

НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЧУГАН ВІКТОР ВІКТОРОВИЧ**

УДК 631.5:633.171: 631.584.4:631.67 (477.7)

ДИСЕРТАЦІЯ  
**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЖНИВНОГО  
ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО (*PANICUM MILIACEUM L.*) НА  
ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

201 Агрономія  
(20 Аграрні науки та продовольство)

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

\_\_\_\_\_ В.В. Чуган

Науковий керівник: Рудік Олександр Леонідович,  
доктор сільськогосподарських наук, професор

Одеса – 2026

## АНОТАЦІЯ

**Чуган В. В. Оптимізація елементів технології післяжнивного вирощування проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) на зрошуваних землях південного Степу України.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія. Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, Одеса, 2026.

У дисертаційній роботі здійснено нове вирішення наукового завдання, що полягає в удосконаленні елементів технології післяжнивного вирощування проса посівного з урахуванням кліматичних змін та вимог раціонального використання ресурсів на зрошуваних землях південного Степу України.

**Актуальність роботи.** Зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання зрошуваних земель шляхом упровадження інтенсивних, ресурсоощадних технологій отримання двох урожаїв з однієї площі. Реалізація потенціалу таких технологій забезпечується використанням високоврожайних і адаптованих до нетипових умов вирощування, стресостійких сортів; оптимізацією структури агрофітоценозу; застосуванням науково обґрунтованого режиму живлення, як ключових чинників інтенсифікації сільськогосподарського виробництва.

Підвищення ефективності виробництва зерна проса як цінної круп'яної культури пов'язана із необхідністю забезпечення економічної доцільності виробничої практики післяжнивних посівів. Попри наявність значного сортового різноманіття з різними адаптивними властивостями та господарськими ознаками, біологічний і продуктивний потенціал проса в післяжнивних посівах використовується недостатньо. Це обумовлює потребу в науково обґрунтованому доборі сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, з метою повнішої реалізації їх потенціалу та

підвищення економічної ефективності агровиробництва в цілому на агрономічно обґрунтованому рівні живлення.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у вирішенні важливого наукового завдання щодо дослідження впливу елементів технології на зернову продуктивність сортів проса посівного вітчизняної селекції в зрошуваних умовах Південного Степу України, з метою оптимізації технології, відповідно до чого уперше було встановлено:

- потреби теплових ресурсів проса за післяжнивного вирощування;
- найбільш адаптовані до післяжнивних умов вирощування сучасні сорти культури;
- ефективність системи живлення культури, що передбачає основне внесення добрив та проведення підживлення органічним добривом Soil algae;
- обґрунтованість, в умовах післяжнивного вирощування, фоліарного застосування органічного добрива на посівах проса посівного;
- особливості формування урожайності та якості зерна проса під впливом елементів агротехніки за умов післяжнивного вирощування;
- економічну та енергетичну ефективність вирощування сучасних сортів проса.

За результатами проведених робіт було доведено, що поточні кліматичні зміни сприятливо впливають на гідротермічні умови для вирощування післяжнивних культур за наявності стабільного зрошення.

Встановлено, що виходячи із біологічного мінімуму для проса посівного (10°C) сума активних температур за період повного циклу розвитку культури із урахуванням впливу системи живлення досягає 1904 °C, із коливаннями в окремі роки у 7,58%. Температурний режим післяжнивного періоду відповідає біологічним потребам культури, оскільки сума більш сприятливих для культури температур понад 15°C у середньому за роки спостережень різниться на прийнятному рівні 4,93%, а пониження температур в період вегетації нижче 10°C є нетиповим явищем.

Доведено, що серед досліджуваних об'єктів середньостиглої та середньопізньої груп найбільше споживання теплових ресурсів відбувається сортом Вітрило (1904 °C), та Миронівське 51 (1891°C) із коливаннями в межах років 7,77 та 7,36%. Встановлено, що ці об'єкти переважно різняться теплозабезпеченістю в період дозрівання зерна, в межах до 3,3%, що робить можливим їх використання для післяжнивного вирощування. Встановлено значні коливання та непередбачуваність гідротермічних умов, незважаючи на періодичне надходження опадів, унеможлиблює післяжнивне вирощування сільськогосподарських культур без застосування зрошення. Отримані закономірності значень ГТК, за якими умови періоду вегетації проса посівного характеризуються як надзвичайно посушливі. Виявлено, що середній багаторічній динаміці температури повітря краще відповідає поліноміальна функція четвертого ступеня, що дозволяє проводити загальну оцінку температурних умов післяжнивного періоду. Доведено, що ключовою умовою без ризикового впровадження проміжних посівів є обґрунтоване визначення періоду можливої активної вегетації культури, який охоплює залишок вегетаційного сезону до дати переходу температури повітря через біологічний нуль. Фактичний початок післяжнивного періоду визначається термінами збирання попередника, що суттєво залежать від умов переважно червня - періоду дозрівання пшениці озимої. На цій підставі встановлено зростання значень коефіцієнтів кореляції між середньомісячною температурою повітря червня та сумами активних і ефективних температур за післяжнивний період. Виявлені закономірності зв'язків середньомісячної температури повітря та індексу атмосферної посушливості червня із рівнем теплозабезпеченості післяжнивного періоду пшениці озимої та отримані статистично значимі лінійні рівняння регресії,  $R^2 = 0,7$ , що дозволяють прогнозувати ресурси тепла. Запропонована поліноміальна функція четвертого ступеня яка з прийнятною точністю апроксимує динаміку теплозабезпеченості післяжнивного періоду.

Встановлено, що ґрунтові умови післяжнивного періоду є малосприятливими для вегетації проса посівного та не забезпечують рослини доступними елементами живлення, у обсягах, необхідних для формування належного врожаю. Застосування мінеральних добрив сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунту післяжнивного періоду. Найвищий рівень забезпеченості рослин проса доступними формами азоту та фосфору встановлено за внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{40}$ . Доведено на цьому фоні збільшення вмісту нітратного азоту в середньому складає 12,9%, а рухомого фосфору 24,5%. Виявлено впродовж вегетації поступове зниження в ґрунті вмісту нітратного азоту із 10,6 до 5,69 а рухомого фосфору із 54,6 до 30,9 мг/кг, тоді як вміст обмінного калію мав динаміку до зростання із 307 до 334 мг/кг. Зафіксовано зниження вмісту рухомого калію, порівняно із контролем, на варіантах внесення азотно-фосфорних добрив, що оцінено як наслідок збільшення його споживання.

Встановлено, що в умовах даної ґрунтово-кліматичної зони для післяжнивного вирощування сумарне водоспоживання проса складає 1862–1886 м<sup>3</sup>/га, та залежно від системи живлення змінюється не більше ніж на 1,3 %, при максимальному відхиленні за роки досліджень до 15,5%. Зафіксовано, що основну частку водоспоживання забезпечує зрошення – 69,2–69,8 %, тоді як внесок ґрунтової вологи та атмосферних опадів складає відповідно 10,1–10,3 % і 20,1–20,7 %. Зафіксовано коливання норми зрошення в роки досліджень в 120-150 мм. Застосування системи живлення  $N_{60}P_{40}$  у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га, не суттєво, в межах до 1,2%, збільшуючи сумарне водоспоживання, забезпечує найменший коефіцієнт водоспоживання – 648 м<sup>3</sup>/т, який 1,55 рази менше показника на контролі без добрив. Сорт Вітрило та Миронівське 51, за норми висіву 3,5 млн шт./га, характеризується найбільш економним використанням води – 683 м<sup>3</sup>/т. Показано, що збільшення норми висіву призводить до зростання питомих витрат води сортами проса на 5,26 та 9,19 %.

З'ясовано, що в умовах післяжнивного вирощування агротехнічні заходи несуттєво впливають на тривалість вегетаційного періоду: збільшення норми висіву із 3,5 до 4,0 та 4,5 млн шт./га скорочує вегетацію на 1-3 доби; внесення мінеральних добрив затримує вегетацію на 1-3 доби. Встановлено, що в умовах Південного Степу представлені середньостиглі та середньопізні сорти проса, за вирощування після пшениці озимої, завершують повний вегетаційний цикл за 72-78 діб залежно від загущення. Зафіксовано, що тривалість вегетаційного періоду у досліджуваних сортів коливається від 74 діб у сортів Полта та Сонечко слобідське до 77 діб у сорту Миронівське 51 та 78 діб у сорту Вітрило.

Встановлено, за результатами порівняльного аналізу досліджень та аналітичного огляду наукових джерел, що у післяжнивних посівах, порівняно із основними строками, відбувалося переважно скорочення міжфазного періоду сівба – сходи та сходи – викидання волоті, тоді як період викидання волоті – дозрівання не зазнає значних змін

Встановлено, що система живлення з внесенням  $N_{30}P_{20}$ , забезпечує найкраще поєднання показників польової схожості, виживаності рослин і густоти продуктивного стеблостою. Підвищення норм мінерального живлення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  сприяє технологічно допустимому зниженні польової схожості до 84,2-85,6%, загальної виживаності рослин 75,3-76,1 %, що забезпечує перед збирання 264–269 продуктивних пагонів на квадратний метр. Запровадження позакореневого підживлення препаратом Soil algae (5 л/га) не забезпечує істотного покращення структури фітоценозу.

Показано, що темпи збільшення, маси зерна однієї рослини та щільності волоті, при збільшенні фону живлення понад  $N_{45}P_{30}$  + підживлення Soil algae 5 л/га, зменшуються, а збільшення норми висіву призводить до зменшення індивідуальних показників продуктивності рослини.

Встановлено, що в умовах післяжнивного вирощування норма висіву 4 та 4,5 млн шт./га забезпечує збільшення кількості продуктивних пагонів у середньому на 14,2 та 27,4%. Показано, що серед представлених об'єктів за

найвищого загушення сорти Вітрило та Денвікське зберігають найвищі показники виживаності рослин, у 92,9 та 91,4%, та формують продуктивний стеблостій 372 шт./м<sup>2</sup>, та 359 шт./м<sup>2</sup>.

З'ясовано, що внесення мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> забезпечує збільшення продуктивної кущистості на 5,05%, висоти рослин на 10,9% та формування сухої наземної маси на 39,8 %. Запровадження підживлення Soil algae 5 л/га формує періодично значиму динаміку збільшення висоти рослин та збільшення сухої маси на 3,39%.

Встановлено, що в умовах післяжнивного вирощування підвищення норми мінерального живлення у поєднанні з підживленням органічним добривом Soil algae (5л/га) забезпечує формування розвиненіших рослин із більшою індивідуальною продуктивністю, однак при цьому ефективність вищих систем живлення зменшується. Зафіксовано на фоні внесення мінеральних добрив N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та підвищення норми до N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> зростання довжини волоті на 9,52 та 16,1%, щільності волоті на 41,2 та 43,6%, а маси зерна однієї волоті на 54,5 та 66,7%. За рахунок збільшення норми добрив встановлено зростання довжини волоті на 5,9%, щільності на 1,8 % а маса зерна на 7,8%

Виявлено, що збільшення норми висіву з 3,5 до 4,5 та 5 млн схожих насінин на гектар зумовлює посилення внутрішньовидової конкуренції та збільшення висоти рослин на 1,7 та 3,3 % проте зменшення індивідуальних ознак рослин - загальної кущистості сортів на 1,8 та 4,1%, продуктивної кущистості на 2,0 та 3,5% а сухої наземної маси на 1,4 та 3,2 %.

З'ясовано, що незалежно від сорту найбільш сприятливе поєднання показників індивідуальної зернової продуктивності формуються за норми висіву 3,5 млн шт./га. В умовах післяжнивного вирощування сорт проса Миронівське 51 формує найвищий фотосинтетичний потенціал, 4,0 млн м<sup>2</sup> за добу, за максимально системи живлення - N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + підживлення Soil algae (5 л/га), тоді як чиста продуктивність фотосинтезу досягає максимальних значень, 2,16 г/м<sup>2</sup> за добу, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> + підживлення Soil algae (5 л/га).

Встановлено найвищий фотосинтетичний потенціал на посівах сортів проса посівного Вітрило 1,99-2,01 та Миронівське 51 – 1,97-2,01 млн м<sup>2</sup> за добу. Рослини сорту Полто вирізняються вищою продуктивністю фотосинтезу 4,69-4,88 г/м<sup>2</sup> за добу.

Зафіксовано, що листовий індекс досягає найвищих значень у фазу викидання волоті, переваги удобрених варіанті достовірно проявляються впродовж всього періоду вегетації. Зафіксовано найбільший листовий індекс на фоні N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + підживлення Soil algae (5 л/га). Достовірного впливу підживлення посівів проса органічним добривом Soil algae (5 л/га) на площу листя проса не встановлено.

Встановлено, що залежно від погодних умов року та елементів технології вирощування, урожайність проса зазнає істотної варіабельності й коливається в межах 1,81–2,96 т/га. Середньостиглі та середньопізні сорти проса посівного вітчизняної селекції за оптимальних норм висіву в післяжнивних посівах формують урожайність зерна на рівні 2,25–2,75 т/га.

З'ясовано, що оптимальний рівень урожайності зерна – 2,9 т/га формується за умови застосування передпосівного внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> у поєднанні з фоліарним підживленням препаратом Soil algae (5 л/га) у фазу 27–29 ВВСН. Подальше підвищення фону живлення не забезпечує статистично достовірного приросту врожайності. Встановлено, що максимальна окупність мінеральних добрив (16,4 кг зерна на 1 кг д.р.) досягається за системи живлення N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> у поєднанні з позакореневим підживленням Soil algae (5 л/га). За внесення N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> з аналогічним підживленням показник окупності зменшується на 11,6 % проте залишається на достатньому рівні 14,5 кг/кг д.р. Виявлено, що сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га забезпечують найвищу урожайність зерна – 2,75 т/га, що на 7,64–16,7 % перевищує показники інших сортів. Підвищення норми висіву до 4,0–4,5 млн шт./га супроводжується зниженням урожайності на 0,19–0,23 т/га.

Встановлено, що за показником гомеостатичності (Ном) найвищою відповідністю генотипу умовам вирощування вирізнялися сорти Полто (9,74) та Вітрило (7,92), коефіцієнт агростабільності яких становив відповідно 89,7 та 87,4 %. Встановлено, що сорт Полто характеризується оптимальним поєднанням низької мінливості урожайності, високої гомеостатичності та агростабільності, що дозволяє віднести його до стабільних і широко адаптованих генотипів. Доведено, що сорти Миронівське та Вітрило доцільно класифікувати як сорти інтенсивного типу, здатні реалізовувати підвищений потенціал урожайності за сприятливих умов вирощування. У післяжнивних посівах сорт Вітрило відзначався високою пластичністю та позитивною реакцією на загушення посівів у разі збільшення норми висіву, тоді як сорти Сонечко слобідське та Денвікське характеризувалися підвищеною гомеостатичністю та стабільністю урожайності.

Встановлено, що застосування мінеральних добрив істотно підвищує економічну ефективність вирощування культури, а оптимальні економічні показники – максимальний умовно чистий прибуток (10,0 тис. грн/га), найвищий рівень рентабельності (36,9 %) та мінімальна собівартість продукції (9,34 тис. грн/т) – забезпечуються за системи живлення, що передбачає внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{30}$  у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га. Доведено, що поєднання мінерального фону з органічним підживленням формує найбільш раціональне співвідношення між виробничими витратами та вартістю валової продукції, тоді як подальше підвищення рівня мінерального живлення не супроводжується зростанням економічної ефективності.

Виявлено, що в структурі виробничих витрат економічно оптимального варіанту домінують витрати на зрошення (42,6 %), частка мінеральних добрив становить 19,2 %, паливно-мастильних матеріалів – 13,4 %, засобів захисту рослин – 6,61 %, що відображає оптимальне співвідношення витрат і отриманих результатів.

Доведено, що в умовах післяжнивного вирощування найвищу економічну ефективність забезпечують сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га, використання яких дозволяє отримати максимальний умовно чистий прибуток (11,1 тис. грн/га), найвищий рівень рентабельності (46,0 %) та найнижчу собівартість зерна (8,76 тис. грн/т). Для всіх досліджуваних сортів оптимальною є норма висіву 3,5 млн шт./га, підвищення якої до 4,0–4,5 млн шт./га супроводжується зниженням економічної ефективності незалежно від сортових особливостей.

**Ключові слова:** *зрошення, післяжнивні посіви, просо посівне, сорти, норми висіву, система живлення, структура врожаю, адаптивність сортів, якість зерна, економічна ефективність, енергетичний аналіз.*

## ANNOTATION

**Chuhan V. V. Optimization of elements of the technology of post-harvest cultivation of millet (*Panicum miliaceum* L.) on irrigated lands of the southern Steppe of Ukraine.** – Qualification scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 – Agronomy. – Institute of Climate-Smart agriculture of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, Odesa, 2026.

The dissertation work presents a new solution to the scientific problem, which consists in improving the elements of the technology of post-harvest cultivation of seed millet, taking into account climate change and the requirements of rational use of resources on irrigated lands of the southern Steppe of Ukraine.

Relevance of the work. It is caused by the need to increase the efficiency of using irrigated land by introducing intensive, resource-saving technologies for obtaining two crops from the same area. The realization of the potential of such technologies is ensured by the use of high-yielding and stress-resistant varieties adapted to atypical growing conditions; optimization of the structure of agrophytocenosis; application of scientifically substantiated nutrition regime as key factors in the intensification of agricultural production

Increasing the efficiency of millet grain production as a valuable cereal crop is associated with the need to ensure the economic feasibility of the production practice of post-harvest crops. Despite the presence of significant varietal diversity with different adaptive properties and economic characteristics, the biological and productive potential of millet in post-harvest crops is insufficiently used. This necessitates the need for scientifically based selection of varieties adapted to specific soil and climatic conditions, in order to more fully realize their potential and increase the economic efficiency of agricultural production as a whole at an agronomically justified level of nutrition.

**The scientific novelty of the** obtained results lies in solving an important scientific problem of studying the influence of technology elements on the grain productivity of domestically bred seed millet varieties in irrigated conditions of the

Southern Steppe of Ukraine, according to which it was established for the first time:

- modern crop varieties most adapted to post-harvest growing conditions;
- the effectiveness of the crop nutrition system, which involves the main application of fertilizers and top dressing with organic fertilizer Soil algae;
- the validity, in the conditions of post-harvest cultivation, of foliar application of organic fertilizer on sowing millet crops;
- features of the formation of yield and quality of millet grain under the influence of agricultural techniques in the conditions of post-harvest cultivation;
- economic and energy efficiency of growing modern millet varieties.

According to the results of the work, it was proven that current climate changes have a beneficial effect on the hydrothermal conditions for growing post-harvest crops in the presence of stable irrigation.

It was established that, based on the biological minimum for millet (10°C), the sum of active temperatures for the period of the full cycle of crop development, taking into account the influence of the nutrition system, reaches 1904°C, with fluctuations in individual years of 7.58%. The temperature regime of the post-harvest period meets the biological needs of the crop, since the sum of temperatures more favorable for the crop above 15°C on average over the years of observations varies at an acceptable level of 4.93%, and a decrease in temperatures during the growing season below 10°C is an atypical phenomenon.

It is proven that among the studied objects of mid-ripening and mid-late maturity groups, the greatest use of heat resources occurs in the varieties Vitrylo (1904 ° C) and Myronivske 51 (1891 ° C) with fluctuations within the years of 7.77 and 7.36%. It was established that these objects mainly differ in heat supply during the grain ripening period, within 3.3%, which makes it possible to use them for post-harvest cultivation.

Significant fluctuations and unpredictability of hydrothermal conditions have been established, which, despite the periodic rainfall, makes post-harvest cultivation of agricultural crops impossible without irrigation. Regularities of GTC

values have been obtained, according to which the conditions of the growing season of millet are characterized as extremely dry. It has been found that the average long-term dynamics of air temperature is best matched by a polynomial function of the fourth degree, which allows for a general assessment of the temperature conditions of the post-harvest period.

It is proved that the key condition for the risk-free introduction of intermediate crops is a reasonable determination of the period of possible active vegetation of the crop, which covers the remainder of the growing season until the date of the air temperature passing through biological zero. The actual beginning of the post-harvest period is determined by the terms of harvesting the predecessor, which significantly depend on the conditions of mainly June, the period of ripening of winter wheat. On this basis, an increase in the values of the correlation coefficients between the average monthly air temperature in June and the sums of active and effective temperatures for the post-harvest period was established.

The regularities of the relationship between the average monthly air temperature and the atmospheric dryness index of June with the level of heat supply in the post-harvest period of winter wheat were revealed and statistically significant linear regression equations,  $R^2 = 0.7$ , were obtained, which allow predicting heat resources. The proposed fourth-degree polynomial function with high accuracy approximates the dynamics of heat supply in the post-harvest period.

It was established that the soil conditions of the post-harvest period are unfavorable for the vegetation of millet and do not provide the plants with available nutrients in the amounts necessary for the formation of a full-fledged harvest. The use of mineral fertilizers contributes to the improvement of the nutrient regime of the soil in the post-harvest period. The highest level of provision of millet plants with available forms of nitrogen and phosphorus was established when mineral fertilizers were applied at a dose of  $N_{60}P_{40}$ .

It was proved against this background that the increase in the content of nitrate nitrogen is on average 12.9%, and mobile phosphorus is 24.5%. During the vegetation period and consumption of the crop, a gradual decrease in the content of

nitrate nitrogen in the soil from 10.6 to 5.69 and mobile phosphorus from 54.6 to 30.9 mg/kg was detected, while the content of exchangeable potassium had a growth trend from 307 to 334 mg/kg. A decrease in the content of mobile potassium, compared with the control, was recorded in the variants of applying nitrogen-phosphorus fertilizers, which is estimated as a consequence of an increase in its consumption.

It was established that in the conditions of this soil and climatic zone for post-harvest cultivation, the total water consumption of millet should be 1862–1886 m<sup>3</sup>/ha, which, depending on the feeding system, varies by no more than 1.3%, with a maximum deviation over the years of research of up to 15.5%. It was recorded that the main share of water consumption is provided by irrigation - 69.2–69.8%, while the contribution of soil moisture and precipitation is 10.1–10.3% and 20.1–20.7%, respectively.

The recorded fluctuation of the irrigation rate during the years of research was 120-150 mm. The use of the N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> feeding system in combination with foliar top dressing with the Soil algae preparation at a rate of 5 l/ha, not significantly, within 1.2%, increasing the total water consumption, provides the lowest water consumption coefficient - 648 m<sup>3</sup>/t, which is 1.55 times less than the indicator in the control without fertilizers. The variety Vitrylo and Myronivske 51 at a seeding rate of 3.5 million pcs./ha are characterized by the most economical use of water - 683 m<sup>3</sup>/t. It is shown that an increase in the seeding rate leads to an increase in the specific water consumption of millet varieties by 5.26 and 9.19%.

It was found that in the conditions of post-harvest cultivation, agrotechnical measures have a negligible effect on the duration of the growing season: increasing the seeding rate from 3.5 to 4.0 and 4.5 million pcs / ha reduces the growing season by 1-3 days; the application of mineral fertilizers delays the growing season by 1-3 days. It was established that in the conditions of the Southern Steppe, the presented mid-ripening and mid-late varieties of millet when grown after winter wheat complete the full growing season in 72-78 days, depending on the thickening. It was recorded that the duration of the growing season in the studied

varieties ranges from 74 days in the varieties Polto and Sonechko Slobidske to 77 days in the variety Myronivske, 51 and 78 days in the variety Vitrylo.

It was established based on the results of a comparative analysis of research and an analytical review of scientific sources that in post-harvest crops, compared to the main terms, there was mainly a reduction in the interphase period of sowing - seedlings and seedlings - panicle ejection, while the period of panicle ejection - ripening does not undergo such significant changes.

It was established that the feeding system with the introduction of N30P20 provides the best combination of field germination indicators, plant survival and productive stem density. Increasing the mineral nutrition rates to N45P30 and N60P40 contributes to a technologically permissible decrease in field germination to 84.2-85.6%, total plant survival to 75.3-76.1%, which provides 264-269 productive shoots per square meter before harvesting.

The introduction of foliar top dressing with the preparation Soil algae (5 l/ha) does not provide a significant improvement in the structure of the phytocenosis.

It has been shown that the growth rates, the weight of the grain of one plant and the density of the panicle with an increase in the nutritional background above N45P30 + top dressing with Soil algae 5 l/ha decrease, and an increase in the seeding rate leads to a decrease in individual indicators of plant productivity.

It was established that in the conditions of post-harvest cultivation, the seeding rate of 4 and 4.5 million pcs./ha provides an increase in the number of productive shoots by an average of 14.2 and 27.4%. It was shown that among the presented objects, the varieties Vitrylo and Denvikske at the highest density retain the highest plant survival rates, at 92.9 and 91.4%, and form a productive stem of 372 pcs./m<sup>2</sup>, and 359 pcs./m<sup>2</sup>.

It was found that the application of mineral fertilizers N60P40 provides an increase in productive bushiness by 5.05%, plant height by 10.9% and the formation of dry ground mass by 39.8%. The introduction of Soil algae fertilizing

5 l/ha forms a periodically significant dynamics of an increase in plant height and an increase in dry mass by 3.39%.

It was established that in the conditions of post-harvest cultivation, increasing the rate of mineral nutrition in combination with fertilizing with organic fertilizer Soil algae (5 l / ha) ensures the formation of more developed plants with greater individual productivity, however, the efficiency of higher nutrition systems decreases. Against the background of the application of mineral fertilizers N45P30 and increasing the rate to N60P40, an increase in panicle length by 9.52 and 16.1%, panicle density by 41.2 and 43.6%, and the mass of grain in one panicle by 54.5 and 66.7% was recorded.

By increasing the fertilizer rate, an increase in panicle length was established by 5.9%, density by 1.8%, and grain mass by 7.8%. It was found that an increase in the seeding rate from 3.5 to 4.5 and 5 million similar seeds per hectare leads to increased intraspecific competition and an increase in plant height by 1.7 and 3.3%, but a decrease in individual plant characteristics - total bushiness of varieties by 1.8 and 4.1%, productive bushiness by 2.0 and 3.5%, and dry ground mass by 1.4 and 3.2%.

It was found that regardless of the variety, the most favorable combination of individual grain productivity indicators is formed at a seeding rate of 3.5 million pcs./ha. In post-harvest cultivation conditions, the Myronivske 51 millet variety forms the highest photosynthetic potential, 4.0 million m<sup>2</sup> per day, under the maximum feeding system - N60P40 + Soil algae fertilizing 5 l/ha, while the net photosynthesis productivity reaches maximum values, 2.16 g/m<sup>2</sup> per day, against the background of N30P20 + Soil algae fertilizing 5 l/ha.

The highest photosynthetic potential was established on crops of millet varieties of the type Vitrylo 1.99-2.01 and Myronivske 51 – 1.97-2.01 million m<sup>2</sup> per day. Plants of the Polto variety are distinguished by the highest photosynthesis productivity of 4.69-4.88 g/m<sup>2</sup> per day.

