Браман (2 л/га). У всіх досліджуваних варіантах значення K_{ee} перевищувало 3,5, що свідчить про високу енергетичну окупність виробничих затрат. Найкращі біоенергетичні параметри забезпечило поєднання передпосівного оброблення насіння з мінеральним удобренням $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ та підживленням у фазі кушіння ($K_{ee} = 4,26$; вихід енергії з урожаєм – 83566 МДж/га).

Висновки до розділу 7

1. Найвищу економічну ефективність вирощування проса посівного у середньому за 2023–2025 рр. забезпечило поєднання передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран, застосуванням мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ та позакореневого підживлення мультикомплексом Браман (2 л/га) у фазі кушіння: прибуток становив 37580 грн/га, вартість валової продукції – 63500 грн/га, за рівня рентабельності 145%.

2. За біоенергетичними показниками найбільш ефективною виявилась та сама комбінація агрозаходів, яка забезпечила максимальний вихід енергії з урожаєм (83566 МДж/га) та K_{ee} на рівні 4,26 за збільшення сукупних енерговитрат лише на 10,2 %, порівняно з варіантом без інокуляції та підживлення. У всіх варіантах досліджуваного K_{ee} перевищував 3,5, що підтверджує енергетичну обґрунтованість досліджуваних технологічних рішень.

Основні результати досліджень за даним розділом опубліковано в науковій праці [31].

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування та практичне вирішення питання оптимізації технології вирощування проса посівного шляхом удосконалення системи удобрення, передпосівного оброблення насіння біопрепаратом Азогран та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс. Отримані результати дають змогу зробити такі висновки:

1. Передпосівне оброблення насіння проса біопрепаратом Азогран забезпечувало підвищення польової схожості на 1,8 % та збереженості рослин на 0,9 %. Внесення азоту у два прийоми ($N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$) обумовлювало зростання польової схожості на 5,3 % порівняно з варіантами без добрив. Збереженість рослин до господарської стиглості на удобрених варіантах становила 90,5–90,6 % за показників на контролі 91,8 %.

2. Встановлено тісну залежність тривалості міжфазних періодів від гідротермічних умов: пряму – від середньодобової температури повітря ($r=0,965$) та суми активних температур понад 10 °C ($r=0,974$), обернену – від кількості опадів ($r=-0,803$). Розроблені математичні моделі лінійної регресії ($R^2=74,1-99,8$ %) дозволяють прогнозувати тривалість періоду вегетації залежно від гідротермічних умов.

3. Застосування $N_{60}P_{60}K_{60}+$ Майстер агро забезпечило найвищі біометричні показники: висота рослин сягала 133,3 см, приріст надземної маси становив 47,5 % у фазі стеблуння, 28,4 % – у фазі викидання волоті та 21,9 % – у фазі дозрівання, порівняно з показниками на варіантах без добрив. Передпосівне оброблення насіння Азогран забезпечувало стабільний позитивний ефект та накопичення біомаси на рівні 1,6–10,0 %.

4. Максимальні показники фотосинтетичної продуктивності отримано на варіанті $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ за передпосівного оброблення насіння Азогран та позакореневого підживлення Браман мультикомплекс у фазі куціння: індекс

листяної поверхні становив $7,60 \text{ м}^2/\text{м}^2$, чиста продуктивність фотосинтезу – $9,2 \text{ г}/\text{м}^2$ за добу, інтенсивність накопичення сухої речовини – $43,03 \text{ г}/\text{м}^2/\text{добу}$.

5. Роздільне внесення азоту ($\text{N}_{45}+\text{N}_{15}$) на фоні $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ сприяло кращому забезпеченню ним рослин проса на період їх генеративного розвитку. Внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ призводило до суттєвого дефіциту азоту та фосфору у фазі викидання волоті. Найбільш оптимальною та стабільною системою удобрення для проса було роздільне внесення азоту ($\text{N}_{45}+\text{N}_{15}$) на фоні $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, яке в поєднанні з позакореновими підживленнями органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) повністю забезпечувало рослини необхідними макро- і мікроелементами у фазі викидання волоті.

6. На варіанті, який забезпечив формування максимальної врожайності, довжина волоті становила 29,8 см, кількість зерен у волоті – 624 шт., маса зерна у волоті – 6,01 г, порівняно з показниками на контрольному варіанті 26,0 см, 410 шт. та 3,28 г відповідно.

7. Рівень врожайності проса значно залежав від елементів структури врожаю - довжина волоті та кількість гілочок у ній мали середній прямий вплив ($r=0,485, 0,649$ і $0,608$), тоді як маса волоті, кількість зерен та маса зерна з неї – сильний прямий вплив ($r=0,798, 0,876$ і $0,835$).

8. Найвищу врожайність проса посівного ($5,08 \text{ т}/\text{га}$) у середньому за роки досліджень забезпечувало застосування мінеральних добрив у нормі $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}+\text{N}_{15}$, передпосівне оброблення насіння біопрепаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння) та позакоренове підживлення Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі куцїння, що перевищувало контрольний варіант без проведення вказаних агрозаходів на 150,7 % ($3,37 \text{ т}/\text{га}$).

9. У середньому за роки досліджень у формуванні приросту врожаю вплив мінеральних добрив становив 71,4 %, передпосівне оброблення насіння – 6,7 %, позакоренового підживлення рослин – 9,5 % та погодні умови – 7,6 %.

10. Встановлено компенсаторний ефект між вмістом білка та крохмалю у зерні проса. Найвищий вміст білка (11,1 %) отримано на варіанті зі внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$, обробленням насіння біопрепаратом Азогран та позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі викидання волоті. Оптимальне поєднання біохімічних показників (білок – 10,9 %; жир – 3,46 %; клітковина — 6,47 %; крохмаль – 57,5 %) забезпечувало роздільне внесення азоту $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ за сівби насінням, обробленим препаратом Азогран та підживленням органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс у фазі куціння.

11. Максимальний рівень рентабельності (145 %) відмічали на варіанті, який передбачав внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$, передпосівне оброблення насіння препаратом Азогран та позакоренево підживлення рослин у фазі куціння органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) з прибутком 37580 грн/га та вартістю валової продукції 63500 грн/га.

12. За біоенергетичними показниками ця ж комбінація застосованих агрозаходів забезпечила максимальний вихід енергії з урожаєм 83566 МДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності 4,26 за збільшення сукупних енерговитрат лише на 10,2 %.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на темно-сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті, для досягнення врожайності 5,08 т/га з підвищеними показниками якості зерна, отримання прибутку 37580 грн/га за рівня рентабельності 145 %, виходу енергії з урожаєм 83566 МДж/га та коефіцієнта енергетичної ефективності 4,26 технологія вирощування проса посівного має передбачати комплекс агрозаходів:

- внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ з перенесенням частини азоту у підживлення (N_{15}) у фазі кущення.

- проведення передпосівної бактеризації насіння комплексним біопрепаратами на основі бактерій *Azotobacter vinelandii* та *Bacillus subtilis*.

- проведення позакореневого підживлення рослин органо-мінеральним добривом, яке містить необхідні для їх росту і розвитку макро- та мікроелементи у легкодоступній формі (N – 190 г/л, P_2O_5 – 68 г/л, K_2O – 42 г/л, SO_3 – 30 г/л, Fe – 6 г/л, Cu – 7,5 г/л, Zn – 8,5 г/л, B – 6 г/л, Mn – 6 г/л, Co – 0,04 г/л, Mo – 0,1 г/л).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверчев, О. В., Нікітенко, М. П. Аналіз виробництва проса в Україні [Монографія]. ХДАЕУ, 2021, 735 с.
2. Адамчук В. В., Гадзало Я. М., Роїк М. В. та ін. Технології вирощування сільськогосподарських культур та особливості проведення весняно-польових робіт для отримання врожаю в умовах 2025 року (науково-практичні рекомендації для зони Степу) / Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2025. 100 с. DOI: 10.31867/02
3. Адаптаційні стратегії та оптимізація продуктивності круп'яних культур в умовах кліматичних змін Правобережного Лісостепу: науково-методичні рекомендації /В.Ф. Камінський та ін. Вінниця: ТВОРИ, 2025. 48 с.
4. Актуальні проблеми використання та охорони ґрунтів України/ за ред. С.А. Балюка, І.П. Яцука. Київ: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2019. 104 с.
5. Агробіологічні та екологічні основи насіннізнавства проса: [монографія : в 2 ч.] / [Полторецький С. П. та ін.] ; за ред. д-ра с.-г. наук С. П. Полторецького. Умань : Сочінський М. М. [вид.], 2016. 254 с
6. Бабич А. О., Побережна А. А. Просо: біологія, технологія, використання. Київ: Урожай, 1994. 272 с.
7. Баклан В.О. Ріст, розвиток та продуктивність проса залежно від густоти стояння рослин : кваліфікаційна робота. Дніпро : ДДАЕУ, 2023. 72 с.
8. Бутенко А. О., Дацько О. М., Ставицький А. А., Шандра С. В. Продуктивність проса залежно від норми висіву та системи удобрення в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Зрошуване землеробство. 2025. Вип. 84. С. 28–34. DOI: 10.32848/0135-2369.2025.84.4
9. Барченко В.О. Технології вирощування проса в Україні. Зерно і корми. 2018. Вип. 1. С. 20–22.
10. Бахмат О.М., Черевична Н. І. Методичні рекомендації з екологічного випробування зернових та круп'яних культур в умовах змін клімату. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДАТУ», 2024.
11. Берей Г. Г., Коваленко Н. П. Ефективність мінеральних добрив під просо в умовах Правобережного Лісостепу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2020. Вип. 316. С. 56–65.
12. Беленєхіна А.В. Особливості формування врожайності та якості зерна сучасними сортами проса залежно від елементів технології

вирощування у зоні нестійкого зволоження: автореферат дисертації ... кандидата с.-г. наук : 06.09.09. Дніпропетровськ, 2013. 20 с.

13. Беленіхіна А.В., Костромітін В.М. Сортовивчення проса посівного за екологічною стабільністю і пластичністю. Сортовивчення та сортознавство. 2014. № 106. С. 141–147. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42143>

14. Беленіхіна А.В., Костромітін В.М., Музафаров І.Г. Фактори підвищення урожайності проса: дослідження. Агробізнес сьогодні. 2012. № 6. С. 28–30.

15. Біла Ю. Г., Прядко В. М. Оптимізація азотних підживлень проса в лісостеповому регіоні. Агробіологія. 2018. № 1. С. 89–97.

16. Білик М.П. Реакція проса на метеорологічні фактори у фазах розвитку. Plant Physiology and Genetics. 2015. Т. 47, № 2. С. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.03.05>

17. Бобунов О.Ю., Мідик С.В., Хижан О.І., Ковшун Л.О. Моніторинг елементного складу ґрунтів України. Наукові доповіді НУБіП України. 2023. № 4 (104). С. 11-21. [https://doi.org/10.31548/dopovid1\(101\).2023.001](https://doi.org/10.31548/dopovid1(101).2023.001)

18. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Тимченко В. М. Сівозміни і продуктивність проса. Київ: Аграрна наука, 2016. 218 с.