It was recorded that the leaf index reaches the highest values in the panicle ejection phase, the advantages of the fertilized variant are reliably manifested

throughout the entire vegetation period. On the variants of the nutrition system, the highest leaf index was recorded on the background of N60P40 + fertilizing Soil algae 5 l/ha. A reliable effect of fertilizing millet crops with organic fertilizer Soil algae 5 l/ha on the area of millet leaves was not established.

It was found that depending on the weather conditions of the year and elements of the growing technology, the yield of millet is subject to significant variability and ranges from 1.81 to 2.96 t/ha. Mid-ripening and mid-late varieties of domestically bred seed millet with optimal sowing rates in post-harvest crops form grain yields at the level of 2.25 to 2.75 t/ha.

It was found that the optimal level of grain yield is 2.9 t/ha is formed under the condition of pre-sowing application of mineral fertilizers at a dose of N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> in combination with foliar top dressing with the Soil algae preparation at a rate of 5 l/ha in the phase 27–29 of the VVSN. Further increase in the nutritional background does not provide a statistically significant increase in yield. It was established that the maximum payback of mineral fertilizers (16.4 kg of grain per 1 kg of dry matter) is achieved under the N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> feeding system in combination with foliar top dressing with Soil algae (5 l/ha). When applying N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> with similar top dressing, the payback indicator decreases by 11.6%, but remains at a sufficient level of 14.5 kg/kg dry matter. It was found that the varieties Myronivske 51 and Vitrylo at a seeding rate of 3.5 million units/ha provide the highest grain yield - 2.75 t/ha, which is 7.64–16.7% higher than other varieties. An increase in the seeding rate to 4.0–4.5 million units/ha is accompanied by a decrease in yield by 0.19–0.23 t/ha.

It was established that according to the homeostatic index (Hom), the highest genotype correspondence to growing conditions was distinguished by the varieties Polto (9.74) and Vitrylo (7.92), the agrostability coefficient of which was 89.7 and 87.4%, respectively. It was established that the Polto variety is characterized by an optimal combination of low yield variability, high homeostaticity and agrostability, which allows it to be attributed to stable and widely adapted genotypes. It was proved that the varieties Myronivske and Vitrylo

should be classified as varieties of intensive type, capable of realizing increased yield potential under favorable growing conditions.

In post-harvest crops, the Vitrylo variety was characterized by high plasticity and a positive response to crop thickening in the event of an increase in seeding rate, while the Sonechko Slobidske and Denvikske varieties were characterized by increased homeostasis and yield stability.

It was found that in post-harvest crops, the variety Vitrylo is characterized by high ecological plasticity and a positive genotype response to crop thickening in the event of an increase in the seeding rate. At the same time, the varieties Sonechko Slobidske and Denvikske are characterized by increased homeostasis and yield stability, which indicates their better adaptability to changing growing conditions and the ability to provide balanced productivity indicators.

It has been established that the use of mineral fertilizers significantly increases the economic efficiency of crop cultivation, and optimal economic indicators – maximum conditional net profit (10.0 thousand UAH/ha), the highest level of profitability (36.9%) and minimum cost of production (9.34 thousand UAH/t) – are provided by a nutrition system that involves the application of mineral fertilizers at a dose of  $N_{45}P_{30}$  in combination with foliar top dressing with the Soil algae preparation at a rate of 5 l/ha.

It is proven that the combination of mineral background with organic fertilization forms the most rational ratio between production costs and the cost of gross output, while a further increase in the level of mineral nutrition is not accompanied by an increase in economic efficiency. It was found that in the structure of production costs of the economically optimal option, irrigation costs dominate (42.6%), the share of mineral fertilizers is 19.2%, fuels and lubricants - 13.4%, plant protection products - 6.61%, which indicates an optimal ratio of costs and results.

It has been proven that in post-harvest cultivation conditions, the highest economic efficiency is provided by the varieties Myronivske 51 and Vitrylo at a seeding rate of 3.5 million units/ha, the use of which allows obtaining the

maximum conditional net profit (11.1 thousand UAH/ha), the highest level of profitability (46.0%) and the lowest cost of grain (8.76 thousand UAH/t). For all studied varieties, the optimal seeding rate is 3.5 million units/ha, an increase of which to 4.0–4.5 million units/ha is accompanied by a decrease in economic efficiency regardless of varietal characteristics.

**Keywords:** *irrigation, post-harvest crops, seed millet, varieties, seeding rates, nutrition system, crop structure, adaptability of varieties, grain quality, economic efficiency, energy analysis.*

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

### *Наукові праці, у яких опубліковані основні результати дисертації*

#### *Стаття у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази даних Web of Science:*

1. Rudik O., Vozhehova R., Lykhovyd P., Serhieiev L., **Chuhan V.** Agrotechnological and economic importance of the heat supply forecasting for the post-harvest period in the dry steppe zone of ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2024. Vol. 24, Issue 3. Pp. 759-765. [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24\\_3/volume\\_24\\_3\\_2024.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_3/volume_24_3_2024.pdf)

*(особистий внесок 60% – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Rudik O. – 10 % підготовка матеріалу; внесок Vozhehova R. – 10% підготовка матеріалу; внесок Lykhovyd P. – 10% підготовка матеріалу, внесок Serhieiev L. – 10% підготовка матеріалу).*

#### *Статті у наукових фахових виданнях України*

2. Рудік О.Л., Рудік Н.М., Сергєєв Л.А., **Чуган В.В.** Просо посівне в системі адаптації аграрного виробництва до глобальних викликів сьогодення. *Аграрні інновації*. 2022. Вип 12. С. 52-59. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.9> *(особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 10 % підготовка матеріалу; внесок Рудік Н.М. – 10% підготовка матеріалу; внесок Сергєєв Л.А. – 10% підготовка матеріалу).*

*(особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 10 % підготовка матеріалу; внесок Рудік Н.М. – 10% підготовка матеріалу; внесок Сергєєв Л.А. – 10% підготовка матеріалу).*

3. Рудік О.Л., Сергєєв Л.А., Римар Д.Є., **Чуган В.В.** Оцінка агрокліматичних умов післяжнивного періоду Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України. *Аграрні інновації*. 2022. Вип 13. С. 126-

136. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.20> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 10 % підготовка матеріалу; внесок Сергєєв Л.А. – 10% підготовка матеріалу; внесок Римар Д.Є. – 10% підготовка матеріалу).

4. Рудік О.Л., **Чуган В.В.**, Мезенцев Д.М. Енергетична оцінка елементів технології вирощування проса посівного як проміжної культури. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 137. С. 189–194. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.24> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 15 % підготовка матеріалу; внесок Мезенцев Д.М. – 15% підготовка матеріалу).

5. Рудік О.Л., Заєць С.О., **Чуган В.В.**, Вплив фону живлення на формування продуктивності проса посівного за післяжнивного вирощування в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2025. Том 103, № 10. С. 5-12. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202510> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 15 % підготовка матеріалу; внесок Заєць С.О. – 15% підготовка матеріалу).

6. Рудік О.Л., **Чуган В.В.** Водоспоживання посівів проса посівного при післяжнивному вирощуванні в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 32. С. 252-257. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.35> (особистий внесок 70% авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

7. **Чуган В.В.**, Рудік О.Л. Особливості росту, розвитку та формування урожаю зерна сортів проса посівного при післяжнивному вирощуванні за різних норм висіву. *Таврійський науковий вісник*. 2025. Вип. 146. С. 189–194. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.24> (особистий внесок 70%

авторства – ідея, виконання наукового дослідження, науково-пошукової роботи, написання статті; внесок Рудік О.Л. – 30 % підготовка матеріалу).

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

8. **Чуган В. В.**, Рудік О. Л. Потенціал проса в розрізі поточних проблем АПК України. *Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій – інновації молодих вчених для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої Дню науки (м. Херсон, 20 травня 2022 р.). Херсон: ІЗЗ НААН, 2022. С. 51-53. (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

9. **Чуган В.В.**, Рудік О.Л. Просо посівне в системі кліматично орієнтованого інтенсивного виробництва. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 30 вересня 2022 р.). Одеса: ІКОСГ НААН, 2022. С. 227-229. (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

10. Рудік О.Л., **Чуган В.В.** Оцінка теплозабезпеченості посівів проса при післяжнивному вирощуванні на Півдні України. *Аграрна наука: стан та перспективи розвитку*: збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 24-25 листопада 2022 р.). Одеса: ОДАУ, 2022. С. 97-100. (особистий внесок 80 %, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).

11. **Чуган В.В.**, Рудік О.Л. Ефективність використання добрив при післяжнивному вирощуванні проса. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва* : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 45-47. (особистий внесок 80 %, виконання

*експериментальних досліджень, підготовка матеріалу, написання тез доповіді; внесок співавтора 20 %, підготовка матеріалу).*

12. Rudik O., Sergeev L., **Chugan V.** Post-Harvest Sowing of Grain Crops in the System of Intensive Farming. *Icelic. 5 th Internacional congress on engineering and life science* (Pitești, September 10-12, 2024). Romania, 2024. P. 508. *(особистий внесок 70%, виконання наукового дослідження, підготовка матеріалу).*

13. **Чуган В. В.**, Рудік О.Л., Сергеев Л.А. Технологічні аспекти ефективного вирощування проміжних культур. *Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена до 130-річчя заснування Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, (м. Одеса, 28 березня 2025 р.). Одеса: ОДСДС ІКОСГ НААН, 2025. С. 74-76. *(особистий внесок 70%, виконання наукового дослідження, підготовка матеріалу).**

#### ***Заявка на патент (корисна модель)***

14. Заєць С.О., Рудік О.Л., Онуфран Л.І., **Чуган В.В.** Спосіб післяжнивного вирощування проса посівного в умовах зрошення на півдні України: Пат. Україна. № u 2025 05662; заявл. 18.11.2025 *(особистий внесок 70 %, виконання експериментальних досліджень, підготовка матеріалу, написання формули, опису, реферату, оформлення заявки; внесок Рудік О.Л. 10 %, підготовка матеріалу, внесок Заєць С.О. 10 %, підготовка матеріалу).*

ВСТУП	26
РОЗДІЛ 1 НАУКОВІ ЗАСАДИ ТА ЗАХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМІЖНОГО ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР (огляд літератури)	30
1.1 Проблеми ефективного використання зрошуваних земель в аспекті кліматичних змін	30
1.2 Агробіологічні передумови ефективного вирощування проса посівного у проміжних посівах	37
1.3 1.3 Базові елементи технології вирощування проса посівного в основних та проміжних посівах	50
Висновки по розділу 1	58
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	60
2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони дослідження	60
2.2 Погодні умови в роки дослідження та характеристика післяжнивного періоду	62
2.3. Методика проведення досліджень і особливості агротехніки в досліді	68
Висновки до розділу 2	72
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА УМОВ ПІСЛЯЖНИВНОГО ПЕРІОДУ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО	73
3.1. Особливості формування гідротермічних умов та аналіз потреб теплових ресурсів	73
3.2. Поживний режим ґрунту на посівах культури	87
3.3 Водоспоживання та використання вологи посівами проса посівного в післяжнивних посівах	94
Висновки до розділу 3	102
РОЗДІЛ 4 ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ПРОСА ПОСІВНОГО	105

	25
4.1. Фенологічні спостереження	105
4.2. Польова схожість та виживання рослин	110
4.3 Особливості формування елементів структури врожаю проса посівного в післяжнивних посівах	115
4.4 Динаміка росту та фотосинтетична діяльність	126
Висновки до розділу 4	140
РОЗДІЛ 5 УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПРОСА ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ	144
5.1. Урожайність проса в умовах післяжнивного вирощування	144
5.2. Технологічні властивості зерна проса посівного	161
Висновки до розділу 5	165
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ	168
6.1. Економічна ефективність проса в умовах післяжнивного вирощування	168
6.2. Енергетичний аналіз технологій післяжнивного вирощування проса	176
Висновки до розділу 6	183
ВИСНОВКИ	184
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	188
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	189
ДОДАТКИ	218

## ВСТУП

Для стабільного розвитку рослинництва, перш за все в Південному Степу України, важливе значення має раціональне використання наявних зрошуваних земель. Поточні кліматичні зміни: збільшення теплових ресурсів, розширення вегетаційного періоду, за наявності потужних іригаційних систем розширює можливості вирощувати культур сортів та гібридів як із більш тривалим періодом вегетації та потребами у теплових ресурсах, так і отримувати два повноцінні врожаї культур із однієї площі.

**Актуальність теми.** На даному етапі розвитку аграрного виробництва найбільш економічно привабливим є вирощування в післяжнивних посівах гречки, проса, сої та навіть окремих гібридів соняшника. З цих позицій просу, як цінній круп'яній культурі, не приділяється достатньої уваги, а його біологічний потенціал використовується явно не достатньо. Для забезпечення відповідного рівня ефективності двоурожайні технології повинні базуватися на використанні нових високоврожайних та пластичних сортів культури, адаптованих до нетипових теплового режиму та освітлення за умов літньо-осіннього вирощування, стійких до стресових біотичних та абіотичних факторів, а також обґрунтованому використанню такого важливого фактору інтенсифікації як режим живлення. Вирішенню вказаних питань направлена дана науково-дослідна робота.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є складовою частиною наукових досліджень відділу кліматично орієнтованих агротехнологій Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, що входили до тематичного плану установи згідно завдань: 05.00.01.02.Ф Агробіологічне обґрунтування технологій з гарантованого отримання урожаю післяжнивних зернових і технічних культур на зрошуваних землях Півдня України.

**Мета досліджень** – встановити закономірності впливу агроєкологічних факторів та базових елементів технології вирощування на динаміку

продукційних процесів нових сортів проса на зрошуваних землях при оптимізації агротехнічних прийомів їх післяжнивного вирощування.

Дослідження включали такі завдання:

- провести комплексну оцінку гідротермічних умов післяжнивного періоду вирощування проса посівного;
- визначити вплив досліджуваних чинників на біометричні показники рослин сортів проса при вирощуванні після збирання пшениці озимої;
- встановити вплив елементів системи живлення на асиміляційний апарат та фотосинтетичний потенціал посівів та встановити кореляцію ознак з урожайністю зерна культури;
- встановити рівень урожайності та якість зерна різних сортів проса за умов післяжнивного вирощування залежно від щільності агроценозу;
- дослідити вплив досліджуваних факторів на окупність ресурсів та показники економічної ефективності вирощування зерна проса посівного в зрошуваних умовах Південного Степу України.

**Об'єкт проведення досліджень:** процеси формування елементів продуктивності проса посівного при вирощуванні культур у проміжних посівах на зрошуваних землях Півдня України під впливом агротехнологічних факторів.

**Предмет дослідження:** сорти проса посівного, зернова продуктивність; норма висіву та складові системи живлення як елементи технології вирощування проса посівного; економічні показники вирощування досліджуваної культури в зрошуваних умовах Південного Степу України.

**Методи досліджень:** польовий – для визначення врожайності зерна, кількісних, лінійних та біометричних вимірів рослин; спостереження – для визначення фаз росту й розвитку рослин, загального стану посівів; лабораторний – визначення структури врожаю, якості зерна; статистичний – для оцінки достовірності даних та виявлення кореляційних зв'язків;

розрахунково-порівняльний – для оцінки економічної ефективності досліджуваних заходів.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Полягає у вирішенні важливого наукового завдання щодо дослідження впливу елементів технології на зернову продуктивність сортів проса посівного вітчизняної селекції в зрошуваних умовах Південного Степу України.

Уперше встановлено:

- найбільш адаптовані до післяжнивних умов вирощування вітчизняні сорти культури;
- обґрунтованість в умовах післяжнивного вирощування фоліарного застосування органічного добрива на посівах проса посівного;
- ефективність системи живлення культури, що передбачає основне внесення добрив та проведення підживлення органічним добривом Soil algae;
- особливості формування урожайності та якості зерна проса під впливом прийомів агротехніки за умов післяжнивного вирощування;
- моделі прогнозування теплозабезпеченості культур післяжнивного випрошування;
- економічну та енергетичну ефективність вирощування сучасних сортів проса.

**Набуло подальшого розвитку:** технологія вирощування проса посівного в зрошуваних умовах Південного Степу України.

**Практичне значення одержаних результатів.** Визначено сорти проса посівного вітчизняної селекції норму висіву та систему живлення культури, що гарантовано забезпечують високий урожай зерна та раціональне використання ресурсів. Запропоновано модель прогнозування теплозабезпеченості післяжнивного періоду.

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем разом із науковим керівником розроблено програму досліджень, здійснено аналітичний огляд за темою дослідження. З участю працівників відділу закладено польові дослідни-

проведено спостереження й аналізу. Основні положення дисертації розроблено й науково обґрунтовано безпосередньо автором. Авторство в спільно опублікованих наукових роботах складає від 60 до 90 %.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень та основні положення дисертації у 2021–2025 рр. доповідалися на конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції «Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій – інновації молодих вчених для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу» (м. Херсон, 20 травня 2022 р.); Міжнародній науково–практичній конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети» (м. Одеса, 30 вересня 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Ротмістровські читання частина 1: технології вирощування сільськогосподарських культур та трансформація властивостей ґрунту в умовах змін клімату» (м. Одеса, 28 березня 2025 р.); Icelic. 5 th Internacional congress on engineering and life science (Pitești, Romania, September 10-12, 2024); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Аграрна наука: стан та перспективи розвитку» (24-м. Одеса, 25 листопада 2022 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва» (м. Миколаїв, 21-22 березня 2024 р.).

Результати досліджень були впроваджені в ТОВ «Рис БЕССАРАБІЇ» на площі 12 га.

**Публікації.** За результатами досліджень по темі дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, у тому числі одна стаття у журналі, який цитується у наукометричних базах даних Web of Science, 6 статті у фахових виданнях України, 6 тез доповідей та одна заявка на патент.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається з вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел після кожного розділу та висновків. Робота викладена на 230 сторінках загального друкованого тексту комп'ютерного

набору, містить 38 таблиць, 19 рисунків, 10 додатків. Список використаних джерел налічує 257 найменувань, у тому числі латиницею – 85

## РОЗДІЛ 1

### НАУКОВІ ЗАСАДИ ТА ЗАХОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМІЖНОГО ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР (огляд літератури)

#### 1.1 Проблеми ефективного використання зрошуваних земель в аспекті кліматичних змін

У другому тисячолітті землеробство було зорієнтоване на максимальне підвищення врожайності з одиниці площі, через зростання чисельності населення та розвиток інтенсивних технологій. Їх екологічна незбалансованість спричинила негативний вплив на екосистеми, що зумовило формування концепції «зеленої економіки» та впровадження технологій ощадливого використання агроресурсів, які нині активно розвиваються [20, 124].

Екстенсивний шлях розвитку, яким є розширення площі ріллі, реально вичерпав себе і не може без ризиків бути реалізований при забезпеченні потреб людства [66, 136].

Водночас зберігаються значні резерви підвищення продуктивності наявних сільськогосподарських угідь. Сучасні наукові розробки з удосконалення технологій ефективного використання земельних ресурсів є доцільними для широкого впровадження, насамперед на найбільш придатних до аграрного використання угіддях, зокрема на зрошуваних землях, де інтенсифікація технологій забезпечує максимальний ефект [122].

Отримання кількох урожаїв упродовж року є відомим напрямом інтенсивного землеробства та широко застосовується для підвищення продуктивності ріллі й повнішого використання вегетаційного періоду. Найбільшого поширення така практика набула в тропічних і екваторіальних зонах із тривалим періодом вегетації, зумовленим достатнім теплом і вологозабезпеченням [187].

Зважаючи на об'єктивні глобальні проблеми пов'язані зі зростанням чисельності населення зацікавленість та практика поширення таких

технологій відбувається і в зоні помірного клімату, проте за відповідних кліматичних та господарських умов, якими перш за все є фактор природної забезпеченості вологою або наявність зрошення.

В Україні зосереджувався значний іригаційний потенціал: площа зрошуваних земель становила до 2,45 млн га, близько 80 % яких розташовано в зоні Степу. Найвищу частку зрошеної ріллі мали АР Крим (29,2 %) та південні області – Херсонська (25,6 %), Запорізька (13,4 %), Дніпропетровська (11,4 %), Одеська (11,2 %) і Миколаївська (11,1 %) [123].

За даними наукового аналізу та прогнозу мінімально необхідна площа зрошення в Україні має становити 1,5-1,7 млн. га. За такої площі на зрошувальних землях гарантовано буде вирощуватись 3,5-4,0 млн. т зерна, близько 5,0 млн. т овочів, 3,0-3,5 млн. т фруктів та винограду [96].

Зрошення, змінюючи співвідношення вологи й тепла, підвищує ефективність використання рослинами сонячної енергії, що забезпечує зростання продуктивності та стійкості рослинництва. Його інтеграція в систему землеробства сприяє раціональному використанню земельних і кліматичних ресурсів, зумовлюючи необхідність упровадження сучасних агротехнічних, економічних і еколого-меліоративних заходів. Ефективне функціонування зрошеного землеробства потребує не лише технічного переоснащення й адаптивних режимів зрошення, а й оптимізації структури посівних площ і сівозмін [32].

Такі підходи є складнішими, оскільки сучасні технології охоплюють сівозміну в цілому. Тому ефективність використання зрошуваних земель доцільно оцінювати з урахуванням усієї послідовності чергування основних і проміжних культур, їх взаємного впливу, післядії добрив і гербіцидів, запасів вологи та змін родючості ґрунту й стану агрофітоценозу [67].

Системи багаторазового вирощування культур (Multiple cropping) охоплюють різні форми інтенсифікації рослинництва, що передбачають вирощування культур у короткій послідовності, одночасно або в поєднанні

чистих і змішаних посівів. Виділяють два основні підходи: суміжне та послідовне вирощування.

Суміжне вирощування (Intercropping) полягає в одночасному розміщенні двох і більше культур на одному полі, що забезпечує ефективніше використання факторів середовища. Воно реалізується у формі змішаних (Mixed), рядкових (Row), смугових (Strip) або поетапних (Relay) посівів.

Послідовне вирощування (Sequential cropping) передбачає одержання двох і більше урожаїв шляхом поетапної сівби культур після збирання попередніх (Double, Triple cropping), а також вирощування культур із здатністю до відростання (Ratoon cropping) [176].

Технологія двоурожайного вирощування має обмежене кліматичне поширення й характеризується зростанням ризиків у напрямі з півдня на північ, зокрема в штаті Небраска (США). Її ефективність можлива лише за умов стабільного зрошення, оскільки за дефіциту опадів і ґрунтової вологи без поливу система є нежиттєздатною. Найпридатнішою культурою першого врожаю вважається озима пшениця, тоді як соняшник і соя – культури другого врожаю, переважно для південних регіонів [220].

За таких умов у 1987–1989 рр. після ячменю та озимої пшениці отримано врожаї сої, *Setaria italica* та *Pennisetum glaucum*. Для інтенсивних систем зрошуваного землеробства Степу України найбільший інтерес становлять технології послідовного вирощування культур після озимих і ярих зернових (Double / Sequential cropping), запровадженню яких сприяють наявні теплові ресурси та сучасні кліматичні зміни. Метеорологічні спостереження свідчать, що з 1980-х років кліматичні трансформації на глобальному й регіональному рівнях істотно впливають на аграрне виробництво, зокрема на зрошуване землеробство [58, 37, 183].

Для зменшення негативного впливу змін клімату, опустелювання та деградації ґрунтів доцільно насамперед упроваджувати інноваційні

технології рослинництва на зрошуваних землях, які за цих умов мають переваги щодо ефективного використання [140, 108, 207].

Урахування впливу зміни клімату на сільське господарство України потребує впровадження адаптаційних заходів на різних рівнях виробництва. Глобальні зміни клімату мають складний, важко передбачуваний та неоднозначний вплив на рослинництво [109, 165].

Кліматичні зміни підвищують ризики зниження продуктивності та стабільності рослинництва. Водночас зростання температури може збільшувати врожайність окремих культур завдяки подовженню вегетації, поліпшенню умов перезимівлі зернових і поширенню теплолюбних культур на північ, тоді як у південних регіонах воно посилює тепловий стрес і знижує ефективність виробництва [70, 145, 191, 204].

За цих умов стале ведення рослинництва із збереженням родючості ґрунтів можливе насамперед у системах зрошеного та закритого ґрунту. Моделювання за сценаріями кліматичних змін RCP4.5 і RCP8.5 (2021–2050 рр.) свідчить про трансформацію агрокліматичних ресурсів і потенційне зростання врожайності проса в Лісостепу України на 19%. Це зумовлює необхідність перегляду видового й сортового складу культур та оптимізації їх територіального розміщення [48].

У плані заходів, що сприяють ефективному використанню земель та забезпечують екологічну стійкість агроценозу головну роль відведено сівозміні, як базовій компоненті систем землеробства [54, 62]. Сівозміна, визначаючи часову структуру агрофітоценозів і перебіг біологічних процесів, формує водний, поживний та біоенергетичний режими ґрунту й забезпечує ефективнішу трансформацію енергії та біогенних елементів, створюючи стійкіші агробіологічні системи порівняно з монокультурами [138].

Сучасні інтенсивні сівозміни ґрунтуються на чергуванні біологічно різних культур із різними вимогами до умов середовища, що забезпечує високий екологічний і біологічний ефект, переважно за однорічного отримання врожаю. Водночас зрошення розширює можливості сівозміни,

дозволяючи повніше використовувати водні ресурси й вегетаційний період та запроваджувати проміжні, покривні й кормові культури без зниження продуктивності основних [39, 40, 158].

Водночас загострюється проблема збереження родючості зрошуваних ґрунтів, зокрема підтримання енергетичного й поживного балансу, водно-сольового режиму та фізичних властивостей ґрунту. Ефективним і маловитратним шляхом її вирішення є оптимізація структури посівних площ. Формування складу культур на зрошуваних землях має враховувати водозабезпеченість, ресурсні витрати та ринкову кон'юнктуру. Для підвищення окупності зрошення доцільно розширювати вирощування високорентабельних і посухостійких культур, що добре реагують на полив, зокрема сої, кукурудзи, соняшнику, ріпаку, а також льону олійного, сорго та баштану [33, 157, 159].

Базовою умовою підвищення ефективності зрошення є впровадження науково обґрунтованих сівозмін, що забезпечують раціональне використання агрокліматичного потенціалу, переваг чергування культур та післядії обробітку ґрунту, удобрення і зрошення [15].

Глобальні кліматичні зміни та зростання конкуренції за обмежені ресурси прісної води ускладнюють забезпечення продовольчої безпеки за умов зростання населення. Тому ключовою проблемою є підвищення виробництва рослинницької продукції за одночасного зменшення водоспоживання, зважаючи, що понад 70 % світового водозабору припадає на зрошення [231].

Ефективність використання зрошуваної ріллі та поливної води визначається рівнем застосованих технологій і результативністю господарювання та залежить від структури й чергування культур, їх біологічних особливостей, відповідності умовам вирощування, рівня агротехніки, технічного стану зрошувальних систем, організації виробництва й соціально-економічних чинників [101, 209].

За статистикою ФАО у світі зрошуються близько 20 відсотків від загальної кількості оброблюваних земель. Однак як обсяги так і інтенсивність їх використання із об'єктивних та суб'єктивних причин мають значні територіальні відмінності [188]. Практика запровадження проміжних культур достатньо відома, особливо у регіонах із великими тепловими ресурсами. Вона відома як «multiple cropping» або «multicropping» в країнах Африки, Індії, Китаю, Азії [242]. За даними вчених США, під багаторазове вирощування культур зайнято 134,4 млн га, що становить 12 % світової ріллі та близько 40 % зрошуваних земель. Площі двоурожайного вирощування сягають 130,4 млн га (11,3 %), з яких 81,5 млн га зрошуються, тоді як три врожаї отримують на 4,1 млн га (0,35 %), переважно за умов зрошення або сприятливого природного середовища [249].

Більшість площ багаторазового вирощування зосереджено у Східній (44,1 %) та Південній Азії (37,8 %), а також у Південно-Східній Азії й Африці на південь від Сахари (по 13,3 %). У цих системах задіяно близько 25 однорічних культур, зокрема в помірному кліматі – зернові (просо, сорго, кукурудза, ячмінь, пшениця, овес) та олійні (соя, соняшник, ріпак). Двоурожайне вирощування можливе також у регіонах з обмеженими тепловими ресурсами для другої культури [211].

Так головними регіонами США для вирощування двох урожаїв на рік є східний кукурудзяний пояс та південно-східні та південні центральні штати, де відносно тривалий вегетаційний період та стабільні опади [220]. У Франції в межах проєкту CASDAR «3C2A: Three crops in two years» (2019–2023) підтверджено придатність агроєкологічних умов південно-західних регіонів Nouvelle-Aquitaine та Occitanie для впровадження двоурожайних технологій і визначено зони з найсприятливішими умовами їх реалізації [226].

Післяукісні та післяжнивні посіви сільськогосподарських культур реально вирощувати тільки у районах, де післязбиральний період відповідний терміну господарського використання або тривалості вегетації таких культур [175].

Тривалість цього періоду визначається датою збирання попередника та обмежується для теплолюбних культур першими осінніми заморозками, а для холодостійких – зниженням середньодобової температури нижче  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; для окремих кормових культур цей поріг може бути нижчим [52, 71].

У різних природно-кліматичних зонах України тривалість вегетаційного періоду та гігротермічні умови відрізняються, а потенційний проміжний період становить 45–130 діб. Залежно від попередника він коливається для післяукісних посівів у межах 60–130 діб, для післяжнивних близько 47–114 діб [20, 147].

Найсприятливіші умови для проміжних посівів спостерігаються в Закарпатті та Степу, більш обмежені – у Лісостепу й Передкарпатті, а найменш сприятливі – у Поліссі. Загалом тривалість післяукісного й післяжнивного періодів є достатньою для вирощування більшості кормових культур, особливо в Південному Степу з високою сумою позитивних температур [74]. Автор зазначає, що перехід до двоурожайних систем у зрошуваному землеробстві здатний істотно підвищити ефективність використання земельних, технічних і трудових ресурсів та економіку галузі загалом. Актуальність цієї практики підтверджується її впровадженням у низці країн. Зокрема, у США Міністерство сільського господарства стимулює «подвійний урожай» через спрощення страхування посівів. Водночас ризики багаторазового вирощування зростають через скорочення вегетаційного періоду та зменшення опадів [5].

Аналіз наукових джерел свідчить, що двоурожайні системи забезпечують ефективніше використання агрокліматичних і технічних ресурсів, вологи та поживних речовин, підвищують біологічну активність і ерозійну стійкість ґрунту, покращують фітосанітарний стан та дають змогу отримувати додаткову продукцію з одиниці площі. Економічні розрахунки показують, що за вартості зрошення 4–5 грн/м<sup>3</sup> вирощування основних культур у сівозміні забезпечує прибуток близько 12 тис. грн/га, що створює

передумови для інвестицій у модернізацію та розвиток зрошувальних систем з терміном окупності 8–10 років [123].

Раціональне використання зрошуваних земель є ключовим чинником розвитку рослинництва за умов кліматичних змін, подорожчання ресурсів і екологічних викликів. Це зумовлює потребу в інноваційних підходах, зокрема оптимізації виробничої структури, впровадженні інтенсивних сівозмін і сучасних технологій вирощування культур [68].

## 1.2 Агробіологічні передумови ефективного вирощування проса посівного у проміжних посівах

У історичному та господарському відношенні просо посівне (*Panicum miliaceum* L.) є достатньо цікавим та важливим об'єктом вивчення. Це один із понад 500 видів роду *Panicum* L., що набув найбільшого застосування в сільськогосподарській практиці. В Україні із близько чотирьохсот видів проса переважного поширення набули два види, це саме просо посівне (звичайне) (*P. miliaceum* L.), та просо головчасте (*Setaria italica* L.). Обмежено для кормових цілей може використовуватися просо африканське (негритянське) (*Pennisetum glaucum* L.) а також пайза (*Echinochloa frumentaceae*) [82].

В залежності від морфологічних ознак волоті, перш за все кута відхилення гілочок першого порядку від центральної осі та їх довжини, прийнято виділяти п'ять підвидів проса: розкидисте – (*ssp. patentissimum* Pop.); розвісисте (розлоге) – (*ssp. effusum* Al.); стиснуте (стисле) – (*ssp. contractum* Al.); комове (кімясте) – (*ssp. compactum* Korn); опукле (овальне) – (*ssp. ovatum* Pop.), що є важливою апробаційною ознакою [73].

Історично просо є одним із перших джерел рослинної їжі людини, яке вона почала свідомо вирощувати та споживати. Тому існують різні тлумачення щодо часу та місця окультурення представників цього роду. Переважно вважають такими території Азії та Африки в епоху неоліту, що

датується понад 4 тис. років до нашої ери. Тут відбулося їх окультурення та звідси відомі і зараз підвиди поширилися світом, зайнявши в окремих регіонах провідне місце як джерело їжі та корму. Проте існують археологічні більш ранні свідчення їх вирощування в Азії, Китаї 10,3 – 8,7 тис. років тому [244].

За теорією М.І. Вавілова, викладеною в знаменитій праці «Центри походження культурних рослин», просо походить із регіонів Східної Азії та Китаю, де було знайдено найбільше різновидів та форм проса. Хоча відсутня єдина думка про точний час одомашнення проса, археологи схильні вважати наявними три центри Північно-Західний Китай, Центральний Китай та Внутрішня Монголія [200, 255 ].

За доктриною історичної науки звідти воно швидко поширилося та набуло вагомого значення в інші суміжні регіони Азії, та в подальшому Африки і Європи. У клинописах «Месопотамського кулінарного трактату» (1730 - 1700 року до н.е.) важливим поширеним харчовим продуктом згадується зерно проса. У Старому заповіті у книзі пророка Ізекіїля в главі 4.9 серед шести зернових та бобових продовольчих культур згадується просо.

Сучасна історична та аграрна наука розглядає просо як важливу продовольчу культуру та об'єкт вирощування в таких цивілізаційних центрах як Єгипет, Китай, Трипілля у тому числі території проживання древніх Слов'ян, тощо. Просо мало важливе продовольче та соціально-економічне значення в розвитку та функціонуванні таких регіонів [19, 166]. Згадування про використання проса давньоруським населенням містять описи Марко Поло, а у населення далекого Сходу та Китаю, за його свідченнями, просовидні рослини були однією із головних продовольчих культур [77, 213].

На думку окремих вчених занепад вирощування проса був зумовлений покращенням кліматичних умов, коли вирощування таких культур як пшениця та ячмінь набуло істотних переваг, через що інтерес до проса дещо знизився [218].

Імовірно, ареал проса змістився на південь – у посушливі та гірські регіони. Унаслідок «зеленої революції» й розвитку технологій вирощування більш маржинальних культур (пшениці, кукурудзи, рису) виробництво просовидних культур майже вдвічі скоротилося. Водночас, попри зниження ролі в сучасному раціоні, просо посідає шосте місце серед зернових у світі та забезпечує продовольством майже третину населення, особливо в аридних зонах. На тепер, як свідчать чисельні наукові повідомлення, обсяги та площі вирощування культури, значення проса та подібних культур залишається значним, а перспективи поширення, із об'єктивних причин, є достатньо вагомі [13, 171 ].

За даними відкритих джерел безумовним і постійним лідером виробництва проса є Індія. Станом на 2022 рік вона отримала 11,85 млн.т. зерна, в рази більше ніж Нігер 3,66; Китай 2,70; Нігерія 1,94, Малі 1,84 та Судан 1,68 млн.т. Сумарне виробництво в цих п'яти країнах досягає обсягу вирощування однієї Індії, частка якої у Світовому виробництві за підсумками 2024 року складає близько 40% [219]. Наглядно інформаційним є територіально-географічні особливості розміщення країн виробників проса представлено і додатку Б. Основні регіони вирощування проса зосереджені в саванах Африки та Індії, степовій зоні Євразії й на Великій Китайській рівнині, завдяки відповідності біології культури посушливим умовам. Просо добре пристосоване до напівпосушливого клімату з нерівномірністю і дефіцитом опадів та здатне формувати мінімальний урожай зерна і соломи навіть за умов посухи, перевершуючи за стійкістю пшеницю й ячмінь [216].

До власних беззаперечних переваг представників цієї групи культур, відносять посухостійкість, жаростійкість а також скоростиглість яка дозволяє широкий діапазон строків сівби. Просо на зерно як основну культуру, в кліматичних умовах подібних до умов нашої держави, можна сіяти включно до початку літа, тоді як на зелену масу - до завершення календарного літа, що робить просо важливою страховою культурою якою можна пересівати не

тільки загиблі озимі, а й ярі посіви, насівати зріджені масиви зернових та кормових культур [35, 97, 210 ].

Морфологічні або анатомічні ознаки, що відіграють важливу роль в засухостійкості включають довжину коренів та пагонів а також площу листя [66]. Посухостійкість зумовлюють деякі морфологічні та анатомічні ознаки рослин, як то протяжність кореневої системи, висота пагонів, площа листя, міцність листя на розрив через розвиненість механічних тканин а також біохімічні та навіть фізіологічні особливості адаптації [178, 239, 240].

Окрім того просо, маючи короткий цикл розвитку до формування зерна, часто використовується в якості проміжної культури в технологіях отримання другого врожаю, там, де інші культури не встигають визрівати [215]. Із іншого боку короткий період вегетації дозволяє культурі завершити цикл розвитку до настання літньої спеки, що можна оцінити як стратегією уникнення термічних стресів. Тому просо надзвичайно цікаве для створення гармонічного балансу між природою та рослинництвом. Саме тому, в аспекті вирішення глобальних проблем людства Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй об'явила 2023 рік «Міжнародним роком проса», чим зосередила увагу на переваги екологічного, економічного та оздоровче-медичного характеру використання цієї групи культур [257].

Важливим завданням такого рішення було посилити поінформованість суспільства та спрямувати зусилля держав на реалізацію переваг, які надає можливість успішного вирощування просовидних культур у несприятливих кліматичних умовах із урахуванням тенденцій кліматичних змін та особливостей територій із складною економічною, демографічною ситуацією та продовольчими проблемами [256].

Просо посівне це однорічна трав'яниста рослина жаркої зони, яка має найбільш ефективний тип фотосинтезу C4 фіксації карбону, що надає культурі можливість формувати більшу кількість сухої речовини, порівняно із культурами помірного клімату. Максимальна інтенсивність фотосинтезу в

умовах світлового насичення (Fd) складає 87 кг CO<sub>2</sub>/(га·год) за температури 25 – 35 °C [73, 139].

Мінімальною температурою проростання насіння вважається 8-10 а оптимальною для сівби 10-12°C. Значення біологічного мінімуму (оптимуму) для культури становить в періоди: поява сходів 10-12 (15-18); формування вегетативних органів 10-12 (16-20), формування генеративних органів 12-15 (18-22) плодоношення 12-10 (18-24)°C [154 ]. Саме тому просо посівне ідеально вписується в період вирощування за високих температур та відповідно дефіциту вологості в оточуючому середовищі [180, 182, 197]. Але одночасно оптимальними значеннями середньомісячних температур за травень – серпень за даними вчених агрометеорологів є 14; 18; 20 та 19 °C відповідно [114].

Коренева система проса посівного мичкувата, достатньо розвинена, проникає у ґрунт до 1,2 м, та поширюється в боки до 0,5 м. При достатній вологості ґрунту на нижніх надземних стеблових вузлах можуть утворюватися повітряні корені здатні до живлення. У проса рідко спостерігається запал зерна, оскільки коренева система забезпечує суцвіття водою навіть залишковими запасами продуктивної вологи [78]. Утворення вторинної кореневої системи у проса розпочинається з появою третього листка. На 4-6-й день після сходів із колеоптильного вузла, за наявності вологи у верхньому шарі ґрунту починають формуватися вторинні колеоптильні, а у подальшому, у фазі 4–5-го листа, вузлові корені. Тому вторинна коренева система проса формується до початку кущення на відміну від інших хлібних злаків, що потребує запасу вологи та сприятливих параметрів будови ґрунту [73].

Для проса, як і для більшості зернових культур оптимальною межею щільності ґрунту є 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>, а також бажаною є твердість орного шару ґрунту 11,5–22,5 кг/см<sup>2</sup> [59, 135]. Межі оптимальної щільності залежать від механічного складу ґрунту, вологості та ряду інших показників. До того ж вони детально визначені для найбільш представлених культур. За даними О.

Піковської для ярих зернових культур оптимальні параметри щільності складають 1,16–1,20 г/см<sup>3</sup> при рівноважних значеннях для типових ґрунтових умов Степової зони 1,25-1,4 г/см<sup>3</sup>, що зумовлює потребу в проведенні основного обробітку [110].

У вегетаційних дослідженнях на сірих лісових крупно-пилувато-легкосуглинкових ґрунтах із низьким вмістом гумусу максимальною була польова схожість та продуктивність рослин при щільності ґрунту 1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>. Відхилення показника об'ємної маси супроводжується недобором зерна від 5 до 26% [80].

Висока стійкість до нестачі вологи характерна для всього періоду росту та розвитку культури. Так для проростання зернівки йому потрібно порівняно із іншими, надзвичайно мало води, лише 25-30% від маси насіння. Транспіраційний коефіцієнт проса є одним із найменших, 226–277, при критичному періоді щодо споживання вологи - викидання волоті-молочна стиглість. Оптимальні запаси вологи у ґрунті для формування високого урожаю є ті, що перевищують 60–80 % НВ протягом періоду вегетації [113].

За деякими даними критичний період по відношенню до вологи розпочинається дещо раніше - за 20 днів до викидання волоті і триває до кінця цвітіння. Проте безумовно що він охоплює період від виокремлення китиці та запилення [82]. За рекомендаціями проектування режиму зрошення глибина розрахункового шару ґрунту складає 0,3-0,4 м до критичного періоду та 0,7 м у подальшому [51].

Рекомендаціями щодо вирощування проса посівного у проміжних посівах Інституту зрошуваного землеробства передбачено підтримання вегетаційними поливами вологість ґрунту в шарі 0,5 м не нижче 55–60% НВ на легких ґрунтах, 70% НВ та 80% НВ відповідно на середньо суглинкових важких ґрунтах [122]. При цьому великий вплив на споживання води для формування одиниці врожаю мають умови вирощування. Так на підставі даних В.І. Шевеля у незрошуваних умовах Півдня України на чорноземах південних малогумусних залишково-слабко солонцюватих важко

суглинкових на лесах, у середньому по досліді коефіцієнт водоспоживання змінювався від 902 м<sup>3</sup>/т у сорту Таврійське, до 1068 у сорту Констянтинівське та 1217 м<sup>3</sup>/т у сорту Східне. Коефіцієнт варіації щодо сортів складав 14,8%. Зміщення строків сівби із раннього (після стійкого прогрівання ґрунту на глибині 10 см до 10-12° С) до середнього (до 12-14° С) та пізнього (до 14-16° С) супроводжувалося збільшенням коефіцієнту водоспоживання із 1011 м<sup>3</sup>/т на 4,3 та 11,0 % до 1122 м<sup>3</sup>/т. У межах даних строків сівби коефіцієнт варіації становив 5,3 %. Проте найбільший вплив мав фон живлення. Якщо на контролі без добрив коефіцієнт водоспоживання складав 1384 м<sup>3</sup>/т то на кращому варіанті – розрахункова норма добрив він становив 774 м<sup>3</sup>/т, що є на 255 м<sup>3</sup>/т менше ніж на зонально рекомендованому фоні N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>. Це вказує на визначальний вплив живлення на ефективність використання води, та підтверджує коефіцієнт варіації, який складав 28,8%. За рахунок обґрунтованого фону живлення витрати води на формування одиниці врожаю зменшилися 32,9% [164].

В умовах зрошення коефіцієнт водоспоживання коливається в межах 220-250 м<sup>3</sup>/т у вологі роки 250-270 м<sup>3</sup>/т у середньо вологі та 270-290 м<sup>3</sup>/т у посушливі роки [153].

Суттєвий вплив умов вирощування на коефіцієнт водоспоживання був встановлений також при післяжнивному вирощуванні проса посівного на темно-каштанових солонцюватих пілувато-середньо-суглинкових ґрунтах. Якщо в середньому по попередникам (ярому ріпаку, гороху та озимим культурам) коефіцієнт варіації складав 7,7%, а варіантам мілкої обробітку ґрунту 7,3% то по фонам живлення 51,5%. При внесенні добрив та підвищенні фону живлення до N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> та N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> коефіцієнт водоспоживання у середньому по інших факторах зростав із 1310 до 610 та 540 м<sup>3</sup>/т [156].

В умовах літнього (післяжнивного) вирощування та при посиленні посушливості року, спостерігається зростання коефіцієнту водоспоживання. Так за основних строків сівби при збільшенні ГТК із 0,3 до 0,8 та понад 1,5 коефіцієнт водоспоживання збільшувався із 76 до 81 та 107 м<sup>3</sup>/т. В аномально

вологі роки спостерігалось зменшення ефективності використання вологи. Проте за умов післяжнивного вирощування меншими були витрати вологи рослинами при ГТК 1,5 – 115 м<sup>3</sup>/т. За таких умов рослини потребували поливу. За величини ГТК 0,3 та 0,8 коефіцієнт водоспоживання був вищим та складав відповідно 125 та 130 м<sup>3</sup>/т [5].

Рослини проса мають переваги виживання за рахунок стратегії відновлення після засухи. Такі механізми є унікальними для рослинного світу. У фізіологічних дослідках по зневодненню рослин проса граничний водний дефіцит досягав 88% у листках та 81% у стеблах. Подальші спостереження за рослинами показали, що за нормалізації умов, просо швидко відновлює тургор. При такому стресі листки значно довше ніж у інших культур залишаються живими. Рослини проса здатні відновити тургор навіть після півторамісячної посухи. Навіть за умов крайнього в'янення просо демонструє здатність відновлювати тургор, та забезпечувати вищий приріст сухої біомаси порівняно з іншими культурами [205, 212].

Культура проса здатна формувати вторинну кореневу систему навіть за умов мінімального зволоження ґрунту. Особливості розвитку кореневої системи, а також анатомічної будови стебел і листя забезпечують здатність рослини витримувати тривалі посушливі періоди. Коренева система рослини має вищу поглинальну здатність порівняно із пшеницею та ячменем, а стебла й листя випаровують мінімальну кількість вологи завдяки невеликим розмірам продихів, їх розрідженому розташуванню та їх здатності закриватися. Для проса притаманна здатність тимчасово зупиняти ростові процеси і згортати листову пластинку, що також зменшує витрати води, чим забезпечується посухостійкість [18].

За даними Рудник-Іващенко О.І. та Григоращенко Л.В. опади, які надходять до настання фази куцання проса, слабо позначаються на формуванні врожаю. Вагомішим є вплив від опадів, які надходили у період від куцання до дозрівання культури. Коефіцієнтом кореляції між цими факторами був тісний  $r = 0,70$  [133]. За спостереженнями цих дослідників на

середньому рівні врожайність культури. 0,6-0,8 т/га, отримують у роки, коли за період вихід в трубку-дозрівання випадає близько 20 мм опадів. За кількості опадів 40-60 мм урожайність становить 1,0-1,5 т/га, тоді як оптимальними є умови при надходженні опадів 100-120 мм.

Рослини проса вирізняються високоефективним поглинанням CO<sub>2</sub> із повітря, сонячного тепла та світла, солевитривалістю, високою посухо та жаростійкістю, стійкістю до багатьох видів захворювань, вищою білковою цінністю зерна, цілющими властивостями отриманих продуктів харчування [131]. Види цієї групи рослин здатні на тривалий час закривати породи, чим зменшують втрати води в критичні періоди. Проте посушливість не є оптимальною умовою вирощування культури, а тому посуха та нестача вологи є головними стресовими абіотичними факторами, що визначають продуктивність культури. Динаміка споживання води посівами проса, як і більшості культур, відповідає процесу наростання наземної маси. Проте критичний період за потребою рослини у воді спостерігається між фазами викидання волоті до початку наливу зерна [10]. Саме тому опади в цей період суттєво підвищують урожайність культури та максимально використовуються рослинами з позиції формування врожаю. За тривалістю вегетаційного періоду проса сорти відносять до п'яти груп: дуже короткостиглі – до 60 діб; короткостиглі – 61–80 діб; середньостиглі – 81–100 діб; довгостиглі – 101–120 діб; дуже довгостиглі – понад 120 діб [168]. Однак за даними С. Г. Холод відповідні за вказаною тривалістю групи іншого формування: дуже рання; рання; середня; пізня; дуже пізня. Автор акцентує увагу, що урожайність і тривалість вегетаційного періоду між собою взаємозв'язані, але не перебувають в тісному зв'язку, так як проявляється вплив багатьох чинників [152].

В роботах Р.А. Авраменко, Г.В. Кірсанова запропонований поділ сортів проса на скоростиглі (від з'явлення сходів до досягання зерна 60-70 днів), середньостиглі (70–90 днів) і пізньостиглі (90–120 днів) [14].

Тривалість вегетації безпосередньо пов'язана із вимогами сортів до факторів життя, світла та тепла. Хоча селекціонерами створені сорти проса посівного адаптованими до різних умов оточуючого середовища, це культура короткого дня [29]. Такі об'єкти для свого розвитку потребують довгої ночі та короткого дня, а тому за умов короткого, до 12 годин, сонячного сяйва рослини прискорюють розвиток [190]. Фотоперіодизм проявляє сильний вплив на ріст і розвиток сортів проса, а тому урахування реакції рослин на довжину дня має важливе значення для розуміння процесів формування врожаю за нетипових умов вирощування.

За даними досліджень проведених в Західній Африці критичний фотоперіодизм для проса та сорго складала від 13 до 13,35 годин, тоді як чутливість до фотоперіодизму варіювала від 142 до 6184 градусо-днів росту на годину подовженого фотоперіоду ( $GDD \text{ ч}^{-1}$ ) [232]. Тому якщо в умовах Степу за основних строків сівби довжина світлового дня зростає приблизно із 13,5 до 15,5 годин, то у системі двох урожайної культури вегетація проса відбувається на фоні зменшення довжини дня із 15,5 до 11 годин. Така особливість впливає на як тривалість міжфазних періодів так і на продуктивність [246].

Просо беззаперечно вирізняється своїми ознаками стійкості до кліматичних факторів, здатністю адаптуватися до широкого спектру екологічних умов, низьким водоспоживанням, можливістю рости та формувати урожай за низького рівня родючості, низькою чутливістю до екологічних стресів. На цих підставах просо є альтернативною культурою в умовах поточних кліматичних змін, оскільки його адаптаційні властивості щодо складних умов середовища є значно вищими порівняно із більшістю сучасних продовольчих маржинальних культур [238, 243].

Оскільки в дієвій стратегії виробництва рослинницької продукції в умовах обмежених водних ресурсів та господарської діяльності на фоні зростання посушливості клімату базовою умовою є оновлення сівозмін культурами адаптованими до посушливих умов, за рахунок об'єктів, що

потребують кращого волого забезпечення, просовидні культури стають ключовими для стабілізації виробництва продовольства [174]. Тому просо і просовидні злаки переважно культивують у посушливих і напівпосушливих районах Азії, Африки, Латинської Америки, Індії, Китаю і Австралії, а одним з найбільших виробників проса є країни Азії, які забезпечують близько двох третин світового виробництва.

Важливо, що витрати на вирощування одиниці зерна проса, на підставі запропонованої математичної моделі, менші, порівнюючи із такими культурами як жито, пшениця озима та кукурудза. Емпіричні коефіцієнти регресії моделі для цих культур істотно переважають такі значення для проса [30, 114].

Рослини проса гірше реагують на пониження температур. Так за температури повітря 3-5°C при формуванні вегетативних органів ростові процеси в рослинах уповільнюються а сходи гинуть за температури -2.-3°C. За таких значень температур в період цвітіння та -3°C в період досягання (молочна стиглість) відбувається загибель більшості рослин [139]. Тому за агротехнічними вимогами просо висівають коли ґрунт прогріється до 10-12°C та мене ризик зниження температур чи повернення нічних заморозків. Оптимальними для рослин є температури під час проростання насіння 8-10°C; появи сходів 10-11°C, а під час цвітіння 20-24°C.

За узагальненими даними сума ефективних температур необхідних для етапів репродуктивного розвитку культури складають: сівба-сходи 150; сходи-викидання волоті 600 а викидання волоті повна стиглість 440 °C [29]. При цьому автор зазначає, що за даними Д.І. Шашко сума біологічних температур для культури складає 100-1700, а біокліматичних 1600-2000 °C. Поправка відносно вихідної широти 55 ° складає +15 °C на кожен додатковий градус широти. Однак данні значення представлені щодо основних строків вирощування культури.

Створення і впровадження у виробництво нових високоврожайних, адаптованих до різних умов середовища сортів проса із дотриманням

сучасних технологій вирощування, може забезпечити достатньо високі валові збори зерна цієї цінної круп'яної культури. Надзвичайно важливе значення у сучасній технології набувають конкурентоспроможні за рівнем урожайності та якості зерна сорти, які за інтенсивністю й адаптивністю повинні відповідати конкретним умовам вирощування. Набуває актуальності питання ідентифікації екотипів адаптивності з метою отримання найбільш високих урожаїв зерна, як у сприятливі, так і забезпечення стабільних урожаїв у роки з посушливими умовами [151].

Вирощування проса як проміжної культури зумовлене значними змінами умов середовища. Це стосується насамперед динаміки температури та освітлення впродовж періоду росту та розвитку рослин, режимів живлення та зволоження. Нажаль відсутня спрямована селекція на створення саме таких сортів. Тому при доборі сорту доцільно, окрім загальних вимог таких як рівень урожайності та якості, екологічна пластичність, стійкість до шкідливих організмів, звертати увагу на тривалість періоду вегетації, нейтральність реакції на фотоперіодизм, швидке зневоднення під час дозрівання, придатність до технологій мінімального обробітку ґрунту.

Крім того, на думку Аверчева О.В. сорт має бути толерантним до деструктивних ґрунтових особливостей регіону таких як, засолення, солонцюватість, стійкістю до обсіпання зерна й вилягання рослин, можливого підтоплення із урахуванням вирощування при зрошенні [7].