19. Бойко П.І., Присяжнюк О.І. Економічна ефективність вирощування культур агроценозу. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2020. № 28. С. 93–99. DOI: 10.47414/np.28.2020.211063.

20. Бриченко Ю.В., Горбенко В.О., Гончаренко Л.В. Проблеми та перспективи вирощування проса в Україні. Науковий вісник Національної академії аграрних наук України. 2020. Вип. 2. С. 17–22.

21. Буткевич В. В., Василенко О. М. Роль азоту, фосфору та калію у живленні проса посівного. Зрошуване землеробство. 2015. Вип. 64. С. 74–81.

22. Вдовенко С. А., Любич В. В. Вплив мінерального живлення на технологічні якості зерна проса. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 2. С. 280–288.

23. Вовкодав В.В. Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури). 2001. Вип. 2. Київ. 244 С.

24. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

25. Шувар, І.А., Беген, Н.М. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Львів: Новий Світ – 2000. 2013. 248 С.
26. Вожегова Р.А., Мельник М.А., Малярчук М.П. та ін. Агротехнологічні особливості вирощування озимих та ярих культур у посушливих умовах Південного Степу: науково-методичні рекомендації. Херсон: Ай-лант, 2013. 39 с.
27. Волкодав В. В., Паламарчук І. І. Система добрив у сівозмінах Правобережного Лісостепу України. Вінниця: Нова книга, 2015. 312 с.
28. Галаєв О. С., Осадчий А. В. Ефективність мінерального удобрення проса на сірому лісовому ґрунті в умовах Хмельницької області. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2021. Вип. 35. С. 14–23.
29. Гамаюнова В.В., Шевель В.І. Вплив біопрепаратів на фотосинтетичний потенціал та чисту продуктивність фотосинтезу проса в Північному Степу. Таврійський науковий вісник. 2020. № 116. С. 110–118. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.18>
30. Гірська І.І., Кушнір І.В., Петрушка Н.І. Використання біопрепаратів в технології вирощування проса. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2019. Вип. 3. С. 120–126.
31. Гладкіх Є.Ю., Лопушняк В.І. Ефективність застосування мікродобрив на посівах зернових культур. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 69 (1). С. 25–38. DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-2-1
32. Голик В. С. Винос НРК просом з одиницею врожаю зерна. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2016. № 1. С. 33–38.
33. Голодна А.В., Гордієнко М.В. Економічна ефективність вирощування проса в правобережному Лісостепу України. *Integration of Science, Technology and Education: Conference Proceedings*. San Francisco: Golden Quill Publishing, 2026. P. 76–79. DOI: 10.64076/GQP-26.02.2026.008.
34. Голодна А.В., Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В. Надземна маса та облиственність рослин проса посівного залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва с.-г. культур: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Полтава: ПДАУ, 2024. С. 81–84.
35. Голодна А.В., Любчич О.Г., Ремез Г.Г., Столяр О. О., Любчич О.Я. Стан та перспективи вирощування нішевих культур в Україні.

Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 1 (7). С. 5–13. DOI: 10.54651/agri.2023.01.01.

36. Голодна А.В., Гордієнко М.В. Фотосинтетична діяльність посівів проса залежно від технології вирощування у Правобережному Лісостепу. Агроєкологічний журнал, 2026. № 2. С. 167-177. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2026.359718>

37. Гордієнко М.В. Вплив передпосівного оброблення насіння на польову схожість та ступінь збереженості рослин проса посівного. Інноваційні екологічнобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану: матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. Київ–Сквира, 2024. С. 26–27.

38. Гордієнко М.В. Індекс листової поверхні проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. Міжнародна наукова конференція «Сучасне і майбутнє систем землеробства». Чабани. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2025. С. 89–93.

39. Гордієнко М.В. Облистненість та площа листової поверхні рослин проса посівного залежно від варіантів удобрення та оброблення насіння. Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С. 113–115.

40. Гордієнко М.В. Продуктивність проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва: матеріали XVI міжнар. наук.-практ. конф. Чабани, 2025. С. 54–56.

41. Гордієнко М.В., Грищенко Р. Є. Тривалість міжфазних періодів та вегетації проса залежно від погодних умов у Правобережному Лісостепу. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2025. Вип. 3 (17). С. 49–56. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.03.05>.

42. Гордієнко М.В., Грищенко Р.Є. Елементи структури врожаю та врожайність проса залежно від технології вирощування в Правобережному Лісостепу. 2025. Збалансоване природокористування, 2026. №1. С. 84-90. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2026.359983>.

43. Господаренко Г.М. Агрохімія: підручник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 288 с.

44. Господаренко Г.М. Агрохімія : підручник. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

45. Гринь Г. С., Павленко В. Д. Значення калію для стійкості проса до посухи та хвороб. Захист і карантин рослин. 2020. Вип. 66. С. 74–82.

46. Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В. Ефективність підживлень у формуванні врожаю проса звичайного в Правобережному Лісостепу. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2025. Вип. 2 (16). С. 82–90. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.09>
47. Грищенко Р.Є., Любчич О.Г., Глієва О.В. Формування елементів структури врожаю проса залежно від системи удобрення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2016. С. 59–68.
48. Гуляєв Б. І. Фотосинтез, продукційний процес і продуктивність рослин. Київ: Наукова думка, 1989. 151 с.
49. Дворецька С.П., Любчич О.Г., Шевчук М.І. Вплив комплексного застосування біопрепаратів на морфометричні показники та продуктивність рослин. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2025. Вип. 2 (16). С. 42–46. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.05>.
50. Дем'янюк О.С., Терновій Ю.В. Трансформація кліматичних умов Лісостепу України під впливом глобального потепління. Сільськогосподарська мікробіологія. 2020. № 31. С. 44–53.
51. Денисенко О.О., Приймак М.В. Аналіз стану вирощування проса в Україні та шляхи його розвитку. Економіка та управління аграрним виробництвом. 2019. Вип. 4. С. 25–30.
52. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>.
53. Драган М.І., Грищенко Р.Є., Любчич О.Г., Вовкотруб М.О. Особливості технології вирощування круп'яних культур. Збірник наукових праць ІЗ УААН. 2004. Вип. 2–3. С. 3–6.
54. Драган М.І., Любчич О.Г. Роль агротехнічних заходів у технології вирощування проса. Вісник Донецького національного університету. 2009. Вип. 1. С. 548–550.
55. Драган М.І., Любчич О.Г., Крупельницька І.М. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса у Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2003. № 9. С. 23–27.
56. Дробот В.І., Сільченко М.С. Використання пшона у виробництві хліба оздоровчого призначення. Харчова наука і технологія. 2014. № 3. С. 34–38. <https://doi.org/10.15673/fst.v10i4.249>
57. Дрокіна Т. О. Динаміка засвоєння елементів мінерального живлення просом у фази вегетації. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2019. Вип. 2. С. 103–112.

58. ДСТУ4115-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. Чинний від 2003 – 01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 9 с. (Державний стандарт України).

59. Дубицький О.Л., Дубицька А.О., Качмар О.Й. та ін. Вплив біологізованих систем удобрення на чисту продуктивність фотосинтезу та зернову продуктивність пшениці озимої. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2023. Вип. 74 (2). [https://doi.org/10.32636/agroscience.2025-\(4\)-2-3](https://doi.org/10.32636/agroscience.2025-(4)-2-3)

60. Дудар О. Т., Поліщук І. С. Вплив повного мінерального добрива НРК на урожайність проса сорту Міріаде. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 114. С. 48–55.

61. Економічне обґрунтування вирощування соняшнику залежно від удобрення. Агрономія сьогодні. 2022.

62. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костоґриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця: Едельвейс і К, 2014. 332 с.

63. Жужанна Івані-Сентендре. Підвищення стійкості до зміни клімату сільськогосподарського сектору Півдня України, Угорщина. Жовтень, 2015. С. 5–7.

64. Журавель В.В. Зміна кліматичних умов в Україні та її вплив на сільськогосподарське виробництво. АгроЕліта. 2020. № 3. С. 18–21.

65. Заїка В. В., Полторецький С. П. Вплив норм і співвідношень елементів живлення на урожайність проса в умовах Правобережного Лісостепу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2021. Вип. 330. С. 78–89. <https://doi.org/10.31031/bnusing.2019.1.25>.

66. Захарченко М.А., Пасічник І.О., Бондар М.М. Вплив бактеріального препарату Азогран на біохімічний склад зерна проса. Наукові праці НУХТ. 2023. Т. 29, № 1. С. 210–216. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2023-29-1-24>.

67. Захарченко О.В., Петренко В.М., Іванова Т.В. Вплив передпосівної обробки насіння проса біопрепаратами на його польову схожість. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 2. С. 36–42. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.9>

68. Захарченко О.В., Сухомуд О.Г., Любич В.В. Оптимізація параметрів передпосівної обробки насіння проса бактеріальним препаратом Азогран. Агрономія. 2023. № 2. С. 97–104.

69. Зборовська О. В., Коваленко С. Д. Інтегрована система удобрення проса: мінеральні та органічні добрива в системі сівозміни. Землеробство. 2021. Вип. 1. С. 44–53. <https://doi.org/10.31073/zemlerobsto202101-05>.
70. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: підручник./ за ред. О. І. Зінченка. Київ : Аграрна освіта, 2001. 398 с.
71. Зінченко О.І., Коротєєв А. В., Каленська С.М. Г.І. Демидась, Петриченко В. Ф., Салтаненко В. Н., Федорчук М. І., Ткачук В. М., Білоножко М.А. Рослинництво : практикум / за ред. О. І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 136 с.
72. Зуб Ю.І., Калюжна В.І., Колесник С.В. Агротехнічні заходи та виробничі фактори вирощування проса. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ, 2018. Вип. 1. С. 47–53.
73. Іванов С.В. Продовольча безпека України в умовах сучасних викликів: монографія. Одеса: ДУ «ІРЕЕД НАНУ», 2023. 291 с.
74. Іванченко В.О., Марчук О.О., Василенко М.Г. Інтенсивність фотосинтезу рослин проса за дії бактеріальних препаратів. Вісник аграрної науки. 2021. № 4. С. 65–71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-09/>
75. Іванченко В.О., Мельник П.С., Ковальчук Т.М. Вплив бактеріологічного препарату Азогран на посівні якості насіння проса. Вісник аграрної науки. 2018. № 3. С. 24–29.
76. Іванченко О.А., Яворов В.М., Жемела Г.П. Ефективність поєднання Азограну з іншими біологічними препаратами при вирощуванні проса. Агрохімія і ґрунтознавство. 2022. Вип. 93. С. 75–82. <https://doi.org/10.31073/acss93-08>.
77. Іллященко Г. Д., Кушніренко Л. О. Калій у системі живлення проса на різних типах ґрунтів. Агрохімія і ґрунтознавство. 2019. Спец. вип. С. 130–133.
78. Каленська С. М. Моделі агрофітоценозів озимого тритікале і їх оптимізація. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ, 2000. № 31. С. 65–71.
79. Каленська С.М., Дмитришак М.Я., Демидась Г.І. та ін. Рослинництво з основами кормовиробництва: підручник. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2014. 650 с.
80. Каленська С.М., Новицька Н.В. Агрокліматичне забезпечення продуктивності польових культур в умовах Правобережного Лісостепу. Рослинництво та ґрунтознавство. 2019. № 10. С. 12–21. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.012>.