Дослідження окремих сортів на проростання в умовах підвищеного вмісту солей продемонстрував їх стабільно пригнічуючи вплив. Поява зародкового кореня (ВВСН 5) на третю добу складала 8-49% тоді як на контролі становила 56-100%. Спостерігалось і сповільнення появи паростка, який за висотою відставав на 2-4 доби. При цьому Аверчев О.В. встановив диференціювання сортів за реакцією на зміну умов середовища, де сорт Веселоподолянське 632 відзначився більшими кількісними морфологічними показниками що підтверджує його вищу стійкість до галоморфного впливу. Важливим є і той факт, що за різних гідротермічних умов років дослідження,

(ГТК 0,3-1,5) у межах фонів живлення без добрив,  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{90}P_{60}$ , урожайність зерна була максимальною, 2,16 т/га, а варіювання урожайності даного сорту було найменшим, 40%. Переваги сорту Веселоподолянське 632 проявилися також і при післяжнивному вирощуванні культури. Урожайність зерна в середньому за чотири роки складала 2,09 т/га, а варіювання досягало 38%, що було найменшим показником.

В більшості зон обмежуючим фактором при вирощування просоподібних культур є вологозабезпеченість. Тому навіть у східній частині Лісостепу України визначальними є погодні умови року щодо надходження опадів. Тому за результатами досліджень Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН, істотної різниці у врожайності та якості зерна після таких попередників, як соя і цукрові буряки, не було виявлено. На думку науковців, одним із ключових способів зниження ризику негативного впливу погодних факторів є обґрунтований вибір адаптивних і пластичних сортів, здатних протистояти стресовим умовам вирощування та забезпечувати високу врожайність і якість продукції [25].

Просо беззаперечно є теплолюбною культурою, однак завдяки селекційній роботі можливе створення сортів з дещо підвищеною холодостійкістю. Такі сорти здатні витримувати низькі позитивні температури, хоча це закономірно супроводжується певним уповільненням ростових процесів. Високою адаптивністю до низьких позитивних температур вирізняються сорти Масловський 4, Харківське 5, Слобожанське, Козацьке, Попелюшка, Біла Альтанка та Олітан. За даними науковців Інституту рослинництва імені Юр'єва, ці сорти проявляли значну холодостійкість на 20-ту добу та демонстрували інтенсивніше утворення кореневої системи [197].

В дослідженнях Інституту зрошувального землеробства НААН в зоні на темно-каштанових ґрунтах серед трьох строків сівби (III д квітня, I та II д травня) вищою урожайність сортів Денвікське, Поляно, Скадо була саме на третьому терміні, що автори пов'язують із кращими умовами [34].

Просо проявляє достатньо сильну реакцію на родючість ґрунту, що можливо зумовлене обмеженим часом його вегетації та особливістю розвитку кореневої системи [162]. Діапазоном допустимого рівня рН ґрунту вважається 4,0-9,5, однак оптимальним значенням є рН 6,5-8,5 [76].

### **1.3 Базові елементи технології вирощування проса посівного в основних та проміжних посівах**

Представлені біологічні особливості культури, унікальність вимог до середовища, фізіологічних процесів та адаптивних реакцій проса посівного зумовлюють для практиків застосування адекватних елементів технології для реалізації переваг культури та досягнення отримання високих врожаїв.

Коренева система проса в початковій фазі має недостатню поглинальну здатність, тому воно особливо вибагливе до внесення в орний шар ґрунту азотно-фосфорних добрив. На формування урожаю зерна просо виносить із ґрунту 3,3 кг/ц азоту, 1,5 кг/ц фосфору, 3,4 кг/ц калію та 1,2 кг/ц кальцію [155]. Закономірно, що залежно від умов та елементів технології вирощування норми вносу елементів живлення на формування одиниці основної та відповідної кількості побічної продукції варіюють, але за значеннями вони перебувають в межах азот 28-30, фосфор 12-14 а калій 28-33 кг/т [50].

В умовах нестійкого зволоження південної частини Маньківського природно-сільськогосподарського району Середньо-Дніпровсько-Бугського округу Лісостепової Правобережної провінції України у основних посівах вищою була урожайність проса при розміщенні культури після удобреного буряка цукрового за внесення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Дослідники відзначають залежність ступеня впливу окремого фактору від умов року. У середньому найбільший вплив на урожайність зерна мало удобрення проса (41,7%) та попередників (33,5%), а також самі попередники (15,9%) [112].

Просо позитивно реагує на проведення позакоренових підживлень. Так за даними Веселоподолянської ДСДС високоефективним було застосування мікроелементів, оптимальною дозою для позакоренового внесення Кристалону коричневого є 2,0 кг/га. Внесення у фазу виходу в трубку на сортах сортів Олітан і Омріяне забезпечувало зростання урожайності відповідно 0,57 та 0,62 т/га до 2,49 і 2,71 т/га. Частка впливу на формування врожаю позакоренового підживлення Кристалонем коричневим становила 40%, що перевищувало вплив сорту, який складав 22% [129].

Об'єктивно, що ефективність таких добрив буде суттєво залежати від ґрунтових та погодних умов, насамперед забезпеченості рослин вологою. В умовах Південного Степу на темно-каштанових ґрунтах мікробні препарати при обробці насіння не завжди впливали на урожайність зерна. Через високу забезпеченість ґрунту фосфором низькою була ефективність препарату на основі бактерії *Racniballus polimуха* КВ. При цьому застосування мікробного препарату Діазофіт, створеного на основі азотофіксувальні бактерії *Rhizobium radiobacter*, забезпечило підвищення врожаю зерна проса на 0,13 т/га. Також на 0,35 т/га зростала урожайність зерна при обробці посівів мікродобривами Нановіт Супер та Еколист багатокomпонентний [36].

На чорноземах опідзолених Кагарлицького району Київської області вирощування проса посівного сорту Київське 87 на різних фонах мінерального живлення та співвідношення елементів істотно збільшувало площу листової поверхні. Переваги мали повні фони живлення порівняно із фосфорно-калійним, азотно-фосфорним та азотно-калійним. Найвищих же значень площа листя досягала на фоні  $N_{90}P_{40}K_{90}$  та  $N_{90+30}P_{40}K_{90}$ . Авторами була встановлена тісна кореляційна залежність урожаю від параметрів і продуктивності фотосинтетичного апарату. Найбільший вплив на формування сухої біологічної маси мав рівень азотного живлення. Оптимальним варіантом за величиною урожаю та фотосинтетичного потенціалу, було застосування  $N_{90}P_{40}K_{90}$ . Фотосинтетичний потенціал досягав 1,24 млн  $m^2$ /га за добу, а урожайність зерна досягла 4,4 т/га [130].

В умовах Південного Степу України, у сівозмінній ланці проса посівного із ріпаком озимим, ячменем озимим та горохом на зерно, збільшення норми добрив від  $N_{45}P_{30}$  до  $N_{90}P_{60}$  супроводжувалося достовірним підвищенням урожайності післяжнивної культури відповідно на 0,64; 0,38 та 0,47 т/га, однак при цьому рентабельність вирощування зменшувалася на 5,2; 11,5 та 5,8 пункти. Також при цьому, незалежно від попередника, окупність добрив зменшувалася в середньому по ланкам із 15,6 до 11,1 кг/кг.д.р. дана закономірність проявлялася незалежно від способу обробітку ґрунту: дискування на 10-12 см., та чизелювання на 20-22 см [8].

Безумовно, що система живлення проса посівного повинна враховувати зональні агрокліматичні особливості. Тому узагальнено на зоні Полісся рекомендовано вносити повне мінеральне добриво з розрахунку  $N_{70-90}P_{60-70}K_{60-70}$ . В зоні Лісостепу таким рівнем є  $N_{70-90}P_{45-60}K_{45-60}$ . Класично, що фосфорні і калійні добрива краще вносити під зяблеву оранку, що, зважаючи на пересихання верхніх шарів ґрунту, особливо важливо в Степовій зоні. Тут азотні із розрахунку  $N_{70-90}$  рекомендовано вносити навесні під першу культивуацію або перед сівбою [82].

Проте такий високий рівень азотного живлення, скоріш за все, доцільний на дуже бідних ґрунтах та в умовах зрошення, за проектною урожайності зерна понад 4 т/га, інакше це негативно позначиться на економічній та біоенергетичній доцільності виробництва. Тому у дослідженнях на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах при дуже високому забезпеченні фосфором та середній забезпеченості калієм вищою була окупність добрив при співвідношенні елементів живлення 2-1-2 ефективність фосфорно-калійного живлення було найменшим. У дослідях ННЦ «Інститут землеробства НААН» на сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах при підвищеній забезпеченості азотом та середній калієм підвищені фони мінерального живлення ( $N_{90}P_{70}K_{90}$  та  $N_{120}P_{90}K_{120}$ ), на фоні використання соломи попередника, вміст азоту фосфору і калію у рослинних зразках проса наближується до задовільного рівня. Дробне внесення азоту шляхом

підживлення  $N_{15}$  на IV (формування квіткових горбиків та квітки) та VII (формування гаметофіту) етапах органогенезу збільшувало його вміст у період досягання зерна [47].

При вивченні впливу органо-мінерального живлення на врожайність сортів проса встановлена тенденція до збільшення урожайності відповідно до використання добрив. Зафіксовано суттєве підвищення урожайності від використання післядії 30 т/га гною, залежно від попередника на 0,36-0,51 т/га. При додатковому мінеральному фоні у дозі  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , прибавка зростала до 0,53-0,58 т/га. Однак найбільше зростання, 0,64-0,69 т/га, встановлено на органо-мінеральному фоні із дозою добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  [23]. Тому норми мінеральних добрив у розрізі окремих елементів потрібно визначати з врахуванням вмісту рухомих форм в ґрунті. При внесенні добрив між азотом, фосфором і калієм повинне бути визначене співвідношення, при яких рослини будуть збалансовано забезпечені елементами [31, 103, 149].

Основний обробіток ґрунту під просо рекомендують проводити за сприятливих умов на глибину 25-27 см, на змитих ґрунтах - в межах гумусового горизонту. Завдання обробітку переважно зумовлені формуванням глибоких запасів вологи та боротьбою із бур'янами. Перш за все багаторічними. Переваги полицевого обробітку порівняно із безполицевим мілким проявляються і при післяжнивному вирощуванні культур, наприклад, гречки [6]. Однак з позиції ресурсощадності та екологічної безпечності такі рекомендації є дискусійними.

Спосіб обробітку ґрунту залежить від ґрунтових умов та попередника. В дослідженнях Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН в паро-зерно-просапній сівозміні в умовах східної частини Лісостепу України після попередника соя різниця між урожайністю п'яти сортів проса за полицевої оранки та за чизелювання були в межах похибки досліду. Після цукрових буряків переваги мало застосування в якості основного обробітку полицевої оранки [24]. В аналітичному огляді ці автори зазначають, що в паро-зерно-просапній сівозміні при систематичному застосуванні полицевого та

безполицевого обробітку впродовж 1982-1995 рр., переваги при вирощуванні проса також мала полицева оранка. Весняний обробіток ґрунту під просо передбачає ранньовесняне закриття вологи важкими боронами під кутом до зяблевої оранки у два сліди на глибину 3-5 см. До сівби є можливість «поверхневими» обробками очистити поле від бур'янів. Для загортання насіння на певну глибину ґрунт перед посівом ущільнюють, застосовуючи коткування.

Важливим завданням заходів системи обробітку ґрунту є вирівнювання поверхні та формування умов для знищення багаторічних бур'янів і якісного виконання сівби. При розміщенні проса після зернових і зернобобових культур основний обробіток ґрунту починають з луцення стерні на глибину 6-8 см. Після просапних, багаторічних трав ґрунт дискують двічі дисковими боронами на глибину 12-14 см.

У післяжнивний період обробіток ґрунту може нести додатковий негативний прояв - втрата часу. Затримка з обробітком ґрунту на 5–10 днів спричиняє втрати врожаю проміжних культур. У Степовій зоні, завдяки післяжнивним решткам, проявляється позитивний вплив мілкої безполицевої обробки ґрунту на польову схожість при сівбі післязбирання та післяжнивних культур. Обробіток ґрунту під такі посіви проводиться безпосередньо після збирання попередника і включає післязбиральний обробіток дисковими або комбінованими диско-чизельними агрегатами на глибину до 12–14 см [84]. Тому якщо в основних посівах нульовий та мілкий дисковий обробіток має вагомий недолік у наслідок вищого рівня забур'яненості та зменшує урожайність культур на зрошенні, то в післяжнивних технологіях надає вагомі переваги за рахунок строків сівби [38, 85, 86].

Обробіток ґрунту під післяжнивні посіви є ключовим чинником продуктивності культур і потребує чіткої координації збирання попередника, підготовки ґрунту та сівби. Вирішальним є мінімізація проміжку між збиранням і сівбою, оскільки затримки скорочують вегетаційний період і

погіршують умови росту. Для збереження вологи, знищення бур'янів і розпушення ґрунту доцільний дисковий обробіток на глибину 6–10 см, а найбільшу ефективність забезпечує пряма сівба стерньовими агрегатами [118].

Перехід від класичних до ресурсощадних технологій у системах землеробства в цілому призвів до більшого поширення мінімального обробітку або прямої сівби при вирощуванні проміжних культур. Таким змінам сприяє як переваги скорочення термінів робіт так і поява сучасної посівної техніки [120, 186]. Технологію прямого посіву успішно застосовують в технологіях отримання двох урожаїв культур на рік. При цьому значну проблему формують рослинні залишки, що ускладнюють якісну заробку насіння [228].

Поточні переваги мінімізації обробітку ґрунту під просо проявляються у збереженні вологи верхніх шарів ґрунту, скорочення енергетичних витрат та часу до проведення сівби. В довгостроковому плані такими перевагами є ґрунтозахисний ефект, збереження структури ґрунту та зменшення негативного впливу на довкілля.

Зімкнутий і рівномірно розподілений покрив рослин сільськогосподарської культури, що має високу біологічну ефективність є основою ефективної реалізації продуктивного потенціалу поля. Лише за таких умов можна досягти переваг застосування інтенсивних елементів технології вирощування та вкладення ресурсів.

Просо як і інші злакові рослини надзвичайно пластичні щодо формування стеблостою та елементів продуктивності. У проса (*Panicum miliaceum* L.) кущення, як процес формування бічних пагонів в основі головного стебла одна з найважливіших морфологічних особливостей, яка визначає продуктивність рослини та структуру врожаю. Саме завдяки такій властивості саморегулювання просо в певному діапазоні щільності рослин на одиниці площі формує урожай зерна однакового рівня.

Цим пояснюється відсутність достовірної різниці в урожайності перлового проса (*Pennisetum americanum* var. *nutrifeed*) у межах загущення 10; 13,3 та 20 рослин/м<sup>2</sup>, яке вирощувалося в районах Ірану Паджохеш та Сазандегі [172].

Проте висока адаптивність щодо щільності посіву не виключає впливу способу формування стеблостою на продуктивність посівів, особливо в умовах обмеженості вегетаційного періоду. Тому в системі заходів забезпечення високої продуктивності проса, важливе значення має створенню оптимальної морфологічної будови рослин нормою висіву та способом розміщення посівного матеріалу, що формує відповідну морфологічну структуру агрофітоценозу.

При нерівномірних, зріджених або загущених посівах урожай зерна проса знижується. Здатність проса до кущення та можливість збільшувати розміри волоті не може компенсувати таких недоглядів. У комплексі агротехнічних заходів, що застосовуються при вирощуванні проса, система – спосіб сівби та відповідна норма висіву відіграють важливу роль. Їх вдале поєднання формує умови для подальшого засвоєння рослинами вологи, поживних речовин, сонячної енергії, що безпосередньо впливає на врожайність і якість продукції., та запобігає появі шкочинних організмів, що притаманне також іншим культурам [105, 111, 119].

За узагальненими зональними рекомендаціями норма висіву насіння проса посівного для різних природно-кліматичних зон коливаються від 3,7-4,0 млн/га (28-30 кг/га) для Полісся, до 3,3-3,5 млн/га (24-26 кг/га) у Лісостепу та 2,3 млн/га (16-18 кг/га) у господарствах зони Степу [100].

Оптимальна щільність агроценозу проса залежить від комплексу керованих і змінних факторів, тому питання її забезпечення залишається актуальним. В умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України найефективнішою була звичайна рядкова сівба з нормою не менше 4,0 млн схожих насінин/га, що забезпечувало формування одностеблового ценозу, мінімальну внутрішньовидову конкуренцію та ефективне пригнічення бур'янів [112].

В районі Міуанех (провінція східного Азербайджану, Іран) при вирощуванні проса культурою другого врожаю була встановлена значуща позитивна кореляція між урожайністю насіння та довжиною волоті, кількістю насінин головного суцвіття, кількістю продуктивних пагонів. Серед трьох сортів *Panicum miliaceum* L. при загущенні 60; 75 та 90 рослин/м<sup>2</sup>, вищий урожай отримано при максимальному загущенні. При цьому маса 100 зерен завжди зменшувалася а висота рослин у сортів КМ.С.4 та Nodі зростала тоді як у сорту КМ.С.2 була вищою при загущенні 75 рослин/м<sup>2</sup> [173].

При визначенні норми висіву необхідно враховувати великий перелік чинників, таких як особливості культури (сорту), що висівається; способу сівби; ґрунтових та кліматичних умов; стану ґрунту; строків сівби; призначення посівів, якості посівного матеріалу тощо [56].

Після сої, в умовах паро-зерно-просапної сівозміні Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН рядові посіви на 15 см, сортів Харківське 57, Константинівське, Ювілейне, Вітрило (норма висіву 3,0 млн. шт./га схожих насінин) зменшували урожайність при запровадженні широкорядного (45 см) способу сівби на 5,9-14,5%. Найменшою була різниця між способами сівби на фоні 30 т/га гною+N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> [21].

Доцільно враховувати, що зміщення строків сівби в основних посівах спостерігається прискорення появи сходів та скорочення вегетаційного періоду [46]. В дослідях Полтавської державної аграрної академії у основних посівах сорти Заповітне, Скадо, Веселка в межах норм висіву 2,5...4,0 млн шт./га формували вищу урожайність на варіантах 3,0 млн/ шт./га, однак спостерігалось подовження вегетації загущених посівів [50].

При вирощуванні проса у рисовій сівозміні в умовах Південного Степу вплив норми висіву на урожайність культури коливався від 6,1% в умовах вологого року до 11,3-14,3% в умовах типово посушливих років. Незалежно від обробітку ґрунту (дискування на 10-12 см та оранки на 20-22 см)

урожайність досліджуваних сортів була вищою за норми висіву 4,0 млн. шт./га [9].

Оптимальне поєднання елементів технології є найбільш економічно та енергетично ефективними рішенням. Так за раннього строку сівби на фоні розрахункової дози добрива під врожай 4 т/га. В умовах Миколаївської області на чорноземі південному мало гумусному залишково-слабосолонцюватому важко суглинковому на лесах були встановлені найвищі значення коефіцієнту енергетичної ефективності умовно чистого прибутку та рентабельності. За зонально рекомендованої норми  $N_{40}P_{30}$  та зміщення строку сівби, внаслідок порівняно низького приросту врожайності зерна, показники зменшувалися до рівня екстенсивного варіанту – контролю [42, 163 ].

Зважаючи на значну відмінність умов вирощування за основної та літньої сівби культури, загальних проявів окупності ресурсів переваги має адаптивний підхід до побудови елементів технології вирощування післяжнивного проса посівного [26].

### **Висновки до розділу 1**

Аналіз господарської практики та наукових досліджень підтверджує позитивні наслідки та доцільність упровадження інтенсивного рослинництва на зрошуваних землях як основи економічної ефективності, продовольчої безпеки та екологічної стабільності агроеліоративних систем.

Проміжні посіви достатньо широко застосовуються на іригаційних масивах, розташованих у зонах із значними ресурсами тепла та наявними водними ресурсами для зрошення. Вони справляють позитивний вплив на економічну ефективність зрошеного землеробства та зумовлюють потребу розроблення адаптивних технологій вирощування визначеного спектра сільськогосподарських культур.

Зростання теплових ресурсів унаслідок кліматичних змін і поява адаптивних сортів польових культур створюють передумови для

впровадження двоурожайних технологій у південному Степу за умов зрошення. Сучасні екологічно пластичні сорти проса забезпечують ефективну реалізацію таких технологій після різних попередників у зрошуваних сівозмінах.

Система мінерального живлення справляє визначальний вплив як на рівень продуктивності інтенсивних ланок сівозміни, так і на економічні показники вирощування культур, що обумовлює необхідність розроблення адаптивних технологій живлення з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних і господарських умов та попередника.

Ключовим шляхом підвищення ефективності зрошуваного землеробства є адаптивне чергування культур у поєднанні з раціональним удобренням, використанням високопродуктивних адаптованих сортів і заходами зі збереження та відтворення родючості ґрунтів.

Наявні літературні дані свідчать про фрагментарність досліджень щодо оптимізації технології післяжнивного вирощування проса перш за все в умовах зрошення на Півдні України, що обумовлює актуальність і наукову доцільність проведення комплексних досліджень у цьому напрямі. Наукові дослідження мають бути спрямовані на формування адаптивної, ресурсозберігаючої та економічно ефективною технології післяжнивного вирощування проса посівного, яка забезпечуватиме стабільне виробництво зерна із урахуванням кліматичних змін та потреб інтенсивного використання зрошуваних агроценозів. Моделі прогнозування теплозабезпеченості післяжнивного періоду мають вагомий значення для підбору культур та сортів культури другого врожаю.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони дослідження

Полеві дослідження виконані у період з 2021 по 2025 роки в підзоні Південного Степу України. Через військову агресію дослідження були проведені двох, близьких за ґрунтово-кліматичними умовами, локаціях. У 2021 році та в 2024-2005 роках на дослідному полі ІЗЗ НААН (в подальшому ІКОСГ НААН) тоді як у 2023 році на дослідному полі Одеської ДСГДС ІКОСГ НААН. Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. N 681 Про затвердження Порядку здійснення природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, протиерозійного та інших видів районування земель, ці масиви відповідно належать до подібних за умовами Сухостепової Присиваської та Степової посушливої Правобережної провінцій.

Кліматичні умови Південного Степу характеризуються посушливістю та тривалими та теплими літом і осінню, короткою помірно-холодною малосніжною зимою, переважно швидкоплинною весною із різким наростанням температур. Це території виражено недостатнього зволоження із відносно частою повторюваністю посух і суховіїв. Середня річна сума опадів для цих провінцій становить 380-450 мм із яких близько 70% надходить за теплий період. При цьому більш цінними для формування врожаю є опади осінньо-зимового періоду, акумульовані в глибоких горизонтах ґрунту. Ресурси тепла достатньо значні, суми ефективних температур повітря за період понад 5 °С складають 2510-2595 градусів, більше 10 °С - 1468-1525, а більше 15 °С - 675-735 градусів Цельсія. Перші осінні заморозки можливі у вересні, однак спостерігаються переважно із другої-третьої декади жовтня, тоді як останні весняні інколи відбуваються навіть у другій декаді квітня. Вегетаційний період, за біологічного мінімуму температур повітря понад 5

°С, триває 220-245 днів, із другої декади березня до першої декади листопада. Сума позитивних температур повітря понад 5°С за вегетаційний період коливається від 3370 до 3955 °С. За багаторічними значеннями він починається 9-18 квітня і закінчується 9-25 жовтня, для останніх років характерно подовження цього періоду. Для виробництва продукції рослинництва найбільш небезпечним метеорологічним явищем є посухи, які мають високу повторюваність та часто бувають комплексні атмосферно-грунтові. Екстремальними погодними явищами впродовж вегетаційного періоду для даного регіону є град, зливи, сильний вітер, пилові бурі, короткочасні похолодання.

Типовими для провінцій є чорноземи південні та темно-каштанові ґрунти, що близькі за профілем ґрунту морфологічними, агрохімічними та агрофізичними властивостями. Негативною ознакою темно-каштанових солонцюватих ґрунтів порівняно з південними чорноземами є більш розпорошена структура гумусового горизонту, а також висока ущільненість ілювіального шару. У наслідок цього спостерігається зниження водостійкості ґрунтової структури, зменшення загальної та особливо капілярної пористості, а також вологості.

Ґрунти дослідного поля с. Надніпрянське Херсонської області слабко-солонцюваті, середньогуглинкові, характеризуються досить високою щільністю: у верхніх гумусових горизонтах Н(е) і Нрі, яка становить 1,26–1,42 г/см<sup>3</sup>, а в перехідних горизонтах Р<sub>h1</sub> та Р<sub>hк</sub> – 1,42–1,49 г/см<sup>3</sup>. Щільність твердої фази коливається від 2,64 до 2,71 г/см<sup>3</sup> і майже не змінюється по профілю. Загальна пористість зменшується від 49–50% у верхніх горизонтах до 44–45% у нижніх, тоді як пористість аерації при польовій вологості падає з 26–30% до 24–25%. Агрофізичні властивості орного шару ґрунти дослідного поля ІЗЗ НААН задовільні: щільність твердої фази ґрунту складає 2,67 г/см<sup>3</sup>, рівноважна щільність складення становить 1,35 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість – 49,4% (Додаток В).

Ґрунти дослідного поля Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН чорноземи південні слабо-солонцюваті малогумусні. Глибина гумусового горизонту становить 40-50 см. Уміст гумусу у верхніх горизонтах складає 2,5 %, однак по профілю його кількість зменшується до 1,2%. Орний шар порохувато-грудкуватий, в сухому стані брилистий, підорний – зернисто-грудкуватий, щільність складення – 1,2 – 1,3 г/см<sup>3</sup>. В шарі 0,65-1,2 м ґрунти з рясною борошністою білозіркою, з 200-400 см містять друзи гіпсу. Водна рН ґрунтового розчину складає 7,8. Вміст рухомих форм азоту складає 10 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію за Мачіґінім 29,2 та 349 мг/кг ґрунту.

## 2.2 Погодні умови в роки дослідження та характеристика післяжнивного періоду

Оскільки умови післяжнивного вирощування пов'язані із вегетацією попередньої культури то характеристика погодних умов охоплює період вирощування як озимої пшениці так і проса. Погодні умови в роки досліджень були неоднозначними та, періодично, суттєво відрізнялися від середніх багаторічних значень (Додаток В, рис 2.1).