81. Каленська С.М., Таран В.Г., Мазур О.В. Системи удобрення сільськогосподарських культур. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2019. 478 с.
82. Каленська С.М., Черній В.П. Передумови органічного вирощування проса. Органічне виробництво і продовольча безпека: зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир: О.О. Євенок, 2016. С. 286–291.
83. Калетнік Г. М., Мазур В. А., Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграс) для умов Лісостепу Правобережного: монографія. Вінниця : ВНАУ, 2020. 212 с.
84. Камінський В. Ф., Глієва О. В. Площа листкового апарату та фотосинтетична продуктивність посівів проса за різних рівнів мінерального живлення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2014. Вип. 3. С. 79–84.
85. Камінський В. Ф., Приймаченко В. М. Азотне живлення проса та його вплив на формування врожаю. Землеробство. 2014. Вип. 1. С. 62–69.
86. Камінський В.Ф., Глієва О.В. Продуктивність та якість зерна проса за різних рівнів удобрення. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». 2015. Вип. 1. С. 63–71.
87. Карасевич І. В. Оцінка врожаю проса залежно від використання різних добрив. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія. 2017. Вип. 42. С. 112–117.
88. Карпенко В. П., Дацько Л. В., Кравець І. С. Екологічна оцінка застосування бактеріальних препаратів у технології вирощування проса. Землеробство. 2023. № 2. С. 26–33.
89. Карпенко В. П., Марчук І. У., Павленко В. П. Активність ферментів антиоксидантного захисту в рослинах проса за дії мікробіологічних препаратів. Агроєкологічний журнал. 2021. № 2. С. 112–118. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021>.
90. Карпенко О. Ю., Лемішко С. М., Жуйков О. Г. Структура врожаю проса залежно від застосування біопрепаратів. Агрономія. 2022. № 2. С. 81–88.
91. Кващук О. В. Сучасні індустріальні технології вирощування круп'яних культур: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2008. С. 95–148.
92. Кващук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування круп'яних культур. Кам'янець-Подільський: Абетка, 2008. 243 с.

93. Квашук О. В., Сучек М. М., Хоміна В. Я., Пастух О. Д. Круп'яні культури. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 288 с.
94. Квашук О.В. Якість насіння проса залежно від умов та року вегетації культури. Новітні технології вирощування біоенергетичних культур. Збірник наукових праць ІБКІЦБ НААН. Київ, 2021. Вип. 2. С. 45-51. <https://doi.org/10.47414/be.2.2023.290624>.
95. Кисляченко М. В., Ганженко О. М. Вирощування проса прутоподібного (*Panicum vilgatum* L.) як енергетичної культури в умовах Лісостепу. Біоенергетика. 2015. Т. 2 (6). С. 24–27.
96. Кірізій Д. А. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. Фізіологія рослин і генетика. 2021. Т. 53, № 2. С. 160–184. <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160>.
97. Кобилецька М. С., Романюк Н. Д., Пацула О. І., Терек О. І., Баранов В. І., Мамчур О. В. Фізіологія та біохімія рослин: підручник. Т. 1. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2023. 372 с.
98. Кобилецька М. С., Терек О. І. Біохімія рослин: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2017. 269 с.
99. Коваленко П. В., Лисенко В. М., Сорока А. І. Ефективність азотфіксації асоціативними мікроорганізмами у ризосфері проса. Агрохімія і ґрунтознавство. 2018. Вип. 87. С. 82–88.
100. Ковальчук Г. М., Дем'яненко С. І., Захарчук О. В. Економічна ефективність застосування бактеріальних препаратів при вирощуванні проса. Економіка АПК. 2022. № 4. С. 65–71. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.2022.04.065>.
101. Ковальчук І. П. Вегетаційний період основних сільськогосподарських культур у змінних кліматичних умовах України. АгроСвіт. 2021. № 6. С. 22–27. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.6.22>.
102. Ковальчук Т. М., Гораш О. С., Климишена Р. І. Порівняльна ефективність різних способів застосування Азограну при вирощуванні проса. Вісник аграрної науки. 2021. № 5. С. 45–52. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-06>.
103. Ковальчук Т. М., Сорока В. І., Ткаченко М. А. Вплив Азограну на фотосинтетичний апарат рослин проса. Агроекологія. 2020. № 1. С. 45–52. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201267>.
104. Ковальчук Т. М., Федорчук М. І., Войтовська В. І. Водний режим рослин проса за дії мікробіологічних препаратів в умовах посухи.

Землеробство. 2020. № 2. С. 18–25.
<https://doi.org/10.31073/zemlerobstvo202002-03>.

105. Компанієць В. О., Желязков О. І., Кулик А. О. Методика енергетичної оцінки ефективності технологій виробництва зерна. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН. 2014. № 6. С. 118–124.

106. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'ельдаля : ДСТУ ISO 5983:2003. (ISO 5983:1997, IDT).

107. Корми для тварин. Визначення вмісту калію і натрію. Методи з використанням полуменево-емісійної спектроскопії : ДСТУ ISO 7485:2003. (ISO 7485:2000, IDT).

108. Корми для тварин. Визначення вмісту фосфору. Спектрометричний метод : ДСТУ ISO 6491:2004. (ISO 6491:1998, IDT).

109. Косяк Г. М., Степаненко Д. П. Ефективність NPK-удобрення проса на сірих лісових ґрунтах Хмельниччини. Збірник наукових праць Подільського державного агротехнічного університету. 2021. Вип. 29. С. 44–52.

110. Кравець І. В. Економічні проблеми вирощування проса в Україні та шляхи їх вирішення. Економіка АПК. 2018. Вип. 7. С. 13–18.

111. Кравчук Н. В., Іванченко О. А., Маркова І. О. Формування кореневої системи проса на ранніх етапах розвитку за дії бактеріального препарату Азогран. Агробіологія. 2022. № 1. С. 73–80.
<https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-73-80>.

112. Краснопольський В. М., Сірий О. І. Вирощування проса в Україні: стан, проблеми та перспективи. Економіка промисловості. 2019. № 1(85). С. 91–98.

113. Крилов Д. В. Проблеми забезпечення продовольчої безпеки України в сучасних умовах. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2023. № 7. доі. 10.54929/2786-5738-2023-7-03-07.

114. Кулик М. І., Рожко І. І., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутіподібного. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2019. Вип. 4 (104). С. 51–60. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6).

115. Кульбіда М. І., Адаменко Т. І., Прокопенко А. Л. Вплив потепління клімату на агрокліматичні ресурси України. Український гідрометеорологічний журнал. 2015. № 15. С. 105–112.

116. Куріата Р. В., Попова Л. М. Фосфорне удобрення проса: оптимальні норми та строки внесення. Науковий вісник Уманського національного університету садівництва. 2018. № 2. С. 41–48.

117. Карбівська У.М., Сітник А.А. Особливості формування продуктивності проса прутоподібного в умовах зміни клімату Західного регіону України. Український журнал природничих наук 2025. №13. С. 310-317. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.29>.

118. Литвиненко М. А., Овсієнко С. М. Вплив форм азотних добрив на урожайність проса в Правобережному Лісостепу. Селекція і насінництво. 2017. Вип. 111. С. 122–131.

119. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2-ге вид., випр. Київ: Центр Навчальної літератури, 2004. 254 с.

120. Ліхочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващенко П. В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

121. Лопушняк В. І., Грицуляк Г. М., Джус Г. М. Біоенергетична оцінка внесення осаду стічних вод під сільфію пронизанолисту на дерново-підзолистих ґрунтах Передкарпаття. Агроєкологічний журнал. 2021. № 1. С. 126–134. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227249>.

122. Любчич О. Г. Особливості формування продуктивності та якості зерна проса залежно від умов азотного живлення на сірих лісових ґрунтах : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2008. 24 с.

123. Любчич О. Г., Гордієнко М. В. Формування висоти рослинами проса залежно від варіанту технології вирощування. Матеріали Всеукр. наук. конф. молодих вчених. Вінниця, 2023. С. 49–52.

124. Мазур Г. А., Петренко М. М. Дробове внесення азоту під просо та його ефективність. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2019. № 3. С. 48–56.

125. Мартинюк М. О., Звягінцева А. М. Вплив температурного режиму на процеси нітрифікації в ґрунтах. Вісник аграрної науки. 2021. № 3. С. 15–20.

126. Марчук І. У., Макаренко В. М., Розстальний В. Є. та ін. Добрива та їх використання: довідник. Київ: Арістей, 2010. 211 с.

127. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства: підручник. Київ : Вища школа, 1994. 415 с.

128. Мельник В. П., Борзих О. І., Ретьман С. В. Стійкість проса до хвороб за використання бактеріальних препаратів. *Захист і карантин рослин*. 2023. Вип. 69. С. 137–144. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2023.69.137-144>.
129. Мельник В. П., Шевченко М. С., Шевченко С. М. Ефективність різних норм мінеральних добрив при вирощуванні проса з використанням Азограну. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 6. С. 36–43.
130. Мельник П. С., Ткаченко Н. А., Подпрятков Г. І. Якість зерна проса за використання бактеріальних препаратів у технології вирощування. *Харчова наука і технологія*. 2022. № 3. С. 77–84. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2421>.
131. Мельник С. І., Ковальчук Г. М., Карпенко В. П. Енергія проростання та схожість насіння проса за дії мікробіологічного препарату Азогран. *Насінництво*. 2019. № 1. С. 56–62.
132. *Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур*. Київ, 2000. 100 с.
133. *Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур*. Чабани: Інститут землеробства УААН, 2001. 22 с.
134. Мирна С. В., Яремко І. І. Порівняльна ефективність осіннього та весняного внесення фосфорно-калійних добрив під просо. *Науковий журнал «Агросвіт»*. 2020. № 11. С. 29–36.
135. Мірошниченко М. М., Звягінцева А. М., Лапа О. М. Мінералізація органічної речовини ґрунту під впливом метеорологічних умов та агротехнічних заходів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 91. С. 30–37. <https://doi.org/10.31073/acss91-04>.
136. Моргун В. В., Стасик О. О., Кірізій Д. А. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, № 2. С. 160–184. <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.160>.
137. Морозов І. С., Ярмоленко Л. І. Оцінка впливу агротехнічних заходів на врожайність проса. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. Вип. 3. С. 26–31. <https://doi.org/10.31210/2019.03.26>.
138. Мусієнко М. М. *Фотосинтез : навч. посібник для студентів вузів / М. М. Мусієнко*. Київ: Вища школа, 1995. 247 с.
139. Нагірна О. В., Глушко Т. В. Норми азотних добрив під просо залежно від попередника. *Агробіологія*. 2019. № 2. С. 64–71.

140. Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. Ефективність застосування азотфіксуючих мікроорганізмів на посівах зернових культур. Агробіологія. 2022. № 1 (166). С. 56–62. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-56-62>.
141. Назаренко В. О., Галько С. В. Формування якості товарів: навчальний посібник. Київ, 2016.
142. Національна академія аграрних наук України. Рекомендації щодо ведення сільського господарства в умовах змін клімату. 2022. URL: <https://naas.gov.ua>.
143. Несмачна М. 2023 – рік проса: факти і особливості технології вирощування. SuperAgronom. 2023. URL: <https://superagronom.com>.
144. Нечипоренко О. Просо – це все ж страхова культура чи для заробітку? AgroPortal.ua. 2025.
145. Нікитенко М. П. Вплив біодобрих та комплексних біопрепаратів на урожайність проса в умовах різної вологозабезпеченості. Аграрні інновації. 2023. № 22. С. 182–185. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.28>.
146. Нікитенко М. П. Вплив багатофункціональних комплексних препаратів на фотосинтетичний потенціал проса посівного (*Panicum miliaceum* L.). Таврійський науковий вісник. 2023. № 134. С. 361–367. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.14.47>.
147. Носко Б. С., Хмара В. М. Трансформація фосфору в чорноземних ґрунтах при тривалому застосуванні добрив. Агрохімія і ґрунтознавство. 2016. Вип. 84. С. 5–14.
148. Олійник О. О., Кривенко А. І. Продуктивність проса залежно від рівня мінерального живлення в умовах Вінницької області. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2021. Т. 17, № 2. С. 138–147.
149. Павлюк О. О. Перспективи розвитку вирощування проса в Україні. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки. 2018. Вип. 26. С. 56–60.
150. Павлюк О. О. Проблеми вирощування проса в Україні та шляхи їх вирішення. Аграрний вісник Придніпров'я. 2019. Вип. 4 (41). С. 127–134.
151. Панасюк О. Я., Клименко М. О. Вплив NPK на якість зерна проса: вміст білка та крохмалю. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2018. № 1. С. 166–174.
152. Патица В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін. Біологічний азот: монографія/ за ред. В. П. Патики. Київ : Світ, 2003. 424 с.

153. Пащенко Ю. М., Коваленко І. В. Агрохімічні основи удобрення проса в Лісостепу України. Харків: ХНАУ, 2017. 184 с.
154. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. 1064 с.
155. Петренко Л. В., Сидоренко І. Д., Карпенко О. Ю. Азотфіксуєча здатність ризосферної мікрофлори проса за дії бактеріального препарату Азогран. Мікробіологічний журнал. 2019. Т. 81, № 2. С. 43–51. <https://doi.org/10.15407/microbiolj.81.02/043>.
156. Петров В. М., Іванова О. В., Макарова А. В. Агротехніка вирощування проса в Україні. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2020. Вип. 1 (82). С. 51–57.
157. Пилипенко О. С., Бойко О. В. Ефективність азотного удобрення проса на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. Зернові культури. 2018. Т. 2, № 1. С. 117–126.
158. Пілюченко В. Л., Сердюк О. А. Вплив органо-мінерального удобрення на урожайність проса. Агроєкологічний журнал. 2019. № 4. С. 71–78.
159. Поліщук М. І. Культури зернові, зернобобові, хлібні та інші хлібні продукти. Київ: Аграрна наука, 1999. № 5. С. 8–12.
160. Половко О. О., Семенчук В. М. Економічні аспекти вирощування проса в Україні. Економіка АПК. 2021. Вип. 1. С. 63–68. <https://doi.org/10.32317/2221-1055>.
161. Полторецький С. П. Урожайність насіння сортів проса залежно від фону мінерального живлення в умовах Правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць Уманського НУС. Агронімія. 2011. Вип. 77, ч. I : С. 116.
162. Полторецький С. П., Полторецька Н. М. Рослинництво: методичні вказівки. 2020. С. 3–4.
163. Польовий А. М. Агрокліматичні ресурси Правобережного Лісостепу та їх використання при вирощуванні просових культур. Одеса: ТЕС, 2012. 343 с.
164. Починок В. М., Клименко О. В. Рядкове внесення фосфорних добрив при сівбі проса та його вплив на урожайність. Аграрні інновації. 2020. № 3. С. 58–65. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.9>.

165. Присяжнюк О. І., Жук О. Я. Передумови підвищення продуктивності проса в сучасних умовах. Землеробство. 2016. Вип. 1. С. 51–58.
166. Пустова З. В. Кореляційні зв'язки між показниками морфології рослин, які впливають на врожайність проса. Збірник наукових праць Подільського ДАТУ. 2004. Вип. 12. С. 91–94.
167. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Криворученко Р. В. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. Харків: Майдан, 2016. 654 с.
168. Рудік О. Л., Рудік Н. М., Сергєєв Л. А., Чугак В. В. Просо посівне в системі адаптації аграрного виробництва до глобальних викликів сьогодення. Аграрні інновації. 2022. № 2. С. 52–59. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.9>.
169. Рудник-Іващенко Л. І. Продуктивність фотосинтезу в рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального живлення. Наукові доповіді НУБіП. 2009. Вип. 3 (15).
170. Рудник-Іващенко О. І. Залежність якості зерна проса посівного від фону мінерального живлення. Цукрові буряки. 2010. № 5 (77). С. 10–11.
171. Рудник-Іващенко О. І. Залежність якості зерна проса посівного від фону мінерального живлення. Цукрові буряки. 2010. № 5 (77). С. 10–11.
172. Рудник-Іващенко О. І. Просо. Особливості біології, фізіології, генетики : монографія. УААН, Інститут цукрових буряків. Київ: Колобіг, 2009. 160 с.
173. Рудник-Іващенко О. І., Григоращенко Л. В. Особливості фотосинтезу рослин проса посівного. Вісник аграрної науки. 2010. № 7. С. 35–38.
174. Руднік О. І., Шовгун О. О., Чухлеб С. Л. Господарсько цінні показники нових сортів проса. Вісник аграрної науки. 2008. № 6. С. 28–30.
175. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Вергун С. О. Оптимальне співвідношення N:P у системі удобрення проса в умовах Правобережного Лісостепу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2018. Вип. 286. С. 201–210.
176. Рябоконт С. М., Васильченко О. М. Рідкі комплексні добрива під просо: порівняльна ефективність. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 4. С. 39–47.

177. Саєнко В. В. Ефективність застосування РКД при сівбі проса у Хмельницькій та Вінницькій областях. Збірник наукових праць Інституту землеробства НААН. 2021. Вип. 1. С. 118–126.

178. Самойленко Н. А., Ковалов П. М. Вплив систем удобрення на агрохімічні властивості ґрунту під просом. Ґрунтознавство і агрохімія. 2017. № 2. С. 48–57.

179. Семенчук В. М., Хлебов І. М. Аналіз проблем вирощування проса в Україні та шляхи їх вирішення. Аграрний вісник Придніпров'я. 2021. Вип. 1 (48). С. 71–79.

180. Середа Г. К., Василєва Н. В. Просо як культура для Правобережного Лісостепу: біологічні особливості та вимоги до умов вирощування. Зернові культури. 2017. Т. 1, № 2. С. 291–300.

181. Сидоренко А. В., Бердніков О. М., Личук Г. І. Біологічна активність ґрунту при вирощуванні проса з використанням мікробіологічних препаратів. Агроекологічний журнал. 2023. № 1. С. 102–109.

182. Сидоренко І. Д., Каленська С. М., Новицька Н. В. Продуктивність проса залежно від передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами. Зернові культури. 2021. Т. 5, № 1. С. 54–62.

183. Сидорчук А. В., Мельник В. П., Захарченко М. А. Синтез фітогормонів азотфіксуючими бактеріями та їх вплив на фізіологічні процеси рослин проса. Фізіологія рослин і генетика. 2021. Т. 53, № 3. С. 234–242.

184. Сікорська А. П., Корольок Т. А. Продуктивність проса при різному рівні NPK-живлення: багаторічний аналіз. Агробіологія. 2020. № 1. С. 112–120.

185. Сільське господарство України. 2022 : статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2023. 164 с.

186. Сокол Т. В., Даценко А. М. Вплив калійного живлення на урожайність та якість зерна проса в умовах Лісостепу. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. 2020. № 1. С. 95–103.

187. Сонько С. П., Суханова І. П., Василенко О. В. Особливості вермикультури в умовах Правобережного Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського НУС. Серія 4.1 – Агрономія. 2010. Вип. 73. С. 216–224.

188. Станжицький М., Фурсік О., Лещенко О. Розробка технології кондитерських виробів на основі пшоняного та кукурудзяного борошна для безглютенової дієти. Наукові праці НУХТ. 2024. Т. 30, № 2. С. 112–121.

189. Старченко В. М., Мартинюк І. В. Вплив удобрення на вміст білка та крохмалю в зерні проса. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 278-282.
Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. № 2. С. 160-184. doi 10.15407/frg2021.02.160.

190. Мокрієнко В.А. Структура енергетичних витрат за вирощування кукурудзи в моно- та бінарних посівах: комплексний аналіз. *Новітні агротехнології*. 2025. Т.13. № 3. <https://doi.org/10.47414/na.13/3/2025.347482/>

191. Схожість насіння та її значення для формування майбутнього врожаю / Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Головне управління Держпродспоживслужби в Хмельницькій області. Електронні дані 2023. URL: consumerhm.gov.ua (дата звернення 18.05.2026)

192. Танчик С. П., Кваша В. М. Агробіологічні основи землеробства Лісостепу України. Київ: Центр навчальної літератури, 2018. 576 с.

193. Таранець Н. В. Досвід вирощування проса в Україні та світі. *Аграрний науковий журнал*. 2020. С. 88–92.

194. Ткаченко М. А., Дерій С. І. Загортання соломи попередників і азотне живлення наступних культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. Спец. вип. С. 138–141.

195. Ткачик С. О. Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Вінниця : ФОП Корзун Д.Ю., 2016. 2-ге видання. 82 с.

196. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліджу: навчальний посібник. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 448 с.

197. Федорченко М. М., Карпук Л. М. Ефективність допоміжних продуктів за органічного виробництва проса. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 142–152. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-43-50>.

198. Федорчук А.М. Польова схожість і виживання проса посівного залежно від строків сівби в умовах Житомирської області: магістерська робота/ Поліський національний університет. Житомир, 2023. 62 с

199. Федорчук М. І., Корнійчук О. В. Урожайність і якість зерна проса залежно від норм мінерального удобрення. *Сільськогосподарська наука і практика*. 2018. № 2. С. 18–26.