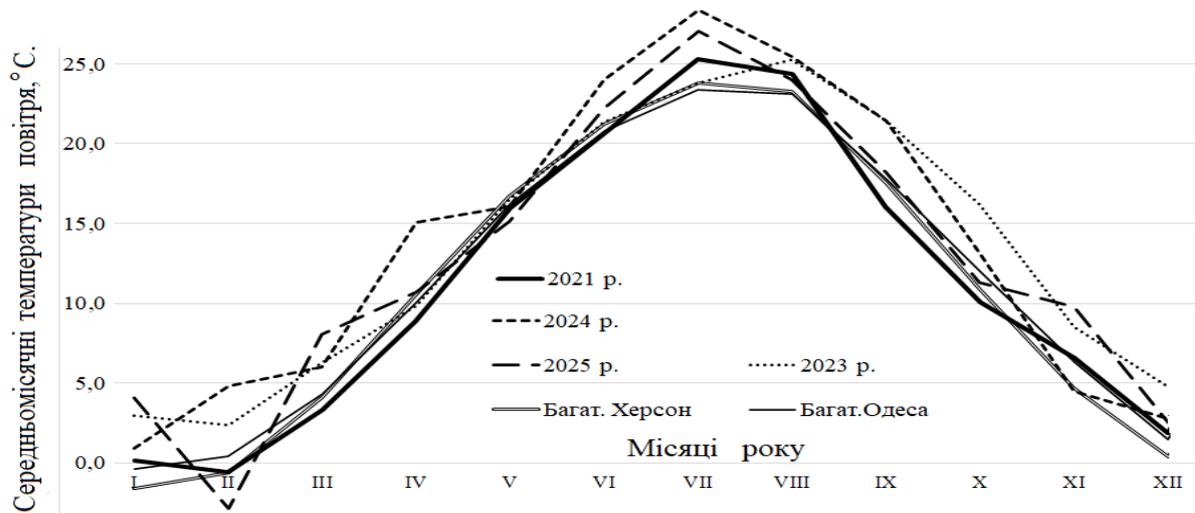
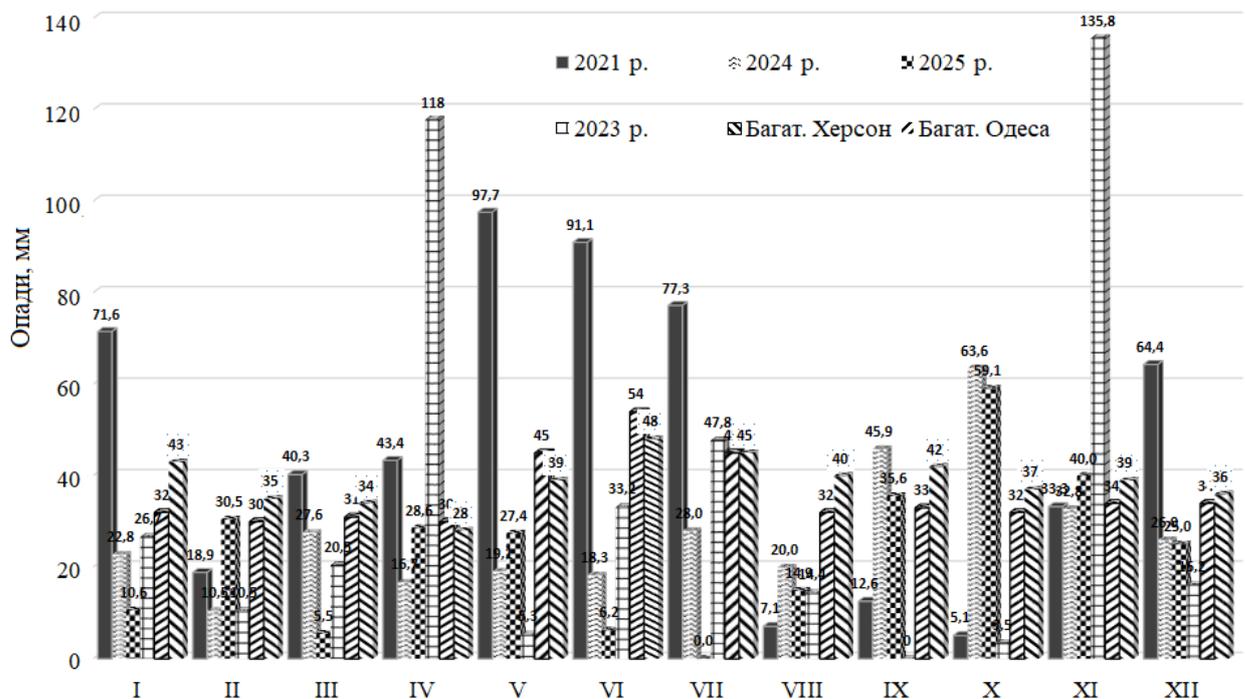


Рис 2.1. Температурні умови в роки досліджень, °C

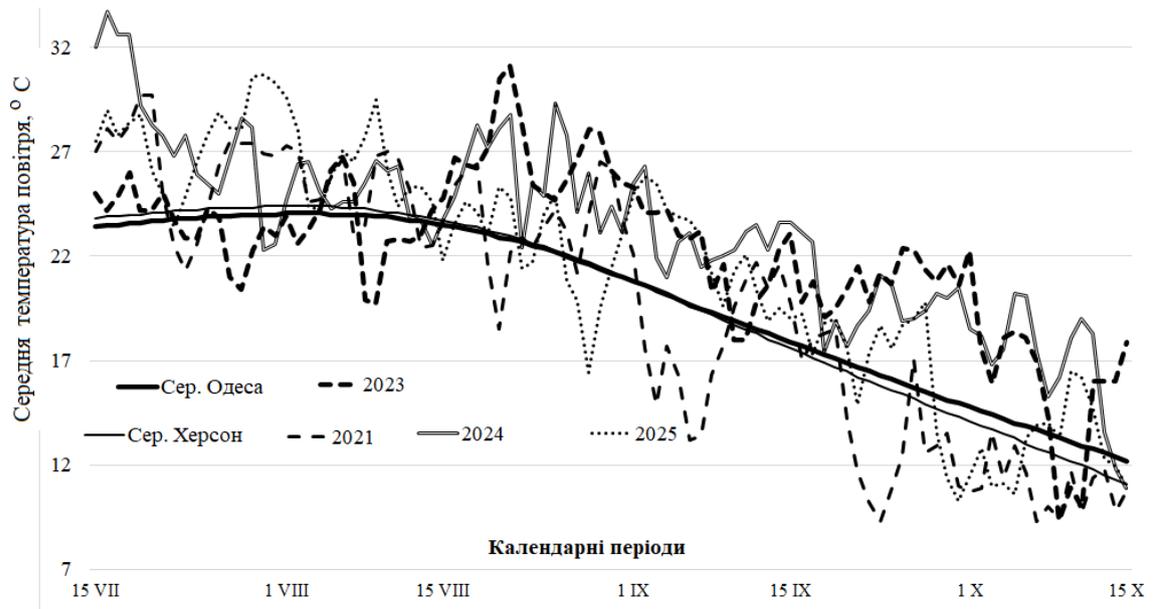
За температурним режимом найбільш близьким до середніх багаторічних значень були умови 2021 року, тоді як найбільш екстремальними показники 2024 року. Погодні умови осені 2020 року за надходження опадів були малосприятливими для озимих зернових культур - попередників проміжних посівів. Однак перевищення температур повітря у жовтні - листопаді на 4,6 °С та 0,8 °С, дозволило посівам культури досягти оптимального стану на час припинення вегетації. Весна була холодною, затяжною та вологою, що значно затримало і подовжило вегетацію озимих культур. Через аномальні гідротермічні весни та літа умови економічної доцільності у проведенні поливів не було, а збирання озимих культур аномально затрималося на 15-20 днів (Ід. VII).

В умовах 2021 року сівба проса була проведена 16 липня. Не зважаючи на надходження значних опадів у період дозрівання пшениці озимої, отримання сходів потребувало проведення сходовикликаючого поливу. Впродовж серпня спостерігалось перевищення норми температури повітря на 1,1 °С, тоді як надходження опадів складало 22,2% від норми (рис. 2.2; 2.4).

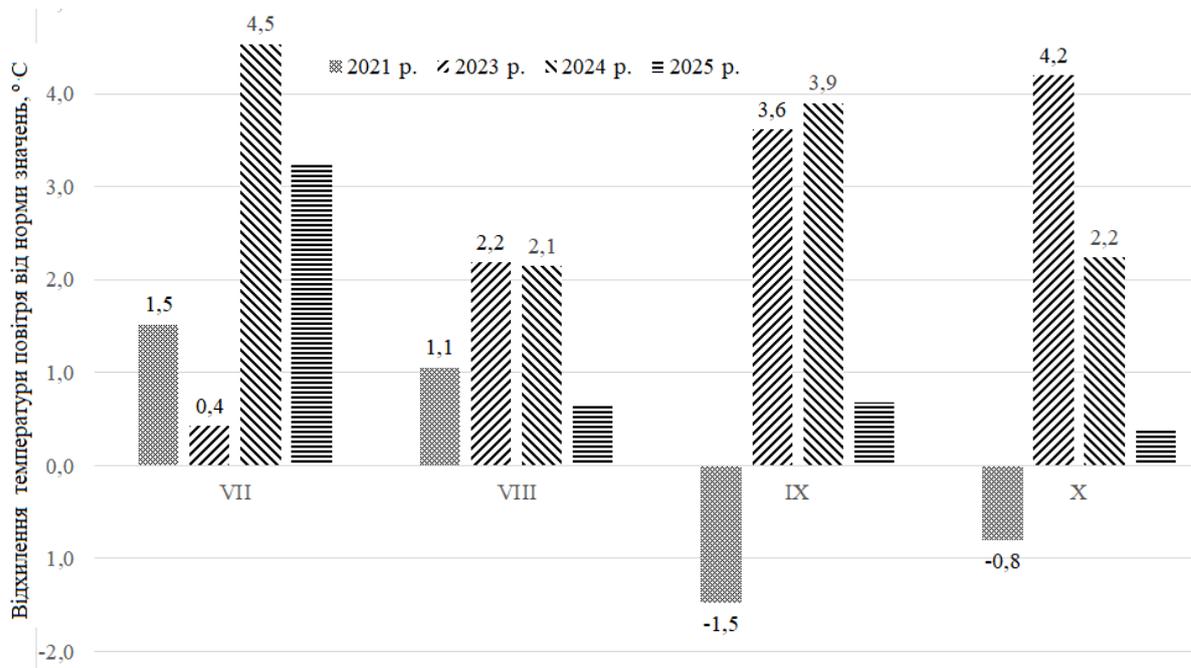


**Рис. 2.2 Надходження опадів в період досліджень, мм**

Сухими виявилися і вересень та жовтень, коли надійшло лише 38,2 та 15,9% опадів від норми, проте температура повітря була на 1,5 та 0,8 °С нижчою (рис. 2.3). За значеннями ГТК серпень був сильно посушливим - 0,44 а вересень та жовтень відповідно середньо посушливим 0,63 та вологий 0,95 (див. рис. 2.4). При цьому в період дозрівання мінімальна температура досягала +3,8°С. Підвищена вологість ускладнювала збирання проса.



*А) Динаміка температури повітря післяжнивного періоду, оС.*

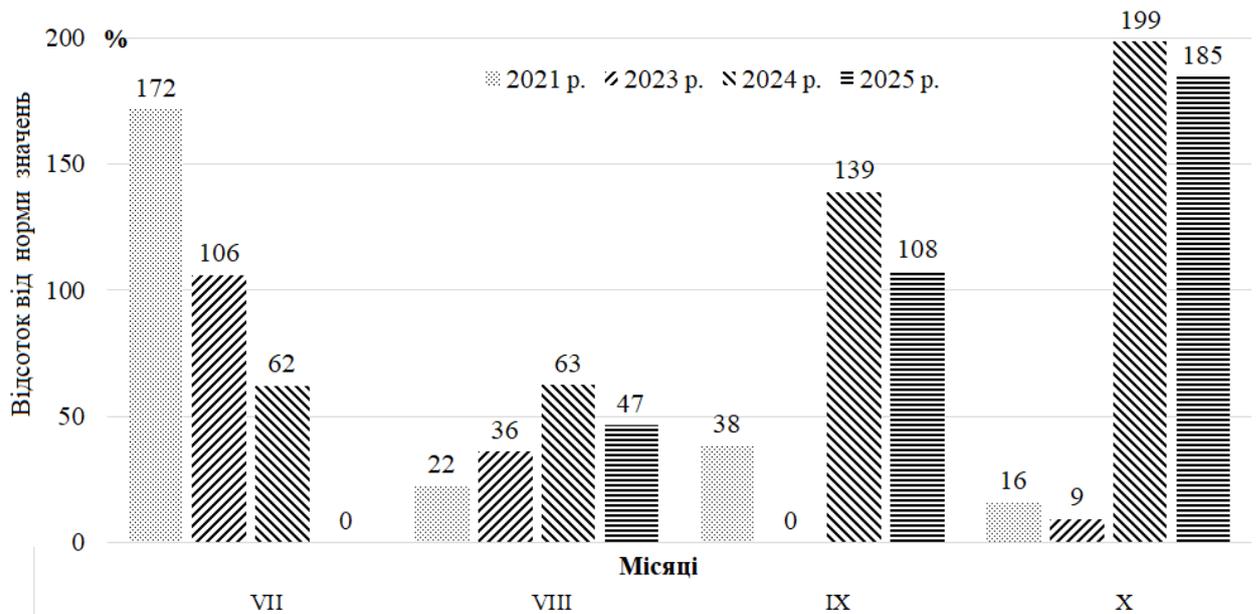


*Б) Відхилення температури повітря від норми значень, оС*

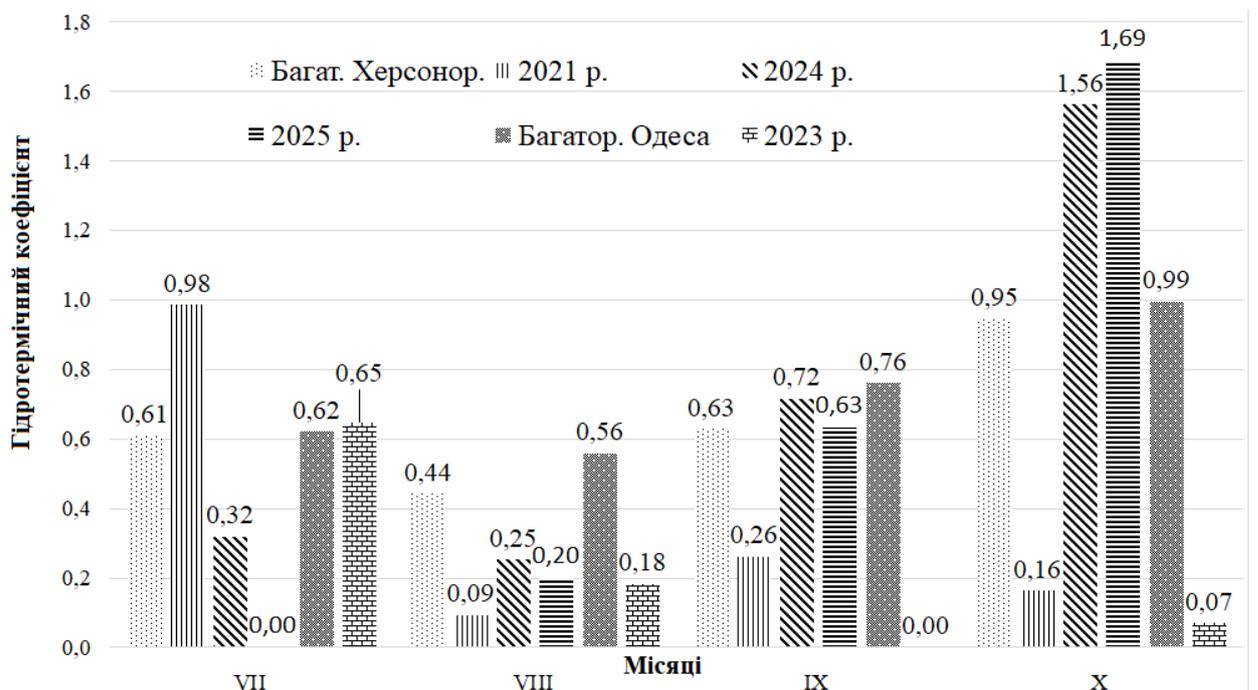
**Рис. 2.3** Характеристика температурних умов післяжнивного періоду

Осінь 2022 року для росту і розвитку озимих культур склалася несприятливо, переважно через високу посушливість, хоча температурні умови були сприятливими для отримання сходів за тривалої вегетації озимих культур. Зима була аномально теплою, стійке припинення вегетації відбулося в другій декаді січня та переривалося до першої декади лютого. Гідротермічні умови зими сприяли вегетації озимих культур і усі посіви весною перебували у сприятливій фенологічній фазі. За температурним режимом весна була дуже ранньою проте затяжною із тривалим поверненням холодів. Підвищення температур до активних значень відбулося лише в квітні, що відтермінувало розвиток посівів озимих культур відносно багаторічних значень. Посушливий весняний період посіви озимих культур перенесли за рахунок сформованих зимових запасів ґрунтової вологи. Умови червня та липня були помірно посушливими, однак опади в період дозрівання пшениці озимої зумовили затримання із збиранням попередника, яке відбулося 14 липня. Закладання досліду та сівбу проса проводити 16 липня.

Післяжнивний період 2023 року характеризувався надзвичайно напруженим температурним режимом та дефіцитом опадів. Перевищення температури повітря за період серпень-жовтень відповідно складало 2,2; 3,6 та 4,2 °C (див. рис. 2.3). При цьому кількість опадів відносно норми складала 36; 0,0 та 9% (див. Рис. 2.4 А). В таких посушливих умовах вологозабезпечення проса практично повністю залежало від зрошення. Умови наливу зерна та збирання культури були сприятливими. Відповідно значень гідротермічного коефіцієнту умови серпня-жовтня були 0,0...0,36 та характеризувалися як дуже сильна посуха (див. рис. 2.4). Умови року для збирання проса були сприятливими.



А) Надходження опадів у післяжнивний період, % від норми значень



Б) Значення гідротермічного коефіцієнту за місяці післяжнивного періоду

**Рис. 2.4** Характеристика гідротермічних умов післяжнивного періоду

Незважаючи на аномально посушливі умови в період сівби озимих культур восени 2023 року, подальші погодні умови дали змогу сформувати сходи за рахунок природних запасів вологи в ґрунті та забезпечили їх розкущення. Перевищення температури повітря за жовтень – грудень було значним та складало відповідно 4,3; 2,5 та 3,9 °С (див. додаток Б), а

надходження опадів складало 78; 341 та 75% від норми. Зима була теплою, відновлення вегетації відбулося на початку лютого, що більше ніж на місяць раніше норми. На фоні подальшого перевищення температур це надзвичайно прискорило розвиток пшениці озимої. Температура березня - червня була вищою на 1,9 - 4,5°C, при надходженні опадів менше норми. Близьким до температурної норми був лише травень (-0,6°C), однак за липень перевищення норми складало 4,5°C. Посіви пшениці дозрівали раніше середніх термінів, чим формували більш вигідні умови для післяжнивних культур.

Умови післяжнивного періоду 2024 року жаркими із надходженням значної кількості опадів. Перевищення середньодобової температури серпня – жовтня складало відповідно 2,1; 3,9 та 2.2 °C., а надходження опадів становило 63;139 та 199 % від норми значень. Помісячні значення величини ГТК складали 0,25; 0,72 та 1,56 (див рис. 2.4 А). Тому у поточному році умови зволоження посівів післяжнивного проса коливалися від дуже сильно посушливих на початку вегетації до надлишково зволених по її завершенні. Через високий температурний режим та посушливість післяжнивного періоду, умови вологозабезпечення посівів культури повністю визначалася режимом зрошення. Дозрівання відбувалося на фоні вищих температур та надходження опадів.

Для посівів озимих культур 2024 рік був сприятливим, теплим та періодично вологим. Зима була м'якою, однак аномально холодним був лютий, -2,9 °C. Весна розпочалася раніше звичайного різким наростанням температур, а тому періодичні похолодання викликали термічний стрес у рослин, що входили в генеративний етап розвитку. Сухі та спекотні умови червня значно прискорили дозрівання озимих культур вегетація яких дещо затягнулася. Період збирання озимої пшениці і закладки дослідів характеризувався значною посушливістю через абсолютну відсутність опадів. Умови липня і серпня 2025 року були аномально сухими із значним перевищенням температур, на 3,2 та 0,7°C відповідно. Умови вегетації значно

покращили опади вересня 108% норми та жовтня 185 %, що відобразилося на дозріванні та умовах збирання проса.

У цілому за роки досліджень післяжнивний період характеризувався стійкою тенденцією до перевищення середньомісячної температури повітря над багаторічними показниками в межах 0,4–4,5 %. Виняток становили лише вересень і жовтень 2021 року. Водночас кількість атмосферних опадів відзначалася високою варіабельністю, включно з повною їх відсутністю в окремі місяці, що об'єктивно унеможливило вирощування сільськогосподарських культур у післяжнивний період без застосування зрошення.

### 2.3. Методика проведення досліджень і особливості агротехніки в досліді

Розробка програми, польові та супутні дослідження проводились відповідно до Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [91]. Програма передбачала проведення двох польових дослідів.

*Дослід 1* : «Формування продуктивності зерна проса посівного в післяжнивних посівах залежно від системи живлення». Схеми однофакторного дослідів включала 7 варіантів.

Система живлення (фактор А)

- |                                                                     |                                      |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Без добрив (контроль);                                           | 2. N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>   |
| 3. N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га; | 4. N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>   |
| 5. N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га; | 6. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> ; |
| 7. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га  |                                      |

Посів проводили нормою висіву 3,5 млн схожих насінин на 1 га. Мінеральні добрива вносили перед сівбою проса. Культуру підживлювали органічним добривом, створеним на основі ґрунтових водоростей Soil algae (5 л/га) у фазі ВВСН 25–27. У досліді використовували сорт проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) вітчизняної селекції Миронівське 51, рекомендований

для вирощування у Степовій зоні України та включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Дослід 2 «Формування продуктивності сортів проса залежно від норми висіву при післяжнивному вирощуванні» Схема двох факторного досліді передбачала випробовування п'яти сортів середньостиглої та середньопізньої груп за різних норм висіву. Сорти проса посівного (фактор А) включав такі варіанти Вітрило; Денвікське; Миронівське 51; Полто; Сонечко слобідське. Норма висіву схожого насіння, (фактор В) включав варіанти 3,5; 4,0; 4,5 млн. шт./га. Фон живлення передбачав внесення до сівби  $N_{45}P_{30}$ .

Повторність досліді чотириразова, площа дослідної ділянки становила 60 м<sup>2</sup>, облікової 30 м<sup>2</sup>. Посів проводили суцільним способом сівалкою SZM Nika-4 з міжряддям 15 см. Фоліарне внесення органічного добрива Soil algae здійснювалось за допомогою ранцевого обприскувача.

Режим зрошення передбачав проведення сходовикликаючого поливу 200 м<sup>3</sup>/га, та вегетаційних поливів 300 та 400 м<sup>3</sup>/га, якими підтримували вологість ґрунту у кореневмісному шарі 0,3 та 0,5 м на рівні не нижче 75% від НВ. Сходовикликаючий полив дощуванням проводили щорічно відразу після сівби культури. У досліді застосовували післясходовий гербіцид Агент 4 л/га (Флорасулам 6.25 г/л, 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д 452 г/л, у кислотному еквіваленті 300 г/л). В роки появи шкідників на рівні порогу шкодочинності використовувати інсектицид Брейк 0,1 л/га (лямбда-цігалотрін 100 г/л).

Аналітичні дослідження, виміри та розрахунки, а також спостереження за формуванням агрофітоценозу проведені у відповідності до Методики державного сортовипробування с.-г. культур та методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [90, 91, 92, 93].

У досліді проводились наступні польові роботи і спостереження:

Фенологічні спостереження – установлювали час настання фаз розвитку рослин: сходи, кушіння, вихід рослин у трубку, викидання волоті, воскова і технічна стиглість зерна. Спостереження проводились на всіх

варіантах досліду. За початок фази берали день, коли вона виявляється не менше, ніж у 10% рослин, за масове настання фази - день, коли вона є у 75% рослин.

Густина стояння рослин визначалась після появи повних сходів і перед збиранням. Підрахунок проводився на ділянках, які включають два суміжних рядка довжиною із розрахунку облікової площі 0,5 м<sup>2</sup>. На кожному варіанті досліду закріплялися 4 таких ділянки (по 2 в кожному несуміжному повторенні). Обліки проводились на всіх варіантах досліду.

Біометричні показники визначали при аналізі рослинних зразків: кількість, висота і маса рослин, площа листової поверхні, відсоток сухої речовини. Проводили відбори з пробних площадок. Оцінку фотосинтетичної діяльності виконували за показниками листового індексу, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу методикою О.О. Ничипоровича. Площу листової поверхні визначали розрахунковим методом за лінійними розмірами листка із використанням коефіцієнту 0,67 [98, 104, 87].

Висота рослин вимірювалась в кінці вегетації, від ґрунту до верхівки рослини, по вимірюванням із 10 рослин на ділянці.

Структура врожаю. Аналіз снопових зразків проводився перед збиранням врожаю на всіх варіантах досліду. Зразки відбиралися на ділянках, які включають два суміжних рядка довжиною 83,3 см. По сноповому зразку визначалися: маса снопа, кількість рослин, стебел, продуктивних стебел, маса зерна, маса зерна одного колоса.

Маса 1000 зерен – відбиралися дві проби по 500 зерен у кожній відповідно до ДСТУ 4138-2002. Фактична маса 1000 зерен приводилась до прийнятого відсотка вологості. Визначення проводили на всіх варіантах.

Збирання врожаю зерна проводилось у фазу повної стиглості зерновим комбайном Samro 130. Облік врожаю здійснювався шляхом суцільного скошування усієї облікової площі ділянки та зважування зразка з точністю до

0,1 кг. Врожайні дані перераховували на стовідсоткову чистоту та стандартну вологість – 14%.

Вологість зерна при збиранні – визначалась термостатно-ваговим методом, на всіх варіантах дослідів ГОСТ 13586.5-93.

Вологість ґрунту визначали згідно з ДСТУ ISO 11465:2001 термостатно-ваговим методом на метрову глибину через кожні 10 см [1].

Сумарне водоспоживання визначали методом водного балансу, за головними статтями: опади, норма зрошення та корисні запаси вологи в метровому шарі ґрунту. Коефіцієнт водоспоживання визначався за відношенням величини сумарного водоспоживання до врожайності зерна культури за стандартної вологості.

Вміст поживних речовин у ґрунті визначали у розрахунковому шарі 0-30 см. Хімічний аналіз ґрунту та показники якості продукції і рослинних зразків визначались в лабораторії аналітичних досліджень ІЗЗ НААН за загальноприйнятими методиками та стандартами [1, 3].

Контроль за режимом зволоження здійснювався шляхом відбору зразків на метрову глибину із визначенням фактичної вологості термостатно-ваговим методом. У дослідженнях застосовували рекомендований для зони водозберігаючий режим зрошення польових культур. Усі польові та супутні дослідження проводились за Методикою польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [91]. Економічна та енергетична ефективність досліджуваних заходів оцінювалась відповідними методиками [89, 99]. Під час розроблення схеми дослідів дотримувалися принципу єдиної різниці, а також обґрунтовано визначали крок експерименту (градації факторів), що забезпечувало можливість встановлення оптимальних параметрів дії кожного з них.

Статистична обробка врожайних даних проводилась методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу з використанням персонального комп'ютера за допомогою пакету комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2016 та Statistica 8,0 [148].

Визначення рівня гомеостатичності (Ном) сортів та коефіцієнт агрономічної стабільності (As) проводили згідно методики Хангильдіна В. В., за встановленими закономірностями варіабельності врожайності зерна.

Використане в досліді органічне добриво Soil algae це препарат виготовлений на основі ґрунтових сине-зелених водоростей (ціанобактерій) штаму ІМВ К-19 (*Nostoc commune*) здатних проявляти азотфіксацію.

Вони та продукти їх життєдіяльності стимулюють енергію проростання насіння та ростові процеси у рослинах внаслідок виділення низки фітогормонів (гібереліни, ауксини, цитокініни); забезпечують рослини доступним несимбіотичним азотом; утримують вологу в ґрунті за рахунок гідрофільного колоніального слизу

Препарат проявляє фунгіцидну активність здійснюючи захист рослини від патогенних грибів (*nosto fungicidin*); сприяє збереженню та відновленню родючості, структуруючи ґрунт, розпушуючи його та насичуючи органічними речовинами, чим запобігає ерозії. Компоненти препарату сприяють мінеральному живленню рослин хелатизуючи хімічні елементи ґрунту та утворюючи комплексні сполуки металів із деякими органічними речовинами, у наслідок чого іони металів переходять в розчинний стан; стимулюючи розвиток корисної мікрофлори ґрунту та, являючись антистресантом для рослин, підвищують солестікість [201].

Концентрат продуктів життєдіяльності азотфіксуючої ґрунтової водорості *Nostoc commune* (ТУ У 20.1-40315814-004:2020) містить макро- і мікроелементи, 17 вільних амінокислот, низку фітогормонів. Він насичений вітамінами, мікро- і мікроелементами у формі, яка легко засвоюється рослинами та проявляють антибактеріальну, антигрибкову активність.

Препарат рекомендований для застосування на зернових та технічних культурах дозою 3-6 л/га при витратах робочого розчину 200 л/га. Рекомендовано застосовувати воду із рН 6,5-8,5.

## **Висновки до розділу 2.**

Ґрунтово-кліматичні умови Південного Степу України за наявності функціонуючих зрошувальних систем є придатними для запровадження двохурожайних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Характерною особливістю зони проведення досліджень є посушливі умови, нерівномірний розподіл атмосферних опадів упродовж вегетаційного періоду та підвищений температурний режим, що потребує запровадження зрошення. Післяжнивний період характеризується нестабільною та важкопрогнозованою вологозабезпеченістю, спадною динамікою температур повітря і ґрунту та обмеженою тривалістю вегетаційного періоду.

Погодні умови післяжнивного періоду в роки проведення досліджень були репрезентативними для підзони Південного Степу, що дало змогу отримати об'єктивні, експериментальні дані та сформулювати науково обґрунтовані висновки і практичні зональні рекомендації для виробництва.

Використання передбачених загальноприйнятих методик польових агрономічних експериментів та чинних методичних рекомендацій дозволяють отримати об'єктивні, достовірні та відтворювані експериментальні дані, повно розкрити об'єкт й предмет дослідження та виконати поставлені наукові завдання сформулювавши рекомендації.

Використання загальноприйнятих методик польових агрономічних експериментів і чинних методичних рекомендацій забезпечує отримання об'єктивних, достовірних та відтворюваних експериментальних даних, повне розкриття об'єкта й предмета дослідження та виконання поставлених наукових завдань.

## РОЗДІЛ 3

## ОЦІНКА УМОВ ПІСЛЯЖНИВНОГО ПЕРІОДУ

## 3.1. Особливості формування гідротермічних умов та аналіз потреб теплових ресурсів

Забезпеченість рослин базовими факторами життя - теплом та вологою є одним із найважливіших природних чинників, що визначають ріст, розвиток і продуктивність сільськогосподарських культур в умовах післяжнивного вирощування. Врахування особливостей гідротермічних умов є необхідною складовою під час вибору культур, сортів чи гібридів для двоурожайних технологій. В умовах змін клімату та зростання частоти посушливих періодів дослідження впливу гідротермічних факторів на продуктивність сільськогосподарських культур набуває особливої актуальності, що й зумовлює доцільність такого аналізу (табл.3.1).

Таблиця 3.1

**Надходження суми активних температур упродовж періодів росту та розвитку рослин проса посівного сорту Миронівське 51 при післяжнивному вирощуванні (середнє 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Міжфазні періоди				
	посів - сходи	сходи – початок куцнення	куцнення -викидання волоті	викидання волоті - технічна стиглість	технічна – повна стиглість
Без добрив (контроль)	158	281	553	555	297
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	158	281	558	565	294
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	158	281	558	570	298
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	158	281	569	570	308
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	158	281	569	570	308
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	158	281	576	584	305
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	158	281	576	584	305

*Примітка: біологічний мінімум +10°C.*

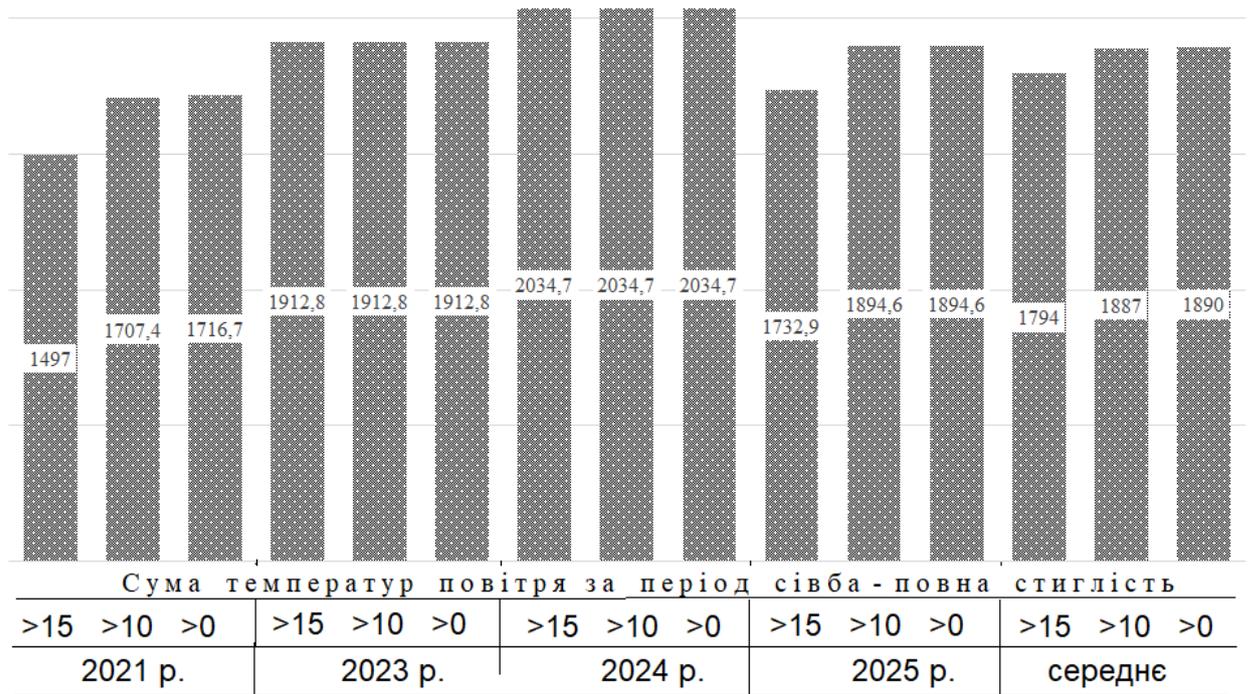
Тривалість міжфазних періодів та строки їх проходження зумовлювали різну забезпеченість тепловими ресурсами, що відображені в аналізі сумою температур вище 10°C. Найбільша кількість тепла, в середньому за роки спостереження, надходила впродовж найбільш тривалих міжфазних періодів кушення викидання волоті (27,1% часу) та викидання волоті технічна стиглість зерна (31,4% часу). Сума активних температур за ці періоди у середньому складала відповідно 565 та 571 °С, що становить відповідно 30,1 та 30,4% загальної кількості. Близькими за кількістю надходження тепла є періоди технічна – повна стиглість 302°C та сходи – початок кушення 281 °С. Високі температури та забезпечення поливами вологи зумовили швидкоплинність міжфазного періоду сівба – сходи, сума температур впродовж якого складала 158°C, або 8,4% даного ресурсу.

Складові системи живлення, як основне внесення так і підживлення, не мали визначального впливу на споживання посівами ресурсів тепла. При цьому суми активних температур відрізнялися виключно в період після початку кушення до дозрівання. У подальшому в періоди кушення - викидання волоті, викидання волоті – технічна стиглість та технічна – повна стиглість зерна коефіцієнт варіації відповідно складав 1,62; 1,76 та 1,87%, що відповідає несуттєвому рівню. Це дозволяє зробити висновок, що система живлення не зумовлює вагомого впливу на забезпеченість рослин проса у післяжнивних посівах ресурсами тепла, а коливання між варіантами в окремі міжфазні періоди складають 1,4-1,89 %. За максимальної системи живлення коливання суми температур у розрізі років складало 7,58%.

Зважаючи що просо посівне як представник хлібів другої групи, є теплолюбною культурою, важливе значення мають якісні показники температурного режиму. Розрахунки суми активних температур за різних рівнів біологічного мінімуму представлені на рисунку 3.1.

Аналіз свідчить, що вегетація проса при післяжнивному вирощуванні відбувається за сприятливого температурного режиму. Сума активних

температур вище біологічного мінімуму для культури, який складає  $+10^{\circ}\text{C}$ , практично відповідає сумі температур вище  $0^{\circ}\text{C}$ .



**Рис. 3.1 Суми температур за період вегетації проса посівного сорту Миронівське 51.**

*Примітка фон живлення  $N_{45}P_{30}$  + підживлення Soil algae 5 л/га*

У середньому за роки дослідження ці значення складають відповідно 1887 та 1890  $^{\circ}\text{C}$ . Тобто пониження температур в період вегетації нижче  $10^{\circ}\text{C}$  є нетиповим явищем. Така ситуація спостерігалася в 2021 році, коли різниця між цими показниками складала  $9,3^{\circ}\text{C}$ .

Про достатню забезпеченість тепловими ресурсами післяжнивного періоду відповідно до біологічних потреб проса посівного свідчить той факт, що сума активних температур вище 15 градусів складає 95,0 % від суми ефективних температур. При цьому спостерігалася короткочасне пониження мінімальних температур у 2021 році до  $3,8$  а в 2025 році до  $2,8^{\circ}\text{C}$ .

Потреби рослин у теплових ресурсах суттєво залежать від несуміжних групи стиглості сортів, що є одним із критеріїв при виборі об'єктів для післяжнивного вирощування.

За спожитою сумою активних температур понад 10°C сорти різнилися лише на 2,4% від 1858 °C у сорту Денвікське до 1904 °C у сорту Вітрило (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Надходження суми активних температур впродовж міжфазних періодів сортів проса посівного при післяжнивному вирощуванні (середнє 2021...2025 рр.)**

Сорти	Міжфазні періоди			
	сівба – кущення	кущення - викидання волоті	викидання волоті – технічна стигість	сівба - технічна стигість
	Сума активних температур, > 10 °C			
Вітрило	446	628	829	1904
Денвікське	446	565	847	1858
Миронівське 51	446	612	832	1891
Полто	446	586	832	1864
Сонечко слобідське	446	598	820	1864
	Сума активних температур, > 15 °C			
Вітрило	439	599	671	1709
Денвікське	439	548	704	1691
Полто	439	559	706	1703
Миронівське 51	439	594	676	1709
Сонечко слобідське	439	566	704	1709

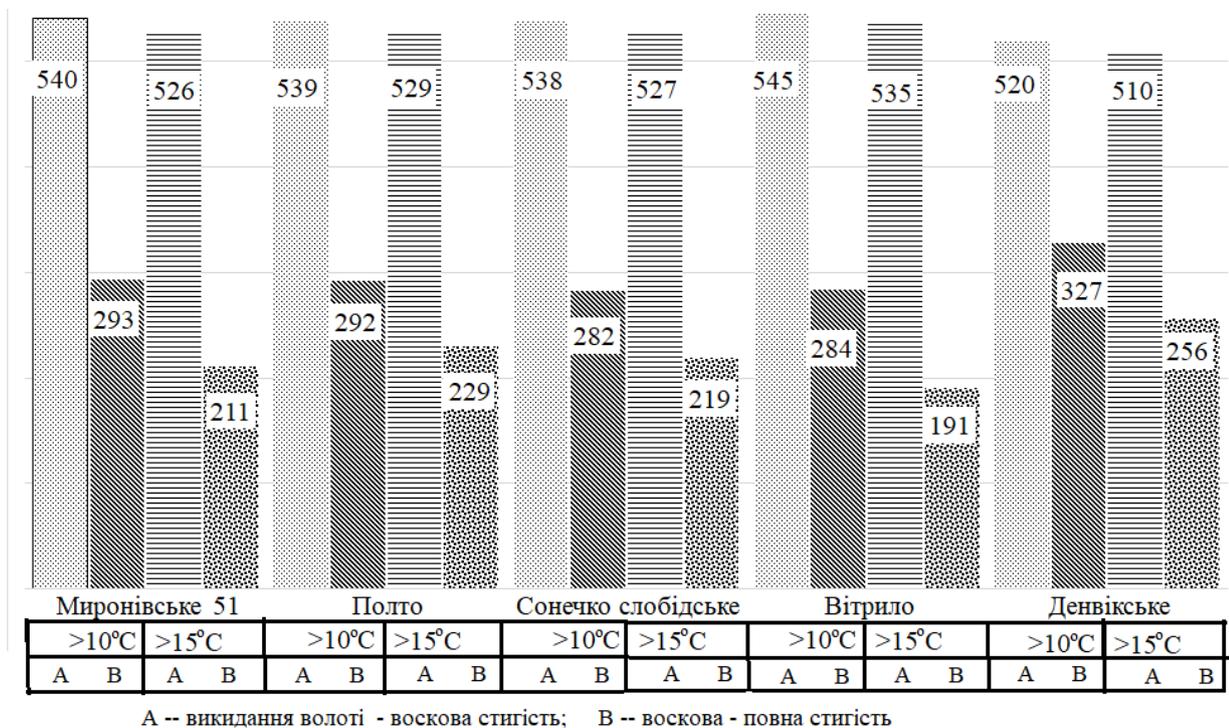
*Примітка: норма висіву 3,5 млн шт./га.*

При цьому дана різниця була зумовлена переважно температурами від +10 до + 15°C, де різниця між сортами складала лише 0,7%.

За сумою активних температур більше 10 градусів за вегетативний етап розвитку культури надходить 23,8% тепла, раннього генеративного етапу 31,9% а пізнього генеративного періоду 44,3%. Розподіл більш сприятливих для культури температур, які перевищують 15 градусів, є рівномірний та відповідно складає 25,7; 33,6 та 40,6%. Це свідчить, що використання сортів із більш тривалим періодом вегетації та раніше звичайного пониження

температур переважно позначиться в період наливу зерна та формування його якості. Коливання використаних сортами ресурсів тепла складало в розрізі років 7,36-8,64%, що свідчить про високу значимість фактору року.

Зважаючи, що в продовж онтогенезу культури мають різні вимоги до теплового режиму необхідно зазначити, що різниця в сумі температур вище 10 та 15 °С збільшувалася від 1,7% впродовж фази сівба кушення, до 11,7% від кушення до викидання волоті та до 38,9% від викидання волоті до дозрівання. Таким чином сорти різних строків дозрівання переважно різнилися умовами теплозабезпечення на пізньому генеративному етапі розвитку.



**Рис. 3.2** *Забезпеченість сумою активних температур сортів проса посівного в генеративний період при післязливному вирощуванні, °С.*

На відміну від основних строків сівби дозрівання сортів відбувається на фоні динаміки стійкого пониження температур, що визначає забезпеченість рослин ресурсами тепла. Так найбільша різниця в сумі отриманого тепла притаманна періоду воскова – повна стигість зерна, де різниця між показниками вище 10 та 15 °С складала 63-93°C, що складає

27,3-49,0%. За міжфазний період викидання волоті – воскова стиглість така різниця складала 10-14°C, що становить 1,9-2,7%.

Встановлено, що сорти середньостиглої та середньопізньої груп переважно різняться теплозабезпеченістю в період дозрівання зерна, в межах до 3,3%, що робить їх можливими об'єктами для післяжнивного вирощування. Така особливість може мати вплив на якість зерна, затягувати період дозрівання та ускладнювати умови збирання культури.

Для оцінки гідротермічних умов в період вегетації посівів проса проведені розрахунки ГТК за методикою Селянінова Г.Т. (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

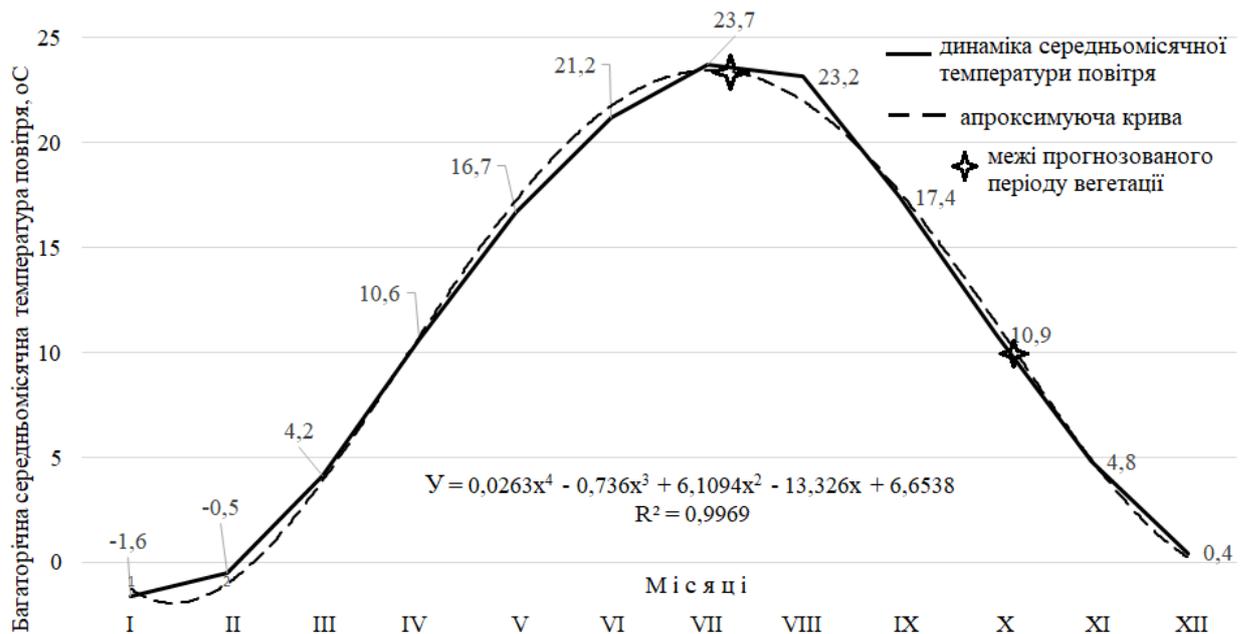
**Значення гідротермічного коефіцієнта в окремі періоди росту та розвитку проса посівного сорту Миронівське 51**

Періоди дослідження	Міжфазні періоди					
	сівюа - сходи	сходи – початок кушення	кушення -викидання волоті	викидання волоті - технічна стиглість	технічна – повна стиглість	сівба – повна стиглість
2021 р.	0,00	0,32	0,12	0,04	0,48	0,16
2023 р.	2,02	0,47	0,21	0,00	0,01	0,29
2024 р.	0,58	0,00	0,18	0,88	0,03	0,37
2025 р.	0,00	0,00	0,21	0,52	0,70	0,32
1990-2020 рр.	0,62	0,62	0,44	0,36	0,85	0,61

Умови характеризувалися значними коливаннями значень ГТК як в продовж окремих міжфазних періодів так і за період вегетації культури в цілому. Найбільш сприятливими для отримання сходів були умови 2023 року, завдяки надходженню в цей період опадів. У подальшому умови оцінювалися як сильна посуха. В умовах слабкої посухи відбувалося

формування зерна проса в 2024 році, де значення ГТК складало 0,88. Проте щорічно в періоди формування наземної маси, репродуктивних органів а також дозрівання зерна спостерігалися періоди дуже сильної посухи із значеннями ГТК менше 0,4. В середньому за період вегетації культури значення коефіцієнту коливалося від 0,16 у 2021 році до 0,37 в 2024 році, при багаторічному значенні за цей період 0,61. Отримані данні свідчать про високу нестабільність забезпечення вологою післяжнивного періоду та про неможливість вирощування проміжних культур без зрошення. Значення гідротермічного коефіцієнту підтверджують високу залежність таких посівів від стабільного штучного волого забезпечення.

На підставі норми значень середньомісячних температур повітря побудована математична модель динаміки температур (рис 3.3).



**Рис.3.3 Норми та апроксимуюча крива динаміки температури повітря й межі прогнозованого періоду вегетації післяжнивного проса.**

Існуючій динаміці температур краще відповідає поліноміальна функція четвертого ступеня яка має наступний вигляд.

$$Y = 0,0263 \times X^4 - 0,736 \times X^3 + 6,1094 \times X^2 - 13,326 \times X + 6,6538 \quad (1)$$

Де  $Y$  – середня температура періоду, °C;

$X$  – функція часу, місяць.

Апроксимуюча поліноміальна крива дуже точно,  $R^2 = 0,9969$ , відображає фактичний хід температур протягом року та підтверджує закономірний циклічний характер річної температурної динаміки. Функція відображає плавну зміну температури повітря протягом року з чітко вираженим літнім максимумом і зимовим мінімумом, що має важливе значення для агрокліматичної оцінки території та планування сільськогосподарських робіт.

Признавши біологічний нуль проса посівного як  $10^{\circ}\text{C}$ , нормальне накопичення суми активних температур, необхідних для повного циклу розвитку культури в післяжнивний період, яке в досліді складає  $1910^{\circ}\text{C}$ , потребує проведення посівного комплексу заходів до 3 липня. За таких умов завершення вегетації та повна стиглість культури буде співпадати із датою переходу середньої температури повітря через відмітку  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Ключовою умовою впровадження проміжних посівів є обґрунтоване визначення періоду можливої активної вегетації культури, який охоплює залишок вегетаційного сезону до дати переходу температури повітря через біологічний нуль. Саме в межах цього інтервалу створюються оптимальні температурні умови для повноцінного росту й розвитку рослин. Згідно з дослідженнями Т. Г. Ткаченка, в основних посівах початок і завершення вегетаційного періоду проса посівного доцільно визначати за датами переходу середньодобової температури повітря через біологічний поріг  $10^{\circ}\text{C}$ . Встановлено, що між датами переходу температури повітря через біологічний мінімум та кількістю накопиченого тепла, вираженого сумою активних температур, існує тісний взаємозв'язок, який у більшості географічних зон характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції [117].

Математичні моделі прогнозування сум температур за період вегетації культури характеризуються високою справджуваністю, оскільки враховують ключові чинники, що формують умови вирощування сільськогосподарських культур, а також закономірності їх онтогенезу. На нашу думку, під час

оцінювання теплозабезпеченості післяжнивного періоду доцільно включати до моделей такі агрометеорологічні показники, як дати сівби та збирання культури, суми активних і ефективних температур, а також гідротермічні індекси [230].

Завершення вегетації післяжнивних культур, як правило, обмежується настанням перших заморозків або зниженням температури повітря нижче біологічного мінімуму, що може бути встановлене за метеорологічними нормами для зони. Водночас початок сівби характеризується більшою невизначеністю, оскільки залежить від строків звільнення поля попередньою культурою. При цьому відомо, що темпи росту й розвитку рослин насамперед визначаються температурним режимом і рівнем вологозабезпеченості, які узагальнено відображаються системою комплексних гідротермічних індексів [53]. Для оцінки посушливості сезону або міжфазного періоду використовують достатньо широкий спектр різних коефіцієнтів, що мають певні особливості практичного використання [250]. Перспективним, на нашу думку є застосування загального індексу посушливості ( $S_i$ ), як різниці аномалій температури, опадів та запасів вологи ґрунту [107, 230].

Посушливі умови характеризуються додатними значеннями індексу, тоді як від'ємні його значення відповідають вологому режиму. За умов зрошення провідну роль у формуванні водного режиму агроєкосистеми відіграє атмосферна складова посушливості ( $S_a$ ). У зв'язку з цим саме ця частина водно-теплого балансу має визначальне значення під час оцінювання післяжнивного періоду, що обґрунтовує доцільність її окремого розгляду як різниці між аномаліями температури повітря та кількості опадів.

$$S_a = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R}, (2)$$

де:  $\Delta T$ ;  $\Delta R$  – відхилення середньомісячних значень відповідно температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) та опадів (мм);

$\sigma_T$ ;  $\sigma_R$  – середньоквадратичне відхилення середньомісячних значень відповідно температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) та опадів (мм) [217].

Враховуючи, що фактичний початок післяжнивного періоду визначається термінами збирання попередника, що суттєво залежать від умов періоду дозрівання пшениці озимої, переважно червня, були визначені прогнозовані дати її дозрівання відомими в агрометеорології методиками та визначені розрахункові суми активних та ефективних температур залишкового періоду [114].

Для характеристики впливу окремих факторів на зміни рівня теплового забезпечення застосовано кореляційно-регресійний метод (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Кореляційні зв'язки середньомісячної температури повітря та термічних умов післяжнивного періоду**

Сума температур за післяжнивний період	Середня температура повітря місяця, (° C)			
	IV	V	VI	VII
	1990–2020 рр.			
$\sum T_{\text{еф. (VII-X)}}$	0,44	0,13	0,47	0,72
$\sum T_{\text{акт. (VII-X)}}$	0,41	0,11	0,42	0,77
$\sum T_{\text{еф. (прогноз період)}}$	0,55	0,39	0,66	0,68
$\sum T_{\text{акт. (прогноз період)}}$	0,47	0,35	0,60	0,60

Кореляційний аналіз ступеня та характеру взаємозв'язків між окремими агрометеорологічними показниками виявив низку закономірностей. Зокрема, суми активних і ефективних температур за липень–жовтень, які розглядаються як потенційний післяжнивний період, характеризувалися слабким і помірним кореляційним зв'язком із середньомісячною температурою повітря за квітень і травень. Водночас для червня встановлено посилення кореляційного зв'язку до значного рівня. На нашу думку, така особливість зумовлена циклічністю термодинамічних процесів в атмосфері та може бути використана для прогнозування теплозабезпеченості післяжнивного періоду на основі поточних

метеорологічних умов. Встановлено зростання значень коефіцієнтів кореляції між середньомісячною температурою повітря у червні та сумами активних і ефективних температур за календарний і прогностичний післяжнивний періоди, відповідно до  $R = 0,42-0,47$  та  $R = 0,60-0,66$ .

Виявлені залежності обґрунтовують доцільність використання комплексних гідротермічних індексів для моніторингу агрометеорологічних умов і прогнозування рівня надходження теплових ресурсів. Перевагою їх застосування є більш повне, об'єктивне відображення динаміки та сукупного впливу визначальних метеорологічних чинників, що зумовлює їх широке практичне використання [146, 235].