200. Фурман В. М., Ковальчук Л. В. Вплив фосфорних добрив на розвиток кореневої системи проса. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2017. Вип. 86. С. 61–67.
201. Хоменко В. Г., Мазепа В. В. Оцінка забезпеченості ґрунтів України рухомими формами цинку. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 61–68. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273243>.
202. Циліорик О. І., Шевченко М. С., Піковська О. В. Органічні добрива в системі удобрення проса: ефективність та екологічні аспекти. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 26–33. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207677>.
203. Шашкова І. Г., Голобородько С. П. Добрива під просо в системі сівозміни: агрохімічне обґрунтування. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. Спец. вип. С. 161–164.
204. Шевченко О. А., Сидякіна О. В. Впровадження інноваційних технологій в селекції та насінництві сільськогосподарських культур як аспект економічного розвитку України. *Генетика та селекція сільськогосподарських культур – від молекули до сорту: матеріали VI інтернет-конф. молодих учених*. Київ, 2023. С. 32–33.
205. Шевченко О. М., Ковальчук І. В. Зміст мінерального живлення в системі інтенсивної технології вирощування проса. *Сільськогосподарська наука і практика*. 2019. № 1. С. 53–61.
206. Шевченко, Н.В. Сортові ресурси проса в Україні. Стан та перспективи. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 21. С. 45–52. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.15/>
207. Шеремета В. М., Пилиця М. М. Вплив попередника на потребу проса в азотних добривах у Правобережному Лісостепу. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 82–91.
208. Юрчак В. Г., Бурчик М. П. Обґрунтування доцільності використання пшона для виробництва борошняних виробів. *Продовольчі ресурси*. 2012. № 1. С. 45–49.
209. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів : ДСТУ 4362:2006. [Чинний від 2006-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с. (Національний стандарт України).
210. Bidwell N. G. S. *Plant physiology*. Kingston, Ontario : Queen's Univ. ; New York : Macmillan Publ. Co., 1974. 206 p.
211. Chaganti C., Phule A. S., Chandran L. P. et al. Silicate solubilizing and plant growth promoting bacteria interact with biogenic silica to impart heat

stress tolerance in rice by modulating physiology and gene expression. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. DOI: 1168415. 10.3389/fmicb.2023.1168415

212. Dalton J. et al. *Contours and Contents of the Ghost: Trypilia Culture proto-cities*. 2020.

213. FAOSTAT 2022 : FAOSTAT Statistical Database. Rome : FAO.

214. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The state of food security and nutrition in the world 2018. Building climate resilience for food security and nutrition*. Rome : FAO, 2018.

215. FAO. *Overview of soil conditions of arable land in Ukraine*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

216. Fasusi O. A., Cruz C., Babalola O. O. *Agricultural sustainability: Microbial biofertilizers in rhizosphere management*. *Agriculture*. 2021. Vol. 11 (2). DOI:163. 10.3390/agriculture11020163

217. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Food Balance Sheets*. FAOSTAT (n.d.). URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

218. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. *Soybean production*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/soybean-production>.

219. Fukami J., Cerezini P., Hungria M. *Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation*. *AMB Express*. 2018. Vol. 8. Article 73. DOI: 10.1186/s13568-018-0608-1

220. Gasparri N. I., de Waroux Y. le P. *The Coupling of South American Soybean and Cattle Production* *Frontiers. Conservation Letters*. 2015. Vol. 8. P. 290–298.

221. Gaweda D., Haliniarz M., Bronowicka-Mielniczuk U., Łukasz J. *Weed Infestation and Health of the Soybean Crop Depending on Cropping System and Tillage System*. *Agriculture*. 2020. Vol. 10 (6). 208.

222. *Global Market Insights. Biofertilizers market size, share & forecast report, 2025–2034*. 2024.

223. Gong M., You X., Zhang Q. *Effects of Glomus intraradices on the growth and reactive oxygen metabolism of foxtail millet under drought*. *Annals of Microbiology*. 2015. Vol. 65. P. 595–602.

224. Guo W., Nazim H., Liang Z., Yang D. *Magnesium deficiency in plants: an urgent problem*. *The Crop Journal*. 2016. Vol. 4. P. 83–91.

225. Hussain S., Ali N., Tanweer M. et al. *Optimizing planting dates and fertilizer application for enhanced yield of summer millet (Panicum miliaceum L.)*. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 81 (4). P. 655–664. DOI: 10.4067/S0718-58392021000400655

226. Kassel P. C., Mullen R. E., Bailey T. B. Seed yield response of three switchgrass cultivars for different management practices. *Agronomy Journal*. 1983. Vol. 77, No. 2. P. 214–218.
227. Kaur P., Purewal S. S. Biofertilizers and their role in sustainable agriculture. *Biofertilizers for sustainable agriculture and environment* / eds. B. Giri et al. Springer, 2019. P. 285–300.
228. Krutyakova V., Pyliak N., Nikipelova O., Bulgakov V., Rucins A. Impact of biological water-based fertilisers upon soil fertility. *Engineering for Rural Development*. 2021. P. 1072–1079. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF233
229. Kumar A., Patel J. S., Meena V. S., Ramteke P. W. Microbial inoculants: Role in soil fertility, plant stress management and crop productivity. *Sustainable agriculture practices* / eds. A. Rakshit et al. Springer, 2023. P. 115–139.
230. Lugtenberg B., Kamilova F. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*. 2009. Vol. 63. P. 541–556.
231. Makarenko N., Bondar V., Makarenko V., Symochko L. Zinc deficiency in soils of Ukraine: Possible causes and regulatory mechanisms. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2021. Vol. 11. P. 857–866. DOI: 10.31407/ijees11.402
232. Malusá E., Vassilev N. A contribution to set a legal framework for biofertilisers. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2014. Vol. 98 (15). P. 6599–6607.
233. Misra M., Sachan A., Sachan S. G. Current aspects and applications of biofertilizers for sustainable agriculture. *Plant microbiomes for sustainable agriculture* / eds. A. Yadav et al. Springer, 2020. P. 445–473.
234. Monis J., Panuganti R., Chitnis K. Millets based alternative sustainable cost-effective culture media for microbial growth. *Plant Science Today*. 2024. Vol. 11 (2). P. 789–796.
235. Mushtaq N. U. et al. Crosstalk in proline biosynthesis regulates salt tolerance in proso millet. *ScienceDirect*. 2024. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2024.105810
236. Mushtaq N. U. et al. Physiological and Biochemical Perspective on Silicon-Induced Salt Stress Tolerance in Proso Millet. *SpringerLink*. 2025. DOI: 10.1007/s12633-025-03284-w
237. Naik S. P., Rajemahadik V. A., Pol A. S., Mahale M. M. Effect of age of seedlings and different levels of fertilizers and micro nutrients on economics

and B:C ratio of Proso millet grown in Konkan region. *Pharma Innovation*. 2023. Vol. 12 (10). P. 818–820.

238. Narayanan G. S. Influence of different seed priming methods on seed yield in proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 94 (8). P. 834–836.

239. Nosheen S., Ajmal I., Song Y. Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (4). 1868. DOI: 10.3390/su13041868

240. Pal K. K., Dey R., Bhatt D. M., Chauhan S. M. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminearum* by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*. 2015. Vol. 179. P. 61–69.

241. Penning de Vries F. V. T. Use of assimilates in higher plants. *Photosynthesis and productivity in different environment* / ed. J. P. Cooper. Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1975. P. 459–480.

242. Rao C. S., Sharma G. D., Benbi D. K. et al. Biochar and organic amendments for improving soil health and crop productivity. *Advances in Agronomy*. 2025. Vol. 169. P. 89–136.

243. Rehman A., Farooq M., Lee D. J., Siddique K. H. M. Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 84076–84095. DOI: 10.1007/s11356-022-23635-z

244. Richardson A. E., Simpson R. J. Soil microorganisms mediating phosphorus availability. *Plant Physiology*. 2011. Vol. 156. P. 989–996.

245. Römheld V., Kirkby E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*. 2010. Vol. 335. P. 155–180.

246. Sathishkumar A., Sakthivel N., Subramanian E. et al. Foliar application of nutrients and plant growth regulators on growth and yield of finger millet. *Bulletin of the NAS of the Republic of Kazakhstan*. 2022. Vol. 6 (396). P. 114–122.

247. Sharma S. B., Sayyed R. Z., Trivedi M. H., Gobi T. A. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*. 2013. Vol. 2. 587.

248. Silva T. G. F., Zolnier S., Grossi J. A. S. et al. Climate change impacts on proso millet (*Panicum miliaceum* L.) cultivation. *PLoS ONE*. 2023. Vol. 18 (3). e0234567.

249. Singh B., Kumar G. Biofertilizers: Sustainable approach for eco-friendly agriculture. *Plant microbiome paradigm* / eds. K. R. Hakeem et al. Springer, 2024. P. 167–193.

250. Singh D., Mathimaran N., Sekar J. et al. Spatial arrangement and biofertilizers enhance the performance of legume-millet intercropping system in rainfed areas of Southern India. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. 711284. DOI: 10.3389/fsufs.2021.711284

251. Sridevi R. Effect of seed priming in proso millet (*Panicum miliaceum*). *Research on Crops*. 2020. Vol. 21 (2). P. 390–395.

252. Sridevi R., Manonmani V. Evaluating the emergence and biochemical changes of primed seeds in proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Current Journal of Applied Science and Technology*. 2019. Vol. 38 (6). P. 1–7.

253. Srinithi P., Mohanapriya R., Sharmili K., Susanpoonguzhali P. Effect of Plant Growth Regulator on Growth, Physiology and Yield of Direct Sown Finger Millet (*Eleusine coracana* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 2023. Vol. 35 (14). P. 239–245.

254. Suchek M., Kalenska S., Knight B., Sonko R. Photosynthetic activity of oat crops under combined application of mineral fertilisers and biological preparation. *Plant and Soil Science*. 2025. Vol. 16 (4). P. 82–96.

255. Taiz L., Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. *Plant Physiology and Development*. 6th ed. Sunderland : Sinauer Associates, 2015. 761 p.

256. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 255 (2). P. 571–586.

257. Yadav A. N., Rastegari A. A., Yadav N., Kour D. *Advances in plant microbiome and sustainable agriculture: Diversity and biotechnological applications*. Singapore : Springer Nature, 2021.

258. Zhao G., Zhu X., Zheng G. et al. Development of biofertilizers for sustainable agriculture over four decades (1980–2022). *Geography and Sustainability*. 2024. Vol. 5 (1). P. 21–39. DOI: 10.1016/j.geosus.2023.09.006

ДОДАТКИ

Додаток А

Метеорологічні умови за період вегетації проса у 2023-2025 рр.

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °С				Опади, мм			
		2023	2024	2025	багато річна	2023	2024	2025	багато річна
Квітень	I	8,00	14,70	4,82	7,9	43,0	1,8	31,0	12,0
	II	9,69	11,68	12,76	9,8	29,6	35,0	0,2	16,0
	III	11,50	12,31	16,18	12,4	2,6	30,4	0,6	14,0
	середнє	9,73	12,90	11,25	10,0	75,2	67,2	31,8	42,0
Травень	I	12,14	14,25	12,25	14,2	0,4	1,2	13,4	15,9
	II	17,97	14,13	11,11	15,8	0	0	15,8	20,0
	III	19,12	20,47	17,38	17,2	0	14,2	15,0	29,1
	середнє	16,08	16,28	13,58	15,8	0,4	15,4	34,2	65,0
Червень	I	19,83	21,63	22,25	18,6	21,0	20,2	28,4	23,8
	II	20,10	20,64	17,90	19,9	10,2	79,4	18,8	25,1
	III	20,62	24,95	17,44	19,8	19,4	26,4	13,8	25,1
	середнє	20,18	22,41	18,96	19,5	50,6	126,0	61,0	74,0
Липень	I	22,62	24,57	23,80	20,6	31,8	0	0,8	23,0
	II	22,51	27,84	21,59	21,2	61,0	19,4	9,4	20,0
	III	21,67	22,40	22,21	22,0	44,0	11,2	96,2	25,0
	середнє	21,93	25,38	21,12	21,3	136,8	30,6	106,4	68,0
Серпень	I	22,79	21,89	21,80	21,8	12,8	34,0	3,4	21,0
	II	24,98	23,00	19,91	20,6	0,8	3,2	11,2	20,0
	III	24,51	24,80	19,23	19,0	0,4	0	2,8	15,0
	середнє	24,09	24,54	19,91	20,4	14,0	37,2	17,4	56,0
Вересень	I	18,45	22,37	21,22	16,7	0	0	10,0	20,0
	II	18,52	20,21	17,14	15,1	10,4	14,2	1,8	18,0
	III	19,70	18,15	13,06	12,9	0	0	0,8	20,0
	середнє	18,89	14,90	16,89	14,9	10,4	14,2	12,6	58,0

Додаток Б.1

Структурний аналіз рослин проса залежно від удобрення та обробляння насіння, 2023р.

Варіант	Маса волоті, г	Довжина волоті, см	Кількість гілочок, шт.		Маса зерна із волоті, г	Маса 1000 зерен, г
			I	II		
Без обробляння насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	6,1	27,9	9,0	45,4	3,4	8,21
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,4	28,8	10,3	56,2	4,8	8,21
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,8	32,6	12,3	65,3	5,8	8,30
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,9	30,6	12,1	66,7	5,8	8,18
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза кушіння)						
Без добрив (контроль)	4,2	25,4	9,7	46,2	3,5	8,29
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,9	28,2	11,2	58,9	5,3	8,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,5	26,1	14,6	48,2	6,4	8,37
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	7,4	30,2	14,5	78,9	6,7	8,14
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	4,1	26,3	9,5	63,3	3,7	8,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,6	28,2	14,4	81	5,2	8,24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,3	26,4	13,2	72,9	5,2	8,19
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	4,5	27,04	16,9	91,73	3,7	7,92
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	5,8	27,9	8,1	42,3	3,7	8,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,4	28,7	10,8	59,9	5,4	8,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,1	31,1	12,5	69,2	4,0	8,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	5,7	28,6	12,9	66,3	5,4	8,21
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза кушення)						
Без добрив (контроль)	4,6	26,9	9,5	49,3	4,0	8,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,5	28,3	10,7	59,2	5,0	8,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,2	27,5	11,4	66,5	5,4	8,19
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,8	28,3	11,6	57,1	5,9	8,20
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	5,0	11,9	9,7	51,8	4,2	8,46
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,5	28,05	13,8	74	5,6	8,09
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	5,9	14,4	15,7	85,3	2,7	8,56
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	8,0	32,1	13,0	78,7	6,5	8,19
\bar{X}	5,9	27,1	12,0	63,9	4,9	8,2
$S\bar{x}$	0,22	0,96	0,46	2,73	0,22	0,03
$V, \%$	17,8	17,3	18,9	20,9	22,5	1,8
S	1,06	4,69	2,26	13,35	1,10	0,15

Додаток Б.2

Структурний аналіз рослин проса залежно від удобрення та обробляння насіння, 2024р.

Варіант	Маса волоті, г	Довжина волоті, см	Кількість гілочок, шт. порядків		Маса зерна із волоті, г	Маса 1000 зерен, г
			I	II		
Без обробляння насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	4,76	32,3	16,0	69,8	2,86	7,30
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,07	30,0	14,2	64,9	3,78	8,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,08	30,8	15,8	65,5	4,65	7,63
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,09	33,0	16,0	70,8	4,05	7,88
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза кушіння)						
Без добрив (контроль)	7,05	23,8	16,8	65,8	4,08	7,80
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,72	25,7	16,5	69,7	6,34	8,06
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,00	27,7	15,7	67,5	4,89	7,84
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,58	27,1	16,8	72,9	4,77	8,07
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	5,55	29	18,0	92,6	3,7	7,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,90	32,2	14,1	83,4	6,3	9,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	5,25	28,9	11,5	64,9	3,2	6,72
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	7,70	27,7	17,3	84,2	4,7	8,82
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	5,00	29,3	18,8	80,4	4,10	7,82
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,96	25,3	18,7	80,2	4,44	8,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,31	27,0	18,8	92,1	3,76	8,72
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	5,69	22,9	16,8	83,8	4,40	9,35
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза кушіння)						
Без добрив (контроль)	6,35	26,6	19,7	105,4	4,81	8,55
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,33	30,8	19,1	111,8	5,24	8,32
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,69	34,5	20,3	117,5	6,04	7,85
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,70	35,2	20,8	115,3	6,52	8,44
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	5,99	27,8	12,4	79,2	4,4	8,72
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,61	28,2	17,2	75,4	4,2	7,36
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	8,15	27,5	17,1	76,5	4,3	9,92
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	6,45	27,6	16,6	82,8	4,0	7,49
\bar{X}	6,2	28,8	16,9	82,2	4,6	8,2
$S\bar{x}$	0,18	0,64	0,47	3,28	0,19	0,14
$V, \%$	13,9	10,8	13,6	19,6	20,9	8,7
S	0,87	3,12	2,29	16,09	0,95	0,71

Додаток Б.3

Структурний аналіз рослин проса залежно від удобрення та обробляння насіння, 2025р.

Варіант	Маса волоті, г	Довжина волоті, см	Кількість гілочок, шт. порядків		Маса зерна із волоті, г	Маса 1000 зерен, г
			I	II		
Без обробляння насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	3,90	22,1	14,2	79,0	3,58	8,49
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,90	29,8	17,4	107,2	5,56	8,87
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	5,31	23,9	14,9	86,7	4,55	8,21
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	5,29	26,0	15,6	100,7	4,22	8,23
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза куціння)						
Без добрив (контроль)	3,90	25,2	15,3	85,4	3,19	7,70
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,54	24,2	16,3	92,2	4,64	7,95
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	5,45	24,0	14,1	76,8	4,40	8,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	5,76	26,5	15,7	94,4	4,61	8,21
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	5,2	23,14	14,4	81,9	4,33	8,45
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,2	24,86	15,4	84,1	4,08	8,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	4,2	23,0	12,6	51,9	3,49	8,38
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,9	21,13	13,4	80,4	3,32	8,20
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	4,18	27,3	13,8	79,8	3,23	8,27
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,49	25,3	16,2	96,6	4,44	8,48
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	6,49	24,0	16,9	88,2	5,56	8,48
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	5,70	25,2	15,1	84,5	4,95	8,66
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза куціння)						
Без добрив (контроль)	4,56	21,8	14,3	65,5	3,82	8,32
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,13	25,2	15,3	68,9	5,14	7,87
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	5,35	25,4	13,9	74,3	4,68	8,28
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	6,51	25,8	16,3	95,0	5,60	8,25
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	7,04	26,5	14,0	75,2	6,61	8,59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,7	29,33	17,3	110,3	5,67	8,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	4,1	22,29	17,9	95,0	3,39	7,82
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,9	25,5	15,3	86,8	4,07	8,54
\bar{X}	5,3	24,9	15,2	85,0	4,5	8,3
$S\bar{x}$	0,20	0,44	0,28	2,68	0,18	0,06
$V, \%$	18,2	8,6	8,9	15,5	20,2	3,3
S	0,97	2,15	1,35	13,15	0,90	0,27

Додаток В

Урожайність проса залежно від удобрення та оброблення насіння, т/га, 2023-2025 рр.

Варіант	Позакореневе підживлення рослин:											
	без підживлення				фаза кушення				фаза викидання волоті			
	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
Без оброблення насіння												
Без добрив (КОНТРОЛЬ)	3,30	3,39	3,42	3,37	3,71	3,53	3,16	3,47	3,52	3,25	3,43	3,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,31	4,30	4,50	4,37	4,63	4,40	4,41	4,48	4,34	4,17	4,72	4,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер	4,55	3,45	4,65	4,22	4,91	3,65	4,52	4,36	4,41	4,54	4,12	4,29
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,49	4,75	4,13	4,46	5,45	5,08	4,51	5,01	4,59	4,63	4,49	4,57
Оброблення насіння препаратом Азогран												
Без добрив (КОНТРОЛЬ)	3,70	3,58	3,40	3,56	3,92	3,50	3,63	3,68	3,26	3,77	3,74	3,59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,35	4,71	4,20	4,42	4,52	4,45	4,54	4,50	4,67	4,62	4,03	4,44
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер	3,87	4,00	4,95	4,27	4,25	4,60	4,60	4,48	4,22	4,24	4,47	4,31
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	4,80	4,10	4,54	4,48	5,16	5,04	5,05	5,08	4,72	4,14	5,00	4,62
НІР _{0,5} для фактора : А «Рік» (Погодні умови) – 0,03; В «Фаза підживлення» - 0,04; С «Обробка насіння» - 0,02; D «Добрива» - 0,03; ABCD взаємодія факторів, т/га – 0,03												

Додаток Г.1

Показники якості зерна проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, %, 2023 рік

Варіант	Білок	Жир	Клітковина	Крохмаль	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без оброблення насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	11,23	3,16	6,94	58,17	0,62	0,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,36	3,19	7,08	58,03	0,62	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,30	3,17	7,07	58,10	0,64	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,39	3,26	6,80	57,88	0,65	0,42
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	11,34	3,30	6,95	58,01	0,62	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,40	3,28	6,78	57,92	0,63	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Майстер агро	11,38	3,43	6,75	57,90	0,63	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,42	3,45	6,55	58,87	0,63	0,41
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	11,34	3,30	6,95	58,01	0,62	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,40	3,28	6,78	57,92	0,63	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,38	3,43	6,75	57,90	0,63	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,42	3,45	6,55	58,87	0,63	0,41
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	11,02	3,46	6,38	58,16	0,61	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,59	3,50	6,44	58,24	0,62	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,27	3,52	6,26	58,32	0,62	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,37	3,52	6,36	58,28	0,62	0,42
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	10,36	3,45	6,22	58,25	0,60	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,47	3,42	6,42	58,18	0,62	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,29	3,62	6,37	58,31	0,62	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,88	3,23	6,90	58,16	0,63	0,42
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	11,86	3,34	7,04	57,86	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,20	3,18	6,96	57,17	0,63	0,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,89	3,25	6,86	57,85	0,63	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	12,03	3,31	6,98	57,78	0,63	0,42
\bar{X}	11,19	3,27	6,96	57,67	0,62	0,42
$S\bar{x}$	0,11	0,04	0,04	0,17	0,01	0,00
V, %	5,0	2,2	1,1	0,6	2,4	2,4
S	0,55	0,07	0,07	0,33	0,02	0,01

Додаток Г.2

Показники якості зерна проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, %, 2024 рік