Аналіз ступеня та характеру взаємозв'язку між індексом атмосферної посушливості та сумами температур за календарний і розрахунковий післяжнивні періоди виявив наявність подібних закономірностей. У межах календарного періоду впродовж квітня та травня простежується слабкий і помірний зв'язок між досліджуваними показниками, тоді як у червні тіснота зв'язку зростає до помірного та значного рівнів (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Кореляційні зв'язки середньомісячних значень індексу атмосферної посушливості та термічних умов післяжнивного періоду.**

Сума температур за післяжнивний період	Індекс атмосферної посушливості (Sa)			
	IV	V	VI	VII
	1990–2020 pp.			
$\sum T_{\text{еф. (VII-X)}}$	0,44	0,13	0,48	0,72
$\sum T_{\text{акт. (VII-X)}}$	0,41	0,10	0,43	0,77
$\sum T_{\text{еф. (прогноз період)}}$	0,56	0,39	0,68	0,68
$\sum T_{\text{акт. (прогноз період)}}$	0,48	0,35	0,62	0,60

Оскільки індекс атмосферної посушливості (Sa) достатньо об'єктивно відображає умови весняно-літньої вегетації пшениці озимої, процеси наливу та досягання зерна, а також строки її збирання, коефіцієнти кореляції із сумами температур за період, визначений розрахунковим методом, є загалом

вищими. Водночас і в цьому випадку впродовж вегетації культури-попередника максимальні значення коефіцієнтів кореляції зафіксовано у червні ( $R = 0,41-0,68$ ), що перевищує відповідні показники квітня ( $R = 0,41-0,56$ ) та травня ( $R = 0,10-0,39$ ).

У травні посіви пшениці озимої переважно проходять критичний період по споживанню вологи, тому вологі умови сприяють формуванню колоса та колосків, цвітінню та запиленню, що подовжує період вегетації культури навіть на фоні зрошення. На етапі формування зерна сприятливі умови також впливають на процеси останнього етапу - формування зернівки, що визначає швидкість дозрівання посівів. Така залежність дозволяє використовувати зазначені агрометеорологічні характеристики червня - місяця дозрівання попередника, для прогнозування теплозабезпеченості післяжнивного періоду. Саме показники червня вибрані як базовий масив для побудови моделі.

За отриманими значеннями вільного члена та коефіцієнтів регресії було побудовано відповідні лінійні регресійні моделі (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Лінійні регресійні моделі залежності суми температур післяжнивного періоду від середньомісячної температури повітря та індексу атмосферної посушливості.**

Сума температур	Рівняння моделі	$R^2$	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор}}$
$\sum T_{\text{еф. (VII-X)}}$	$Y = 8558 + 937,2 \times a_1 - 353,0 \times a_2$ (3)	0,532	5,32	0,011
$\sum T_{\text{акт. (VII-X)}}$	$Y = 6161 + 545,9 \times a_1 - 199,1 \times a_2$ (4)	0,454	3,50	0,045
$\sum T_{\text{еф. (прогноз період)}}$	$Y = 10127 + 1204 \times a_1 - 424,8 \times a_2$ (5)	0,700	13,0	$1^{-3}$
$\sum T_{\text{акт. (прогноз період)}}$	$Y = 23346 + 2611 \times a_1 - 993 \times a_2$ (6)	0,686	12,0	$2^{-3}$

де:  $Y$  – теплозабезпеченість зазначеного періоду, ° С;

$a_1$  – індекс атмосферної посушливості ( $Sa$ );

$a_2$  – фактична середня температура повітря червня, ° С

Встановлено, що середньомісячна температура повітря та індекс атмосферної посушливості червня мають істотний зв'язок із рівнем теплозабезпеченості післяжнивного періоду. Отримані лінійні рівняння регресії є статистично значущими, оскільки в усіх побудованих моделях фактичне значення критерію Фішера ( $F_{\text{факт}}$ ) перевищує його теоретичне значення ( $F_{\text{теор}}$ ). Найвищою якістю характеризуються моделі, що описують теплозабезпеченість розрахункового післяжнивного періоду, які водночас більш об'єктивно відображають умови залишкового етапу вегетації. У зв'язку з цим такі моделі доцільно рекомендувати для прогнозування теплозабезпеченості післяжнивного періоду з метою науково обґрунтованого добору культур і сортів для вирощування в зазначених умовах.

Оскільки для оцінювання теплових ресурсів і умов росту та розвитку рослин переважно використовують суму активних температур, розроблену математичну модель (5) було трансформовано з урахуванням фактичних поточних значень агрометеорологічних показників базового масиву даних за 1990–2020 рр., відповідно до індексу атмосферної посушливості (1). Таким чином, у спрощеному вигляді для виробничих умов прогнозовану суму активних температур за післяжнивний період можна визначити на основі поточних значень температури повітря та кількості опадів червня шляхом використання спрощеного рівняння такого вигляду:

$$Y = 496,458 + 93,589 \times T_{\text{черв}} - 3,539 \times O_{\text{черв}} \quad (7)$$

де:  $Y$  – сума активних температур післяжнивного періоду, °C;

$T_{\text{черв}}$  – середньомісячна температура повітря у червні °C;

$O_{\text{черв}}$  – кількість опадів у червні, мм.

*Біологічний нуль +10°C.*

Запропонована модель характеризується низкою суттєвих переваг, зокрема доступністю вихідних агрометеорологічних даних, простотою розрахункових процедур і достатньо високою точністю отриманих прогнозних оцінок. Водночас її обмеженням є те, що в окремі роки збирання пшениці озимої відбувається наприкінці червня, що може ускладнювати

оперативне визначення середньомісячних поточних значень температури повітря та кількості опадів і, відповідно, впливати на своєчасність застосування моделі.

### 3.2. Поживний режим ґрунту на посівах культури

Виробничою практикою та численними науковими дослідженнями встановлено прямий зв'язок між кількістю внесених добрив, вмістом елементів живлення в ґрунті та розвитком рослин і врожайністю сільськогосподарських культур [179, 198]. Удобренням культур другого врожаю можна досягти значного приросту врожайності, однак при цьому зростають виробничі витрати, зменшується окупність добрив, що потребує оптимізації рівня мінерального живлення та конкретного обґрунтування в залежності від інших елементів технологічного процесу [160].

Вплив системи живлення на динаміку легкогідролізованого азоту у різні фази розвитку проса посівного представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3. 6

#### Вміст нітратного азоту по фазам росту проса в шарі ґрунту 0-30 см, мг/кг (середнє 2021...2025 рр.)

Система живлення	Періоди визначення		
	сходи	викидання волоті	дозрівання зерна
Без добрив (контроль)	8,48	6,62	5,80
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	9,66	7,28	5,61
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	9,58	7,22	5,54
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	9,76	6,98	5,89
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	9,81	6,92	5,93
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	10,6	7,31	5,69
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	10,5	7,28	5,66
Стандартне відхилення	0,70	0,26	0,15
Коефіцієнт варіації, %	7,16	3,64	2,54

Підвищення рівня мінерального живлення зумовлює зростання нітратного азоту на ранніх етапах онтогенезу, тоді як у фазі дозрівання зерна спостерігається його закономірне зниження незалежно від фону живлення.

На контрольному варіанті без добрив вміст нітратів був найнижчим у всі періоди визначення. Він складав 8,48 мг/кг ґрунту у фазі сходів, зменшувався на під час викидання волоті на 1,86 мг та й надалі зменшувався, на 0,82 мг у фазі дозрівання зерна. Це свідчить про обмежене забезпечення рослин елементами мінерального живлення за рахунок природньої родючості ґрунту.

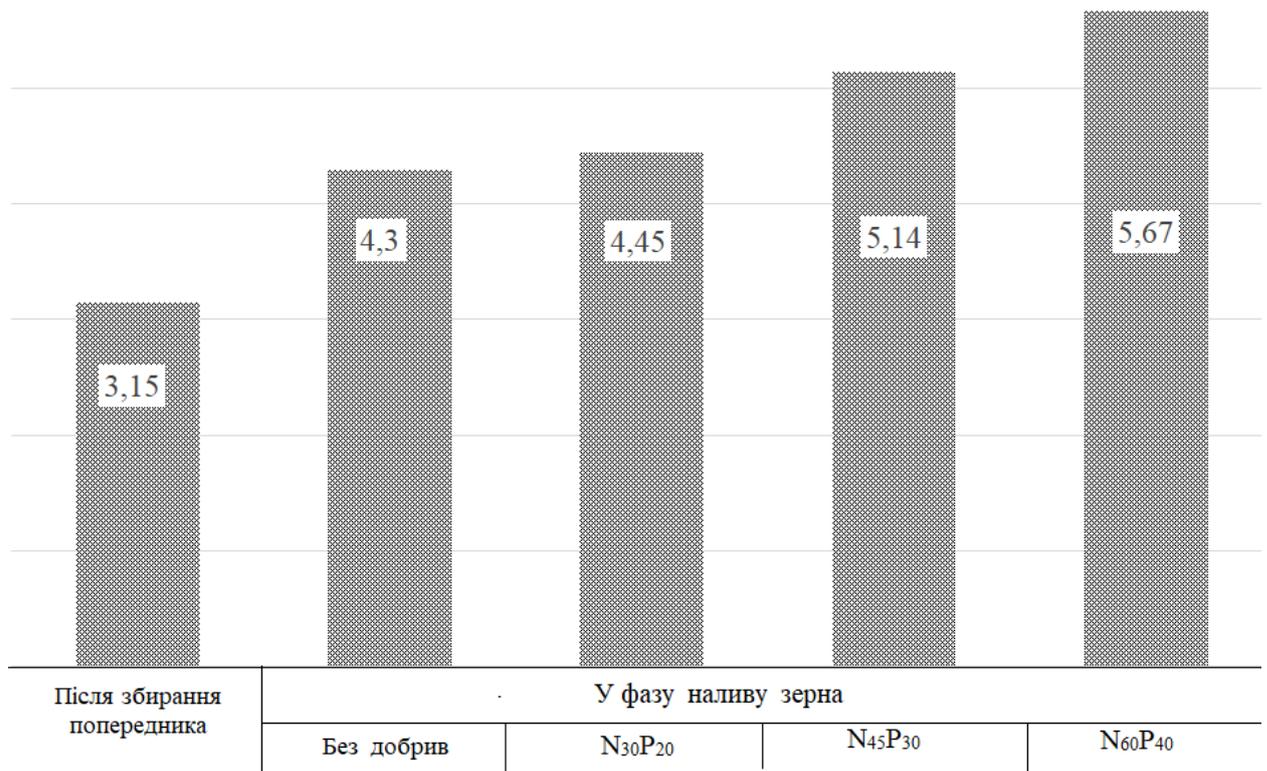
Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{20}$  забезпечило зростання вмісту нітратів у фазі сходів на 1,18 мг/кг. У період викидання волоті даний показник зменшувався до 7,28 мг/кг, а у фазі дозрівання зерна до 5,61 мг/кг. Проведення на цьому мінеральному фоні позакореневого підживлення посівів проса органічним добривом *Soil algae* (5 л/га) не спричинило істотних змін. Різниця між такими фонами коливалася в межах 0,06-0,08 мг/кг ґрунту, що вказує на відсутність впливу даного заходу на ґрунтове живлення рослин. Аналогічною була ситуація і на інших фонах мінерального живлення.

За підвищення мінерального фону до  $N_{45}P_{30}$  спостерігалось подальше зростання вмісту нітратів. У фазі сходів, до проведення позакореневого підживлення, їх вміст складав 9,76–9,81, проте в наступні періоди встановлено тенденцію до зниження кількості нітратів, особливо у фазі дозрівання зерна, де їх на цьому фоні було на 3,87–3,88 мг/кг менше. Таке зменшення є наслідком інтенсивного використання поживних речовин більш розвиненими рослинами впродовж вегетації.

У фазі сходів найвищі значення вмісту нітратного азоту були зафіксовані на варіантах де мінеральний фон був найвищим -  $N_{60}P_{40}$ , що є свідченням визначального впливу даного технологічного заходу. Проте у фазі викидання волоті ці варіанти також характеризувалися зменшенням вмісту даного показника на 3,22-3,29 мг/кг, хоча це були найвищими в досліді значеннями. Водночас у період дозрівання зерна вміст нітратів на

цьому фоні знижувався до мінімальних значень у досліді 5,66–5,69 мг/кг ґрунту, що свідчить про їх більш активне споживання у наслідок посилення ростових процесів.

Результати досліджень свідчать, що нітрифікаційна здатність ґрунту істотно змінюється в часі та залежно від фону мінерального живлення (рис. 3.5)



**Рис.3.5 Нітрифікаційна здатність ґрунту N-NO<sub>3</sub>, мг/кг.**

Найнижчий показник нітрифікаційної здатності, 3,15 мг/кг, зафіксовано відразу після збирання попередника, що вказує на обмежену інтенсивність процесів біологічного окиснення амонійного азоту та знижену активність нітрифікуючих мікроорганізмів, як наслідок тривалого пересихання верхнього шару ґрунту. У фазу наливу зерна, коли вологість ґрунту підтримувалася на рівні потреб культури, нітрифікаційна здатність була вищою. На контрольному варіанті без внесення добрив нітрифікаційна здатність підвищилася до 4,3, що на 36,5 % більше порівняно із вихідним станом. Це зростання зумовлене активізацією мікробіологічних процесів і мінералізацією органічних решток у ґрунті.

Застосування мінеральних добрив сприяло подальшому зростанню нітрифікаційної здатності. За внесення  $N_{30}P_{20}$  показник зростав до 4,45 мг/кг, що на 3,5 % перевищувало контроль. Підвищення норми добрив до  $N_{45}P_{30}$  забезпечило зростання нітрифікаційної здатності до 5,14 мг/кг. Найвище в досліді значення, 5,67 мг/кг, зафіксовано на варіанті мінерального фону  $N_{60}P_{40}$ , що на 31,9 % більше порівняно з контролем.

Поступове збільшення доз азотно-фосфорних добрив зумовлювало інтенсифікацію нітрифікаційних процесів у ґрунті, покращення його азотного режиму та підвищувало потенціал забезпеченості рослин доступними формами азоту. Така особливість відмічена в роботах інших вчених [161, 253]. Фосфорне живлення, оскільки він входить до складу АТФ, нуклеїнових кислот і фосфоліпідів, забезпечуючи енергетичний обмін, інтенсивність обмінних процесів, ріст кореневої системи у рослинах, відіграє ключову роль у формуванні продуктивності та стійкості проса посівного, особливо на ранніх етапах органогенезу [75]. Для проса, з його коротким вегетаційним періодом, достатнє забезпечення фосфором у початковій фазі росту є вирішальним чинником формування продуктивних стебел і волоті. підвищення посухостійкості культури [81].

Оптимальне фосфорне живлення є важливою складовою системи удобрення проса посівного, що забезпечує реалізацію його генетичного потенціалу та стабільну продуктивність в умовах післяжнивного вирощування. Наведені в таблиці дані свідчать про суттєвий вплив впродовж вегетації проса посівного застосованого фону мінерального живлення та позакореневого підживлення на вміст доступних фосфатів. Результати досліджень підтверджують, що підвищення рівня мінерального азотно-фосфорного живлення призводить до зростання вмісту рухомих фосфатів впродовж усієї вегетації, у тому числі як наслідок процесів активності ґрунтової біоти.

**Вміст рухомого фосфору в шарі ґрунту 0-30 см по фазам росту  
проса, мг/кг (середнє 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Періоди визначення		
	сходи	викидання волоті	дозрівання зерна
Без добрив (контроль)	45,8	31,0	25,5
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	52,2	41,6	29,0
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	51,9	41,5	28,9
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	53,4	41,9	29,3
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	53,7	42,6	29,6
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	54,6	41,9	30,9
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	54,7	41,1	30,7
Стандартне відхилення	3,07	4,10	1,78
Коефіцієнт варіації, %	5,87	10,18	6,12

На контрольному варіанті без добрив, вміст рухомих фосфатів був найнижчим, а мінімальні значення 31,0 мг/кг, зафіксовано у фазу викидання волоті. В період появи сходів та дозрівання зерна він був вищим, відповідно на 14,8 та 19,9 мг/кг, що відображає як споживання елемента рослинами так і біохімічні процеси в ґрунті у наслідок діяльності біоти.

Внесення мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> сприяло зростанню показника на усіх етапах визначення: до 52,2 на сходах, 41,6 у фазу викидання волоті та 58,0 у період дозрівання зерна. Застосування додаткового підживлення органічним добривом Soil algae (5 л/га) на цьому та інших мінеральних фонах суттєво не змінювало значення показника, що свідчить про відсутність ґрунтового ефекту.

Подальше підвищення норм добрив до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> супроводжувалося закономірним зростанням показника у фазу сходів а також на етапі дозрівання зерна. Максимальні значення вмісту рухомого фосфору зафіксовано на варіантах мінерального фону N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>, де залежно від

підживлення органічним добривом показник на початку вегетації культури досягав 54,6–54,7 мг/кг ґрунту. Переваги над іншими варіантами зберігалися і по завершенні вегетації, де вміст елементу на удобрених варіантах складав 20,9–30,9 мг/кг, порівняно із контролем 25,5 мг/кг.

Загальна закономірність зменшення вмісту рухомих фосфатів від сходів до фази викидання волоті та дозрівання може свідчити про домінування фізіологічних процесів споживання їх рослинами у цей критичний період розвитку культури. У подальшому процеси мобілізації фосфатів у наслідок діяльності ґрунтового біому переважали їх споживання рослинами, що зумовлювало їх більш високу концентрацію на удобрених варіантах. Застосування біологічного підживлення *Soil algae* мало фоновий вплив, але не вирішальний ефект, особливо на фоні високих норм мінеральних добрив, що пов'язано із формування більшої наземної маси.

Калій належить до макроелементів, які рослини поглинають у великій кількості. Він регулює водний баланс сприяючи роботі прорихів та обумовлюючи водообмін, причетний до функціонування великої кількості ферментів, які зумовлюють фізіологічні процеси в клітинах рослин, підвищує стійкість рослин до абіотичних стресів. Важливо, що калій позитивно впливає на засвоєння та метаболізм азоту [170 210 252].

Динаміка вмісту обмінного калію за різних фонів живлення проса посівного у ключові фази онтогенезу представлена в таблиці 3.8. Ґрунти зони проведення досліджень мають переважно високу забезпеченість калієм. Цим зумовлена його значна присутність у фазу сходів, на рівні 298-315 мг/кг ґрунту. Коефіцієнт варіації, як показник, що відображає відносний ступінь розсіювання даних навколо середнього значення, складає 1,73%.

**Вміст обмінного калію в шарі ґрунту 0-30 см по фазам росту проса сорту Миронівське 51, мг/кг (середнє 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Періоди визначення		
	сходи	викидання волоті	дозрівання зерна
Без добрив (контроль)	303	350	334
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	302	333	325
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	305	335	326
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	315	339	326
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	304	345	317
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	307	334	313
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	298	334	310
Стандартне відхилення	5,27	6,55	8,50
Коефіцієнт варіації, %	1,73	1,94	2,64

В процесі вирощування культури вміст калію зростав за абсолютними значеннями, що на нашу думку було зумовлено вологістю та посиленням біологічних процесів у ґрунтовому середовищі під посівами культури. Застосування мінеральних добрив у дозах від N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> до N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> зумовило несуттєве зменшення вмісту калію, що могло бути зумовлено формуванням більшої біологічної маси та відповідно більшого споживання. Якщо на фоні контролю у фазу викидання волоті вміст калію складав 350 мг/кг то на удобрених варіантах вміст складав 334–342 мг/кг, що є на 2,29-4,57% менше.

Поєднання мінерального живлення з позакореневим підживленням препаратом *Soil algae* (5 л/га) у цій фазі не мало вагомого впливу на кількість калію, його вміст відхилявся не більше ніж на 1,77%

У фазі дозрівання зерна спостерігалася тенденція до зменшення значень у тому числі за більш інтенсивних фонів живлення. Мінімальне значення зафіксовано на варіантах найвищого мінерального фону N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>, де

зменшення відносно контролю досягало 7,2%. Це вказує одночасно на більше споживання калію на перебіг процесів споживання більшої біологічної маси у період наливу та дозрівання зерна. На фоні внесення добрив  $N_{30}P_{20}$  та  $N_{45}P_{30}$  зменшення вмісті калію складало 2,54 та 3,74% відносно контролю.

Отримані результати свідчать, що вирощування проса посівного як післяжнивної культури за різних рівнів мінерального живлення, зволоження ґрунту впливають на динаміку вмісту обмінного калію в ньому продовж вегетації культури. Вплив мінеральних добрив найбільш чітко проявляється у пізніші фази онтогенезу культури, коли зростає інтенсивність поглинання поживних елементів на формування біологічної маси. Застосування біопрепарату Soil algae для підживлення не забезпечувало статистично істотних змін у вмісті рухомого калію в ґрунті, що свідчить про його високу присутність у ґрунті.

### **3.3 Водоспоживання та використання вологи посівами проса посівного в післяжнивних посівах**

Водний режим є одним із ключових факторів, що визначає ріст, розвиток і продуктивність післяжнивних посівів проса. В умовах обмеженого вологозабезпечення особливого значення набуває структура сумарного водоспоживання, яка відображає співвідношення використаної ґрунтової вологи, атмосферних опадів та зрошення до сумарного споживання. Рівень мінерального живлення істотно впливає на інтенсивність поглинання води рослинами та ефективність її використання впродовж вегетації [192, 202, 221].

У зв'язку з цим дослідження структури сумарного водоспоживання післяжнивних посівів проса на різних фонах живлення є актуальним для обґрунтування раціональних елементів технології вирощування культури. Підвищення рівня мінерального живлення зумовлює зростання наземної маси і як наслідок сумарного водоспоживання культури за рахунок частки

використання ґрунтової вологи, тоді як участь опадів і зрошення залишається відносно стабільним (табл. 3.9)

Таблиця 3.9

**Структура сумарного водоспоживання післяжнивних посівів проса на різних фонах живлення (середнє 2021...2025 рр.)**

Системи живлення	Складові сумарного водоспоживання, %			Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га
	ґрунтова волога	корисні опади	норма зрошення	
Без добрив (контроль)	10,1	20,1	69,8	1862
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	10,2	20,1	69,7	1865
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	10,2	20,1	69,7	1865
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	10,3	20,5	69,2	1878
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	10,3	20,5	69,2	1878
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	10,3	20,7	68,9	1886
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	10,3	20,7	68,9	1886

У всіх варіантах, незалежно від системи живлення основну частку у формуванні водоспоживання становила норма зрошення – 69,2–69,8 %, що свідчить про вирішальну роль штучного зволоження в умовах післяжнивного вирощування. Така особливість проявлялася кожного року проведених досліджень. Частка корисних опадів була відносно стабільною і коливалася в межах 20,1-20,7 %, у залежності від рівня мінерального живлення та застосування позакореневого підживлення. Розбіжність була зумовлена надходженням опадів у період дозрівання варіантів різної тривалості вегетаційного періоду. Відповідно на підвищених фонах живлення даний

показник мав динаміку зростання до 0,6 відсоткових пункти на максимальному фоні живлення.

Внесення мінеральних добрив також сприяло поступовому зростанню частки ґрунтової вологи у сумарному водоспоживанні: від 10,1 % у контрольному варіанті до 10,2-10,3 % за вищих фонів мінерального живлення  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$ . Це може вказувати на підвищення здатності рослин ефективніше використовувати запаси вологи з ґрунту формуючи розвиненішу кореневу систему за умов поліпшеного мінерального живлення.

Загальне сумарне водоспоживання зростало відповідно до підвищення фону живлення – з 1862 м<sup>3</sup>/га на контролі до 1986 м<sup>3</sup>/га у варіантах з нормою  $N_{60}P_{40}$ , що на 1,3% більше порівняно з неудобреним фоном. Застосування підживлення Soil algae (5 л/га) на відповідних фонах мінерального живлення не впливало на сумарне водоспоживання та структуру його складових. Зважаючи на потреби стабільного забезпечення рослин вологою, зрошення та його якість виступає визначальним фактором запровадження проміжних посівів.

Данні щодо складових водоспоживання представлені в додатку Г. У цілому для сумарного водоспоживання в окремі роки дослідження характерна помірна стабільність, коефіцієнт варіації складає 9,28 %. Аналогічна ситуація і стосовно норми зрошення де даний показник складає 9,59%. Високий, 32,3%, коефіцієнт варіації щодо надходження опадів та 40,3% щодо спожитих запасів ґрунтової вологи свідчить про високу нестабільність опадів, та вологості ґрунту на час сівби культури, як складових надходження та наявності вологи.

Вода є одночасно головним обмежуючим чинником формування врожаю сільськогосподарських культур в зоні недостатнього та нестійкого зволоження та обмеженим і вартісним ресурсом. За таких умов підвищення ефективності використання вологи посівами є важливою оцінкою їх продуктивності. Просо посівне (*Panicum miliaceum* L.) належить до посухостійких зернових культур, що проявляє високу адаптивність до

стресових гідротермічних умов, ефективність використання води, що значною мірою залежить від рівня агротехніки, ґрунтово-кліматичних умов, системи удобрення та особливостей водного режиму ґрунту [222, 237].

Тому оцінка коефіцієнту водоспоживання як критерія оцінки використання посівами вологи має важливе значення для удосконалення технологій вирощування проса, оптимізації системи удобрення й зрошення, з метою забезпечення сталого виробництва зерна в умовах обмежених водних ресурсів.

Система живлення істотно впливає на коефіцієнт водоспоживання проса посівного, як показник, що характеризує обсяг води, витрачений на формування одиниці врожаю зерна (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Коефіцієнт водоспоживання проса посівного сорту Миронівське 51 в післяжнивних посівах залежно від фону живлення, м<sup>3</sup>/т (2021...2025 рр.).**

Система живлення	Коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т	Зміна показника		
		відносно контролю	від підживлення	від мінерального фону
Без добрив (контроль)	1035			
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	805	-230		-230
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	722	-313	-83	
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	698	-337		-107
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	659	-376	-40	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	669	-366		-30
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	648	-387	-20	

Найвищий коефіцієнт водоспоживання, 1035 м<sup>3</sup>/т, зафіксовано у варіанті без внесення добрив, що відображає найменш ефективне використання посівами вологи. Внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> сприяло зниженню коефіцієнта водоспоживання на 230 м<sup>3</sup>/т що є свідченням збалансованості ростових процесів. Покращення живлення рослин шляхом позакореневим підживленням біопрепаратом Soil algae (5 л/га) забезпечило економію вологи на 83 м<sup>3</sup>/т, що вказує на позитивний стимулюючий ефект та вищу ефективність використання води як ресурсу.

Підвищення рівня мінерального живлення до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> зумовило подальше зниження коефіцієнта водоспоживання відносно контролю на 337 м<sup>3</sup>/т. На цьому фоні за умови додаткового підживлення посівів Soil algae (5 л/га) коефіцієнт зменшувався на 40 м<sup>3</sup>/т відносно відповідного мінерального фону та на 376 м<sup>3</sup>/т порівняно з контролем.