Варіант	Білок	Жир	Клітковина	Крохмаль	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без оброблення насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	10,10	3,57	6,22	58,05	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,26	3,54	6,02	57,94	0,66	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,30	3,65	6,10	57,87	0,67	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,77	3,66	6,19	57,90	0,66	0,41
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	9,98	3,51	5,94	58,18	0,59	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,12	3,59	5,90	58,00	0,62	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,28	3,64	6,05	57,92	0,62	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,23	3,70	5,75	57,88	0,62	0,40
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	10,15	3,54	5,70	58,10	0,60	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,34	3,84	5,57	57,91	0,63	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,30	3,75	5,67	57,86	0,65	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,40	3,82	5,52	57,80	0,66	0,41
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	10,33	3,67	5,73	57,95	0,59	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,42	3,97	5,46	57,80	0,67	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,30	3,85	5,64	57,85	0,64	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,63	3,87	5,68	57,63	0,67	0,41
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	10,04	3,53	5,59	58,09	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,14	3,78	5,58	58,00	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,56	3,82	5,75	57,78	0,62	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,30	3,81	5,98	57,91	0,60	0,40
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	10,22	3,62	5,68	58,08	0,58	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,38	3,74	5,73	57,80	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,34	3,81	5,62	57,74	0,61	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,42	3,78	5,78	57,78	0,61	0,41
\bar{X}	10,30	3,71	5,79	57,91	0,62	0,40
$S\bar{x}$	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,00
$V, \%$	1,8	3,4	3,7	0,2	4,7	2,0
S	0,18	0,13	0,21	0,13	0,03	0,01

Додаток Г.3

Показники якості зерна проса залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, %, 2025 рік

Варіант	Білок	Жир	Клітковина	Крохмаль	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без оброблення насіння (контроль)						
Без добрив (контроль)	10,52	3,28	5,85	57,78	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,49	3,34	6,44	56,30	0,62	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,32	3,29	6,28	56,41	0,62	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,20	3,31	6,09	56,68	0,61	0,42
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	10,31	3,32	6,01	57,93	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,43	3,39	5,84	57,73	0,61	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,37	3,37	6,07	57,80	0,61	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,33	3,32	5,85	57,75	0,61	0,41
Без оброблення насіння + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)	10,55	3,46	5,62	57,40	0,59	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,68	3,54	5,84	57,54	0,59	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,79	3,49	5,88	57,48	0,60	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,84	3,48	5,87	57,36	0,61	0,40
Оброблення насіння препаратом Азогран						
Без добрив (контроль)	9,96	3,36	5,80	58,10	0,59	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,11	3,49	5,88	57,84	0,59	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,08	3,53	5,78	57,88	0,59	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,03	3,51	6,01	56,37	0,60	0,41
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза кущіння)						
Без добрив (контроль)	11,21	3,22	6,43	56,86	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	11,33	3,36	6,35	56,74	0,61	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	11,26	3,28	6,56	56,60	0,61	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	11,71	3,35	6,52	56,39	0,61	0,41
Азогран + Браман мультикомплекс (фаза викидання волоті)						
Без добрив (контроль)		3,37	5,88	57,81	0,59	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,71	3,41	6,06	57,74	0,60	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Майстер агро	10,69	3,39	5,96	57,70	0,60	0,40
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₅	10,80	3,45	5,84	57,66	0,60	0,41
\bar{X}	10,77	3,39	6,03	57,33	0,60	0,40
$S\bar{x}$	0,10	0,02	0,05	0,12	0,002	0,002
$V, \%$	4,5	2,6	4,3	1,0	1,6	1,9
S	0,48	0,09	0,26	0,60	0,01	0,01

Додаток Д.1

Показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі стеблуння залежно від варіантів удобрення,
2022-2024 рр., од.

Варіант удобрення	Рік	Елемент													
		N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo	Co	J
Без добрив (контроль)	2022	0,3	-1,2	0	1,6	1	1	-1,8	-0,3	-2,1	0	-1,8	-0,4	-1,6	-1,5
	2023	-3,1	1	-0,4	1	-0,3	1	3	-0,8	-1	1	-1	-4,5	0	-3,7
	2024	-2,7	0,5	-0,7	1,8	0,8	1	-0,7	-0,6	-2,3	0	-2	-3,1	-1,2	-2,1
	<i>середнє</i>	-1,8	0,1	-0,4	1,5	0,5	1,0	0,2	-0,6	-1,8	0,3	-1,6	-2,7	-0,9	-2,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2022	-8,2	-9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2023	0	-4,2	-1,8	-1,8	-1	-2	-1	0	-1,9	-2,4	-1,2	1	-1	0
	2024	-1	-3,7	-2,0	-1	-1	-0,6	-0,4	0	-1,2	-1,2	0,7	0,6	-0,5	1
	<i>середнє</i>	-3,1	-5,7	-1,3	-0,9	-0,7	-0,9	-0,5	0,0	-1,0	-1,2	-0,2	0,5	-0,5	0,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + комплексне мікродобриво Майстер- Агро	2022	0	1	-6,2	-1,1	-0,4	0	-4,2	-9,1	0,3	0,4	0,5	0	0	0
	2023	-2	1	0	-2	-3	0	1	0	0	0	1	-0,2	-0,3	-1,8
	2024	-1	1	-2,2	-1,0	-1,2	0	-1,3	-2,3	0	0	1,1	0	0	-1,6
	<i>середнє</i>	-1,0	1,0	-2,8	-1,4	-1,5	0,0	-1,5	-3,8	0,1	0,1	0,9	-0,1	-0,1	-1,1
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	2022	-7	0	0	0,2	-0,5	0,4	-0,1	-1,8	0	-1	0	0	6,0	-0,8
	2023	-2,3	-2,4	-0,8	-12	-8	-8	1	1	0	-2	-1	1	1	0
	2024	-3,3	-1,6	0	-2,2	-4	-2	1	1	0	-1,6	0	1	1	0,6
	<i>середнє</i>	-4,2	-1,3	-0,3	-4,7	-4,2	-3,2	0,6	0,1	0,0	-1,5	-0,3	0,7	2,7	-0,1

Примітка. «-» – дефіцит елементу

Додаток Д.2

**Показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі викидання волоті залежно від варіантів
удобрення (без підживлення на VI е.о.), 2022-2024 рр., од.**

Варіант удобрення	Рік	Елемент													
		N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo	Co	J
Без добрив (контроль)	2022	-1,2	1	-3	-2,7	-1,5	-3	1	-4,1	-5,3	0	8	1	-2,5	3
	2023	-2	5	-6	11	6	6	5	13	8	-1	-2	16	13	14
	2024	-0,5	1,7	-2	1,9	2,4	-2	3,1	-2,4	2,2	0	0	0,4	1,7	0,7
	<i>середнє</i>	-1,2	2,6	-3,7	3,4	2,3	0,3	3,0	2,2	1,6	-0,3	2,0	5,8	4,1	5,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2022	0,5	1,5	-3,1	0	0,8	-1,3	4,2	1,8	1,2	5	4,2	3,5	1,8	0,5
	2023	-4,4	-4,4	-4,2	-4	2,0	-2	2	2	2	-1	-6	1	2	0
	2024	-1,6	2,1	-1,8	-2,0	-1,0	-1,0	2,1	0,9	1,3	1	0	0	1	1,1
	<i>середнє</i>	-1,8	-0,3	-3,0	-2,0	0,6	-1,4	2,8	1,6	1,5	1,7	-0,6	1,5	1,6	0,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + комплексне мікродобриво Майстер-Агро	2022	-8	0,3	0,5	-1,2	0,2	-2,2	-6,2	0,8	0	0,6	0,8	-0,1	-0,8	-0,4
	2023	0	-0,6	1	0	0	-0,8	1	-0,6	-0,6	-1	-1,8	1	0	-3,8
	2024	-3	-1	1	-0,5	0	-1	-2,1	0,4	0	-0,7	0,4	0	0	-1,1
	<i>середнє</i>	-3,7	-0,4	0,8	-0,6	0,1	-1,3	-2,4	0,2	-0,2	-0,4	-0,2	0,3	-0,3	-1,8
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	2022	-0,5	-7	-3	-0,5	-1,7	-2	-2,3	-1,8	-2	-0,6	0	0,5	0,3	1,5
	2023	-3	2	-3	-2	-7	-7	4	5	5	6	-4	-8	8	-4
	2024	-1	1,6	-1,9	-1,1	-2,4	-3	1,8	1,3	1,5	0,8	2	-3	1,1	-0,9
	<i>середнє</i>	-1,5	-1,1	-2,6	-1,2	-3,7	-4,0	1,2	1,5	1,5	2,1	-0,7	-3,5	3,1	-1,1

Примітка. «-» – дефіцит елементу

Додаток Д.3

Показники реакції хлоропластів проса на елементи живлення у фазі викидання волоті залежно від варіантів удобрення (із підживленням на VI е.о.), 2022-2024 рр., од.

Варіант удобрення	Рік	Елемент													
		N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo	Co	J
Без добрив (контроль)	2022	1,5	2,2	3,5	3,2	2,2	0,5	1,2	1	0,2	5	-2,1	-2,2	-3,5	-1,6
	2023	-12	-3	-6	-5	-4	-7	-6	7	-7	-6	-3	-7	11	-8
	2024	-3	1,3	2,1	-1	1,2	1	2	1,3	-4	-2	-1,5	-1,6	-3	-2
	<i>середнє</i>	<i>-4,5</i>	<i>0,2</i>	<i>-0,1</i>	<i>-0,9</i>	<i>-0,2</i>	<i>-1,8</i>	<i>-0,9</i>	<i>3,1</i>	<i>-3,6</i>	<i>-1,0</i>	<i>-2,2</i>	<i>-3,6</i>	<i>1,5</i>	<i>-3,9</i>
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2022	0,8	-0,2	1,6	1,7	0,2	1,6	1,1	0,3	0,3	0,8	-0,3	-0,9	-2,1	0,4
	2023	-15	-15	-5	-3	-4	11	-10	-5	-2	-5	-1	5	2,0	-2
	2024	-2,2	-1,7	2,0	2,0	0,5	2,2	-3,2	-1	1	-1	-1,2	0,9	-1	0
	<i>середнє</i>	<i>-5,5</i>	<i>-5,6</i>	<i>-0,5</i>	<i>0,2</i>	<i>-1,1</i>	<i>4,9</i>	<i>-4,0</i>	<i>-1,9</i>	<i>-0,2</i>	<i>-1,7</i>	<i>-0,8</i>	<i>1,7</i>	<i>-0,4</i>	<i>-0,5</i>
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + комплексне мікродобриво Майстер- Агро	2022	-3,6	-1,5	1,8	3,8	4,1	3,3	3,3	2	2,3	0	-1,1	-1,3	0	0,3
	2023	-6	5	10	8	-3	-1	6	-2	5	8	3	11	5	4
	2024	-3,1	2	0,9	3,3	-2	1	1,3	0	1,3	2,2	1,4	0,8	2	1,6
	<i>середнє</i>	<i>-4,2</i>	<i>1,8</i>	<i>4,2</i>	<i>5,0</i>	<i>-0,3</i>	<i>1,1</i>	<i>3,5</i>	<i>0,0</i>	<i>2,9</i>	<i>3,4</i>	<i>1,1</i>	<i>3,5</i>	<i>2,3</i>	<i>2,0</i>
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ +N ₁₅	2022	-0,8	-1	-0,6	-9,3	0	0	-0,6	0	-3	-3	0,6	-0,4	0,6	0
	2023	4	-4,7	3	3	8	4	0	-6	8	8	0	0	-3	0
	2024	1,5	-2,1	1	1,3	4	2	0,7	-3	5	5	0,9	0,4	-1	0
	<i>середнє</i>	<i>1,6</i>	<i>-2,6</i>	<i>1,1</i>	<i>-1,7</i>	<i>4,0</i>	<i>2,0</i>	<i>0,0</i>	<i>-3,0</i>	<i>3,3</i>	<i>3,3</i>	<i>0,5</i>	<i>0,0</i>	<i>-1,1</i>	<i>0,0</i>

Примітка. «-» – дефіцит елемента

Додаток Е

АКТИ АПРОБАЦІЇ/ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Зернівка»

Бойко А.Б.

19.09.2024 р.

Акт

виробничої перевірки науково-технічного досягнення (НТД) як результату закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. *Назва НТД, що впроваджується:* технологія вирощування проса посівного сорту Заповітне, яка включає агротехнічні заходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослин протягом періоду вегетації макрота мікроелементами, оптимізацію фотосинтетичної діяльності та зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Рекомендовано вносити мінеральні добрива у дозі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у фазі кущіння, проводити бактеризацію насіння препаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння), а також позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі кущіння.
2. *Якою науково-дослідною установою одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори:* Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (ННЦ «ІЗ НААН»), Голодна А.В., Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В.
3. *Назва господарства і його адреса, де проводилося дослідження:* Фермерське господарство «Зернівка», вул. Запорізьська, 41, с. Сулимівка, Бориспільський район, Київська область.
4. *Рік і обсяг впровадження:* 2024 р., 10 га.
5. *Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на гектар і на весь обсяг впровадження:* на 1 га - 26877 грн., на 4 га – 107508 грн.
6. *Відповідальні за впровадження (ПІБ, посада):*
 - від підприємства: заступник директора господарства Хоменко І.М.
 - від наукової установи: головний науковий співробітник Голодна А.В., Грищенко Р.Є., здобувач Гордієнко М.В.

Заступник директора ФГ «Зернівка»

Хоменко І.М.

Головний науковий співробітник

ННЦ «ІЗ НААН»

Голодна А.В.

Провідний науковий співробітник

ННЦ «ІЗ НААН».....

Грищенко Р.Є.

Здобувач

Гордієнко М.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Виталик О.Т.

2024 р.

Акт

виробничої перевірки науково-технічного досягнення (НТД) як результату закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. *Назва НТД, що впроваджується:* технологія вирощування проса посівного сорту Заповітне, яка включає агротехнічні заходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослин протягом періоду вегетації макрота мікроелементами, оптимізацію фотосинтетичної діяльності та зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Рекомендовано вносити мінеральні добрива у дозі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у фазі кущіння, проводити бактеризацію насіння препаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння), а також позакореневе підживлення рослин органомінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі кущіння.
2. *Якою науково-дослідною установою одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори:* Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (ННЦ «ІЗ НААН»), Голодна А.В., Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В.
3. *Назва господарства і його адреса, де проводилося дослідження:* ТОВ «Обрій», Київська обл., Броварський р-н, с. Мала Сиротівка, вул. Таварна, 28
4. *Рік і обсяг впровадження:* 2024 р., 6,5 га.
5. *Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на гектар і на весь обсяг впровадження:* на 1 га - 17034 грн., на 6,5 га - 110721 грн.
6. *Відповідальні за впровадження (ПІБ, посада):*
 - від підприємства: Арконом Артемійович Романович
 - від наукової установи: головний науковий співробітник Голодна А.В., Грищенко Р.Є., здобувач Гордієнко М.В.

Арконом ТОВ «Обрій»

Артемійович А.Р.

Головний науковий співробітник
ННЦ «ІЗ НААН»

Голодна А.В.

Провідний науковий співробітник
ННЦ «ІЗ НААН».....

Грищенко Р.Є.

Здобувач

Гордієнко М.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ФГ «Зернівка»

Бойко А.Б.

02.10.2025 р.

Акт

виробничої перевірки науково-технічного досягнення (НТД) як результату закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. *Назва НТД, що впроваджується:* технологія вирощування проса посівного сорту Заповітне, яка включає агротехнічні заходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослин протягом періоду вегетації макрота мікроелементами, оптимізацію фотосинтетичної діяльності та зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Рекомендовано вносити мінеральні добрива у дозі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у фазі кущіння, проводити бактеризацію насіння препаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння), а також позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі кущіння.
2. *Якою науково-дослідною установою одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори:* Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (ННЦ «ІЗ НААН»), Голодна А.В., Грищенко Р.Є., Гордієнко М.В.
3. *Назва господарства і його адреса, де проводилося дослідження:* Фермерське господарство «Зернівка», вул. Запорізьська, 41, с. Сулимівка, Бориспільський район, Київська область.
4. *Рік і обсяг впровадження:* 2025 р., 20 га.
5. *Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на гектар і на весь обсяг впровадження:* на 1 га - 27646 грн., на 8 га – 221408 грн.
6. *Відповідальні за впровадження (ПІБ, посада):*
 - від підприємства: заступник директора господарства Хоменко І.М.
 - від наукової установи: головний науковий співробітник Голодна А.В.,

Заступник директора ФГ «Зернівка»

Хоменко І.М.

Головний науковий співробітник
ННЦ «ІЗ НААН»

Голодна А.В.

Провідний науковий співробітник
ННЦ «ІЗ НААН».....

Грищенко Р.Є.

Здобувач

Гордієнко М.В.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Винник О.П.

16.09.2015 р.

Акт

виробничої перевірки науково-технічного досягнення (НТД) як результату закінченої науково-дослідної роботи (НДР)

1. Назва НТД, що впроваджується: технологія вирощування проса посівного сорту Заповітне, яка включає агротехнічні заходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослин протягом періоду вегетації макрота мікроелементами, оптимізацію фотосинтетичної діяльності та зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Рекомендовано вносити мінеральні добрива у дозі $N_{45}P_{60}K_{60}+N_{15}$ у фазі кушіння, проводити бактеризацію насіння препаратом Азогран (200 г на 1 га норму висіву насіння), а також позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом Браман мультикомплекс (2 л/га) у фазі кушіння.
2. Якою науково-дослідною установою одержано НДР та запропоновано до впровадження, і його автори: Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (ННЦ «ІЗ НААН»), Голодна А.В., Грищенко Р.С., Гордієнко М.В.
3. Назва господарства і його адреса, де проводилося дослідження: ТОВ «Обрій», Львівська обл., Броварський р-н, село Мала Сунівиця, вул. Квіторія, 28
4. Рік і обсяг впровадження: 2015 р., 9,2 га.
5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на гектар і на весь обсяг впровадження: на 1 га - 28123 грн., на 9,2 га - 258932 грн.
6. Відповідальні за впровадження (ПІБ, посада):
 - від підприємства: агроном Артемійко Антон Романович
 - від наукової установи: головний науковий співробітник Голодна А.В., Грищенко Р.С., здобувач Гордієнко М.В.

Агроном ТОВ «Обрій»

Артемійко А.Р.

Головний науковий співробітник

ННЦ «ІЗ НААН»

Голодна А.В.

Провідний науковий співробітник

ННЦ «ІЗ НААН».....

Грищенко Р.С.

Здобувач

Гордієнко М.В.

Гордієнко М.В.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Грищенко Р.Є., **Гордієнко М.В.** Ефективність підживлень у формуванні врожаю проса звичайного в Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 2 (16). С.82-90. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.09>

2. **Гордієнко М.В.**, Грищенко Р.Є. Тривалість міжфазних періодів та вегетації проса залежно від погодних умов у Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 3 (17). С. 49-56. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.03.05>.

3. **Гордієнко М.В.**, Грищенко Р.Є. Елементи структури врожаю та врожайність проса залежно від технології вирощування в Правобережному Лісостепу. *Збалансоване природокористування*, 2026. №1. С. 84-90. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2026.359983>.

4. Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Фотосинтетична діяльність посівів проса залежно від технології вирощування у Правобережному Лісостепу. *Агроекологічний журнал*, 2026. № 2. С. 167-177. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2026.359718>

Тези доповідей і матеріали конференцій

1. Любчич О.Г., **Гордієнко М.В.** Формування висоти рослинами проса залежно від варіанту технології вирощування. Сучасні кормові ресурси: селекція, технологія виробництва, заготівля та безпека кормів: всеукраїнська наукова конференція молодих вчених (14 вересня 2023 року). Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2023. С. 49-52.

2. **Гордієнко М.В.** Облиственість та площа листової поверхні рослин проса посівного залежно від варіантів удобрення та оброблення насіння. *Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка Федора Трохимовича Моргуна, 90-річчя Аграрно-економічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро)*. Дніпро: ДДАЕУ, 2024. С. 113-115.

3. Голодна А.В., Грищенко Р.Є., **Гордієнко М.В.** Надземна маса та облиственість рослин проса посівного залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали II Всеукраїнської науковопрактичної інтернет-конференції (Полтава: ПДАУ, 29 березня 2024 року) 2024*. С.81-84.

4. **Гордієнко М.В.** Вплив передпосівного оброблення насіння на польову схожість та ступінь збереженості рослин проса посівного. *Інноваційні екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції* (Київ – Сквиря, 20 серпня 2024 р.) /за редакцією академіка НААН О.І. Дребот. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024. С. 26-27.

5. Любчич О.Г., Грищенко Р.Є., Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Особливості засвоєння елементів живлення рослинами проса залежно від удобрення. *Інноваційні засади управління землями сільськогосподарського призначення в контексті забезпечення продовольчої безпеки держави: міжнародна наукова конференція* (24 жовтня 2024 р. Київ, ННЦ «ІАЕ»), 2024. С. 147-151.

6. **Гордієнко М.В.** Продуктивність проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції: матеріали ХУІ міжнародної науково-практичної конференції 17 червня 2025 року, Чабани*). К.:ТОВ «ТРОПЕА», 2025. С. 54-56.

7. **Гордієнко М.В.** Індекс листкової поверхні проса посівного залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Сучасне і майбутнє систем землеробства: парадигма розвитку в контексті глобальних викликів та інноваційних рішень»: міжнародна наукова конференція* (5 листопада 2025 р., Чабани). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2025. С. 89-93.

8. Голодна А.В., **Гордієнко М.В.** Економічна ефективність вирощування проса в Правобережному Лісостепу України. *International Scientific and Practical Conference “Integration of Science, Technology and Education in the Context of Global Changes: Challenges and Opportunities for the Sustainable Development of Society”:* *Conference Proceedings (San Francisco, USA, February 26, 2026)*. San Francisco, USA: Golden Quill Publishing, 2026. P.76-79. DOI: <https://doi.org/10.64076/GQP-26.02.2026.008>

Науково-методичні рекомендації

1. Адаптаційні стратегії та оптимізація продуктивності круп'яних культур в умовах кліматичних змін Правобережного Лісостепу: науково-методичні рекомендації /В.Ф. Камінський, О.Г. Любчич, Р.Є. Грищенко, В.О. Сербенюк, **М.В. Гордієнко**. Вінниця: ТВОРИ, 2025. 48 с.