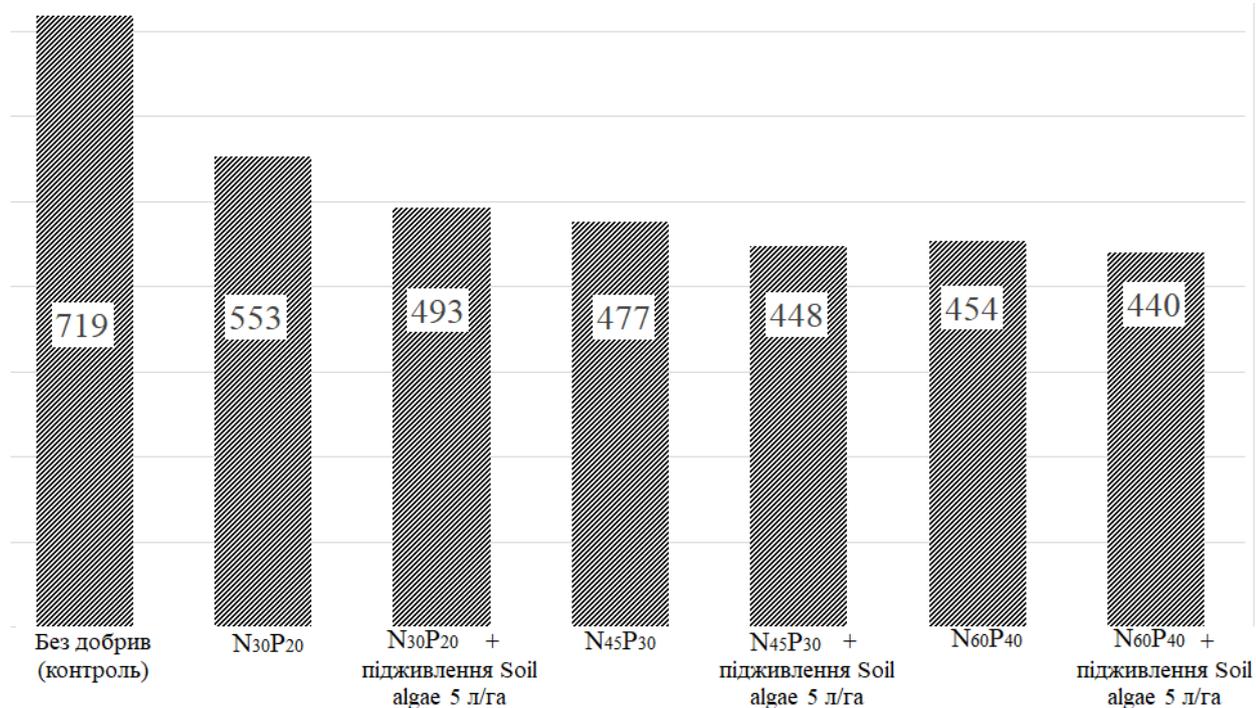
За максимальної норми мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> значення коефіцієнту водоспоживання зазнавало значно менших змін, різниця із попереднім фоном складала 30 м<sup>3</sup>/т, що свідчить про наближення ефективності використання води до оптимального рівня та зменшення реакції культури на інтенсифікацію живлення. За умови додаткового підживлення посівів Soil algae (5 л/га) коефіцієнт зменшувався на 20 м<sup>3</sup>/т.

Таким чином система живлення побудована на внесенні мінеральних добрив у поєднанні з позакореневими підживленням біопрепаратом Soil algae (5 л/га) істотно підвищує ефективність використання вологи посівами проса. Найбільш виражений ефект зниження коефіцієнта водоспоживання спостерігається на фоні допосівного внесення N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> + підживлення посівів Soil algae 5 л/га. Підвищення фону живлення до N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> та на цьому фоні підживлення Soil algae 5 л/га зменшує витрати вологи на формування одиниці врожаю відповідно на 4,16 та 1,67%.

Значення коефіцієнту варіації в роки дослідження (Додаток Д) характеризуються високою варіабельністю, що є наслідком впливу погодних умов та інших непередбачуваних факторів. При цьому вищими значення

коефіцієнту варіації були на удобрених фонах 20,7-22,6%, порівняно із контролем 14,3%. Вища мінливість коефіцієнта водоспоживання на удобрених варіантах зумовлені посиленням реакції рослин проса на змінні умови середовища за підвищеного рівня мінерального живлення. За умов достатнього забезпечення елементами живлення потенціал росту і продуктивності культури зростає, що робить її більш чутливою до коливань водного режиму ґрунту, метеорологічних умов та агротехнічних факторів.

Для більш системної оцінки ефективності використання зрошення при використанні такого фактору інтенсифікації як система удобрення культури, був розрахований умовний коефіцієнт використання поливної води (Рис. 3.6).



**Рис. 3.6 Умовний коефіцієнт використання поливної води при післяжнивному вирощуванні проса залежно від системи живлення, м³/т.**

Він визначався як витрати води зрошення на формування одиниці основної продукції. Оскільки при післяжнивних посівах корисні опади та спожита ґрунтова волога складають меншу частку у водоспоживанні цей показник відображає закономірність впливу фону живлення на ефективність використання води зрошення.

Система живлення суттєво впливає на ефективність використання поливної води посівами проса посівного. Найвищим цей показник був на контрольному варіанті і становив  $719 \text{ м}^3/\text{т}$ . Це вказує на низьку ефективність використання поливної води за обмеженого рівня мінерального живлення, що особливо проявляється при вирощуванні культур другого врожаю.

Внесення мінеральних добрив у нормі  $\text{N}_{30}\text{P}_{20}$  забезпечило зниження умовного коефіцієнта використання поливної води на 166 одиниць порівняно з контролем. Поєднання цього мінерального фону з позакореневим підживленням біопрепаратом *Soil algae* у нормі 5 л/га сприяло подальшому зменшенню показника на  $60 \text{ м}^3/\text{т}$ , що свідчить про підвищення ефективності використання поливної води внаслідок живильної та біостимулюючої дії препарату.

Подальше зростання мінерального живлення до  $\text{N}_{45}\text{P}_{30}$  супроводжувалося зниженням умовного коефіцієнта на  $242 \text{ м}^3/\text{т}$ , а до  $\text{N}_{60}\text{P}_{40}$  на  $265 \text{ м}^3/\text{т}$ . За додаткового підживлення посівів органічним препаратом *Soil algae* (5 л/га) ефективність використання води підвищувалася. Це вказує на оптимальне поєднання мінерального живлення та підживлення біопрепаратами щодо ефективності використання поливної води. Проте при підвищенні мінерального фону ефективність підживлень зменшувалася відповідно із 10,8 до 7,18 та 3,19%.

Результати дослідження засвідчують, що поєднання в системі живлення основного внесення мінеральних добрив та підживлення посівів біопрепаратом *Soil algae* істотно підвищує ефективність використання поливної води посівами проса, а найбільш раціональне її використання,  $440 \text{ м}^3/\text{т}$ , забезпечує система живлення яка включає  $\text{N}_{60}\text{P}_{40}$  + підживлення *Soil algae* 5 л/га.

Одним із ключових чинників, що визначає рівень та ефективність водоспоживання, є сорт рослин. Їх генетичні особливості зумовлюють здатність ефективно використовувати наявні водні ресурси та адаптивні механізми до умов обмеження вологи. Хоча просо посівне вирізняється

високою посухостійкістю, окремі сорти можуть різнитися за інтенсивністю водоспоживання, коефіцієнтом використання вологи та реакцією на зміну гідротермічних умов [199 248].

Вибір сорту, адаптованого до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, є одним із найбільш економічно доцільних і екологічно безпечних шляхів підвищення ефективності використання ресурсів та агрокліматичного потенціалу зони. Тому оцінка сортових особливостей проса щодо ефективності використання вологи є практичним елементом оптимізації технологій вирощування та забезпечення сталого виробництва зерна в умовах змін клімату. У наших дослідженнях сортові особливості та норми висіву проявляли вплив на коефіцієнт водоспоживання (табл.3.11).

*Таблиця 3.11*

**Коефіцієнт водоспоживання сортів проса посівного в післязливних посівах залежно від норми висіву, м<sup>3</sup>/т. (2021...2025 рр).**

Сорт (фактор А)	Норми висіву насіння, млн шт./га. (фактор В)			Середнє по фактору А
	3,5	4,0	4,5	
Вітрило	683	764	820	756
Денвікське	789	816	835	813
Миронівське 51	683	734	745	721
Полто	742	757	812	770
Сонечко слобідське	818	840	844	834
Середнє по фактору В	743	782	811	

У межах кожного сорту простежується тенденція до зростання коефіцієнту водоспоживання зі збільшенням норми висіву від 3,5 до 4,5 млн шт./га, що відображає зміну щільності формування агроценозу та ефективності використання вологи посівами.

Серед сортів найбільш економне використанні води, 683-745 м<sup>3</sup>/т, порівняно з іншими досліджуваними об'єктами, зафіксовано у сорту Миронівське 51. Деяко вищі значення показника характерні для сортів Вітрило, у середньому 756 м<sup>3</sup>/т, та Полто - 770 м<sup>3</sup>/т, що вказує на пересічній рівень використання водних ресурсів. Найвищі середні значення зафіксовано у сортів Денвікське, 813 м<sup>3</sup>/т, та особливо у Сонечко слобідське, 834 м<sup>3</sup>/т, що може свідчити про вищі їх потреби у воді як пристосованість до більш помірних гідротермічних умов вирощування.

Аналіз впливу норми висіву показує, що за мінімальної густоти 3,5 млн шт./га, середнє значення коефіцієнту водоспоживання становило 743 м<sup>3</sup>/т, тоді як зі збільшенням норми до 4,0 та 4,5 млн шт./га показник зростав відповідно на 5,26 та 9,19 %. Це є наслідком посилення внутрішньовидової конкуренції за вологу, що відображається у менш ефективному використанні сформованої посівами органічної речовини.

Найбільш ощадливе використання вологи забезпечували сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га, тоді як підвищення густоти посіву призводило менш раціональному використанні вологи, незалежно від сорту.

### **Висновки по розділу 3**

За післяжнивного вирощування проса посівного найбільша сума активних температур, близько 30%, надходить рослинам у періоди «кущення – викидання волоті» та «викидання волоті – технічна стиглість». Система живлення в післяжнивних посівах не зумовлює істотного впливу на теплозабезпеченість рослин проса, а різниця між окремими варіантами становить лише 1,64–1,89 %.

Температурний режим упродовж вегетації післяжнивного проса посівного відповідає біологічним потребам культури, про що свідчать ідентичні значення сум активних температур вище 10 °С та 0 °С.

Невідповідність динаміки температур біологічним потребам культури в роки досліджень не встановлено.

Досліджувані сорти, середньостиглої та середньопізньої груп стиглості в окремі роки за сумою спожитих температур вище 10°C відрізняються на 4,24 %.

Використання сортів із тривалішим вегетаційним періодом, відтермінування строків сівби та зниження температур раніше середніх багаторічних метеорологічних термінів переважно позначиться на тепловому режимі в період наливу зерна та формуванні його якості.

Апроксимувальна поліноміальна функція четвертого ступеня з високою точністю описує динаміку температури повітря, що дає змогу використовувати її для прогнозування теплозабезпеченості різних строків післяжнивних посівів. Ключовою умовою впровадження проміжних посівів є обґрунтоване визначення періоду можливої активної вегетації культури, який охоплює залишок вегетаційного сезону до дати переходу температури повітря через біологічний нуль.

Середньомісячна температура повітря та індекс атмосферної посушливості червня мають істотний зв'язок із рівнем теплозабезпеченості післяжнивного періоду пшениці озимої, що дає змогу прогнозувати суму активних температур у цей період та науково обґрунтовувати добір культур і сортів для вирощування другої культури.

Упродовж вегетації післяжнивного проса посівного спостерігається зниження вмісту нітратного азоту та рухомого фосфору в ґрунті. Застосування мінеральних добрив поліпшує поживний режим ґрунту та створює кращі умови для росту й розвитку рослин. Найвищий рівень забезпеченості рослин проса доступними формами азоту і фосфору зафіксовано за внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>. Водночас встановлено тенденцію до зменшення вмісту рухомого калію на фонах мінерального живлення.

В умовах післяжнивного вирощування проса, незалежно від системи живлення, визначальну частку у формуванні сумарного водоспоживання становить норма зрошення, яка забезпечує 69,2–69,8 % загальних потреб води. Частка ґрунтової вологи та атмосферних опадів становить відповідно 10,1–10,3 % та 20,1–20,7 %. Сумарне водоспоживання культури досягає 1890 м<sup>3</sup>/т і варіює залежно від системи живлення не більше ніж на 1,3 %.

Система живлення, що передбачає внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> у поєднанні з фоліарним підживленням препаратом Soil algae (5 л/га), забезпечує найбільш економне використання води, за величиною значення коефіцієнта водоспоживання – 648 м<sup>3</sup>/т. Під впливом різних систем живлення коефіцієнт водоспоживання змінюється до 19,5 %.

Сорт Вітрило та Миронівське 51 за норми висіву 3,5 млн шт./га забезпечує найбільш економне витрачання води на одиницю продукції, 683 м<sup>3</sup>/т. Збільшення норми висіву збільшує питомі витрати води сортами проса на 5,26 та 9,19 %.

## РОЗДІЛ 4

### ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ПРОСА ПОСІВНОГО

#### 4.1. Фенологічні спостереження

Важливими особливостями рослин, як об'єктів наукових досліджень є особливості проходження окремих фаз росту та розвитку, що визначає їх пристосованість до конкретних умов вирощування. З протіканням онтогенезу пов'язані морфобіологічні показники та особливості продукційного процесу такі як формування і наливу зерна, визначення якості продукції [65]. Фенологічні спостереження мають велике значення у наукових дослідженнях насамперед із проміжними культурами, оскільки дозволяють простежити закономірності розвитку організмів у зв'язку з нетиповими умовами навколишнього середовища [63]. Вони є відображенням впливу поточних погодних умов, сформованих агротехнічними заходами особливостями середовища а тому є важливим інструментом у біологічних, екологічних та аграрних дослідженнях [83].

За результатами спостережень встановлено, що тривалість ранніх міжфазних періодів посів – сходи та сходи – кущення була однаковою для всіх варіантів, та відповідно становила 6 та 11 діб. На цьому етапі тривалість міжфазних періодів не залежала від фону мінерального живлення. Це свідчить про визначальну роль наявності вологи та температури й відсутність інших обмежуючих факторів на початкових етапах росту рослин.

У періоді кущення – поява волоті спостерігалось незначне подовження розвитку рослин за підвищених доз мінеральних добрив в межах до однієї доби. Так у контрольному варіанті та при  $N_{30}P_{20}$  тривалість періоду складала 22 доби тоді як на фоні внесення мінеральних добрив понад  $N_{45}P_{30}$  тривалість періоду збільшилася до 23 діб. Аналогічна тенденція відмічена у міжфазному періоді поява волоті – воскова стиглість, тривалість якого зростала з 25 діб у контролі на два цикли до 27 діб за максимальної дози добрив (табл. 4.1).

**Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів проса посівного сорту Миронівське 1 за різних систем живлення (середнє 2021...2025 рр)**

Система живлення	Міжфазні періоди					
	сівба - сходи	сходи - кушення	кушення - поява волоті	поява волоті - воскова стиглість	воскова - технічна стиглість	вегетаційний період
Без добрив (контроль)	6	11	22	25	18	76
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	6	11	22	26	18	76
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6	11	22	26	18	77
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	6	11	23	26	19	78
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6	11	23	26	19	78
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	6	11	23	27	19	79
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6	11	23	27	19	79
Довірчий інтервал	0	0	0,5	0,7	0,5	1,2

Період воскова – технічна стиглість також подовжувався на фоні посилення рівня живлення. Якщо на контролі та найнижчого фону мінерального живлення даний період тривав 18 діб то на варіантах із N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> він тривав довше на одні добу. У результаті загальна тривалість вегетаційного періоду зростає з 76 діб у варіанті без добрив до 79 діб за внесення максимальної норми мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>. Застосування позакореневого підживлення Soil algae (5 л/га) за впливом на фенологію культури поступалося усім варіантам мінерального живлення. Лише у варіанті N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> спостерігалось подовження вегетаційного періоду на 1 добу.

Аналіз фенологічних процесів в роки досліджень свідчить про різну варіабельність тривалості окремих періодів (Додаток Е). Так якщо впродовж ранніх фаз сівба – сходи – кушення стандартне відхилення було стабільним, відповідно 0,96 та 1,26 діб, то даний показник впродовж періоду кушення – викидання волоті складав 0,96-1,41 діб, викидання волоті – воскова стиглість 0,5-0,96 а періоду дозрівання 1,29 діб. Це може свідчити, що на процеси дозрівання чинить тиск фактор пониження температур. В цілому за вегетацію динамікою є зростання варіабельності тривалості періоду за умови посилення системи живлення рослин із 1,91 до 2,36 діб.

Таким чином, підвищення рівня мінерального живлення проса посівного призводило до незначного подовження окремих фаз розвитку та загального вегетаційного періоду, що може позитивно впливати на формування урожаю зерна сортом та не суттєво впливає на гідротермічні умовив період вирощування.

Сортові особливості є одним визначальних чинників фенологічних особливостей проса посівного. Кожен сорт має генетично зумовлену тривалість міжфазних періодів, різну реакцію на температуру, фотоперіод та інші регульовані фактори [132]. Саме тому сорти відрізняються строками появи сходів, кушення, формування волоті та досягання. Оскільки вибір сорту визначає тривалість вегетаційного періоду, адаптацію рослин до поточних умов і здатність ефективно використовувати ресурси середовища це питання в системі двохурожайних культур має важливе значення. Більш ранньостиглі сорти, швидше проходять основні фази розвитку, що дозволяє їм відповідати динаміці температур післяжнивного періоду, порівняно із пізньостиглими, гнучкіше регулювати фази фенологічного розвитку чим досягати належної продуктивності проса посівного. При цьому тривалість вегетації та окремих фаз впливає на урожайність проса [152].

Результати досліджень свідчать про відсутність сортових відмінностей щодо тривалості початкових етапів появи сходів та сходів–кушення. (табл. 4.2).

**Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів сортів проса  
посівного за різних норм висіву (середнє 2021...2025 рр).**

Сорт (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Міжфазні періоди					
		сівба - сходи	сходи - кушення	кушення - поява волоті	поява волоті - воскова стиглість	воскова - технічна стиглість	вегетаційний період
Вітрило	3,5	6	11	24	26	18	78
	4,0	6	11	23	25	17	76
	4,5	6	11	23	25	17	75
Денвікське	3,5	6	11	22	24	19	75
	4,0	6	11	21	24	18	74
	4,5	6	11	21	23	18	73
Миронівське 51	3,5	6	11	24	25	18	77
	4,0	6	11	24	25	17	76
	4,5	6	11	23	24	17	75
Полто	3,5	6	11	22	25	17	74
	4,0	6	11	22	25	17	74
	4,5	6	11	21	24	17	72
Сонечко слобідське	3,5	6	11	22	25	17	74
	4,0	6	11	22	24	16	72
	4,5	6	11	21	24	16	72
Довірчий інтервал		0	0	0,7	0,5	0,5	1,2

Ці періоди були однаковими за тривалістю, 6 та 11 діб, для всіх досліджуваних сортів. Однак виразніші відмінності проявилися між сортами у тривалості подальших міжфазних періодів. Періоді кушення–поява волоті

тривав від 22 діб у сортів Полто, Сонечко слобідське та Денвікське до 24 діб у сортів Миронівське 51 і Вітрило. Аналогічна тенденція спостерігалася у фазі поява волоті–воскова стиглість, де тривалість залежно від сорту становила 24–26 діб. Період воскова–технічна стиглість також відрізнявся за сортами і коливався від 17 діб у сортів Полто та Сонечко слобідське до 19 діб у сорту Денвікське.

У підсумку загальна тривалість вегетаційного періоду була найкоротшою, 74 доби, у сортів Полто і Сонечко слобідське, тоді як найдовший вегетаційний період відзначено у сорту Вітрило – 78 діб. Сорт Миронівське 51 займав проміжне положення, він проходив повний цикл онтогенезу за 77 діб.

Збільшення внутрішньовидової конкуренції за рахунок зростання норми висіву призводило до скорочення міжфазних періодів від фази кушення і до дозрівання. Найбільш виразними були відмінності між граничними нормами висіву 3,5 та 4,5 млн шт./га. У результаті сорти що були висіяні нормою 4,5 млн шт./га завершували вегетацію на дві доби раніше.

Сортові особливості істотно впливають на фенологічний розвиток проса посівного, зумовлюючи різну тривалість міжфазних періодів і вегетаційного періоду загалом. Коефіцієнти кореляції (R) між тривалістю вегетаційного періоду та тривалістю періодів: кушення – поява волоті; поява волоті - воскова стиглість; воскова – повна стиглість зменшувалися із 0,9 до 0,7 та 0,51, що може бути пов'язано із погіршенням гідротермічних умов впродовж пізнього генеративного періоду, що зумовлювало рослини прискорено дозрівати. Данні, що у проса більш стабільним є міжфазний період викидання волоті-достигання відзначені в інших наукових роботах [152].

За результатами аналітичного огляду наукових джерел в післяжнивних посівах, порівняно із основними строками, відбувалося переважно скорочення міжфазного періоду сівба – сходи та сходи – викидання волоті,

тоді як період викидання волоті – дозрівання не зазнає таких значних змін [28, 79, 106].

#### **4.2. Польова схожість та виживання рослин**

Польова схожість та виживання рослин є одними з ключових показників у рослинництві. Вони відображають здатність насіння формувати повноцінні сходи в реальних ґрунтових та погодних умовах, зберігати життєздатність пророслих рослин протягом вегетації. Високі показники польової схожості забезпечують оптимальну густоту посівів, рівномірність розвитку рослин і як наслідок раціональне використання вологи, поживних речовин та світла. Виживання рослин в період вегетації відображає стабільність агроценозу та рівень реалізації потенційної врожайності.

Просо посівне, як світлолюбна культура, здатне формувати високий урожай лише за оптимальної площі живлення не зважаючи на природну здатність саморегулювання щільності стеблостою [88 ].

Значна маса врожаю насіння культур здатна формуватися на бокових пагонах, проте в умовах післяжнивного вирощування кушення та їх розвиток обмежений тепловими ресурсами та тривалістю сонячного сяйва [144].

У розріджених посівах культури не повною мірою використовується прихід ФАР та потенціал ґрунту, а в загущених посівах спостерігається висока внутрішньовидова конкуренція через що знижується їх виживаність, виникає диференціація за ознаками морфології та розвитку, що може знижуватися врожайність [95, 224].

Система живлення відобразилася на показниках польової схожості, виживаності та формуванні кількості продуктивних пагонів культури. У контрольному варіанті без внесення добрив польова схожість становила 86,0 %, загальна виживаність рослин складала 77,7 %, а кількість продуктивних пагонів перед збиранням становила 272 шт. (тал. 4.3).

**Вплив системи живлення на польову схожість та виживаність  
проса посівного сорту Миронівське 51 в післяживних посівах  
(середнє 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Показники			
	польова схожість, %	виживаність рослин, %	загальна виживаність, %	кількість продуктивних пагонів перед збиранням, шт./м <sup>2</sup>
Без добрив (контроль)	86,0	90,4	77,7	272
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	89,4	91,1	81,4	285
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	89,0	91,0	81,0	284
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	85,6	89,6	76,7	269
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	85,0	89,6	76,1	267
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	84,2	89,4	75,3	264
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	84,6	90,0	76,1	267
Стандартне відхилення	2,10	0,69	2,46	8,50
Коефіцієнт варіації, %	2,43	0,77	3,17	3,12

Така низька польова схожість на нашу думку була зумовлена впливом високих температур, що зумовлювало швидке пересихання зони розміщення насіння проса зважаючи на гіршу якість загортання насіння прямим посівом.

Застосування мінеральних добрив у дозі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> сприяло підвищенню польової схожості на 3,4 відсоткових пункти, а загальної виживаності на 3,7 пункти, що забезпечило максимальну кількість продуктивних пагонів на

одиниці площі 285 шт. Подібну тенденцію зафіксовано і за поєднання такого мінерального фону з позакореневим підживленням Soil algae (5 л/га), де показники схожості та виживаності залишалися високими та істотно не відрізнялися, а кількість продуктивних пагонів становила 284 шт. На даному мінеральному фоні та контролі вищим була виживаність рослин, відносно інших варіантів системи живлення. Це може бути відображення посилення внутрішньовидової конкуренції за рахунок підвищення рівня азотного живлення.

Підвищення норм мінерального живлення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  супроводжувалося зниженням польової схожості до 84,2–85,6%, виживаності до 89,4–89,6% та як наслідок загальної виживаності рослин до 75,3–76,7%. Такі зміни відобразилося на формуванні продуктивних пагонів, а тому їх кількість відносно контролю зменшилася на 1,10–2,94 %. Використання біопрепарату Soil algae на цих фонах мав стабілізуючий ефект щодо показників виживаності, однак не забезпечував значного приросту порівняно з відповідними варіантами без підживлення. Кращі умови для формування високої польової схожості та показників виживаності рослин, та як результат для утворення максимальної кількості продуктивних пагонів, склалася за помірного рівня мінерального живлення, на рівні  $N_{30}P_{20}$ , тоді як подальше підвищення доз добрив формувало тенденцію до деякого зниження досліджуваних показників.

В основних посівах сорти проса мають значні відмінності за морфобіотипом і проявляють власні оптимальні параметри за площею живлення розподілу рослин. У проміжних посівах вони можуть проявляти дещо іншу реакцію у наслідок суттєвих змін умов вирощування. Реакція сортів на підвищену густоту стояння рослин зумовлена їхніми біологічними та морфологічними особливостями, зокрема здатністю до кущення, формування продуктивних пагонів і ефективного використання світла, вологи та поживних речовин [50]. За надмірного загущення посівів посилюється внутрішньовидова конкуренція, що може призводити до

зниження індивідуальної продуктивності рослин, погіршення умов фотосинтезу та підвищення ризику вилягання [61, 195].

Водночас окремі сорти проса характеризуються кращою адаптацією до загущених посівів і здатні підтримувати стабільні показники росту та врожайності (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Полева схожість та виживаність сортів проса посівного за різних норм висіву в післязливних посівах (середнє 2021...2025 рр.)**

Сорт (фактор А)	Норма висіву, млн шт./га (фактор В)	Показники		
		польова схожість, %	виживаність рослин, %	кількість продуктивних пагонів перед збиранням, шт./м <sup>2</sup>
Вітрило	3,5	91,4	93,6	299
	4,0	86,7	93,3	324
	4,5	89,0	92,9	372
Денвікське	3,5	86,2	90,1	272
	4,0	88,0	91,5	322
	4,5	87,4	91,4	359
Миронівське 51	3,5	83,1	89,0	259
	4,0	83,2	87,4	292
	4,5	82,7	86,7	323
Полто	3,5	81,7	87,2	250
	4,0	82,1	88,1	290
	4,5	82,1	86,9	322
Сонечко слобідське	3,5	81,0	89,0	253
	4,0	80,2	91,4	294
	4,5	80,1	89,2	322
Стандартне відхилення		1,00	1,67	31,73
Коефіцієнт варіації, %		1,23	1,89	10,81

Полева схожість насіння представлених сортів варіювала в межах 8,6 відсоткових пунктів, та залежно від норми висіву від 80,1 до 91,4 %. У середньому дещо вищою була польова схожість у сортів Вітрило та Денвікське, що могло бути зумовлене морфологічними та посівними

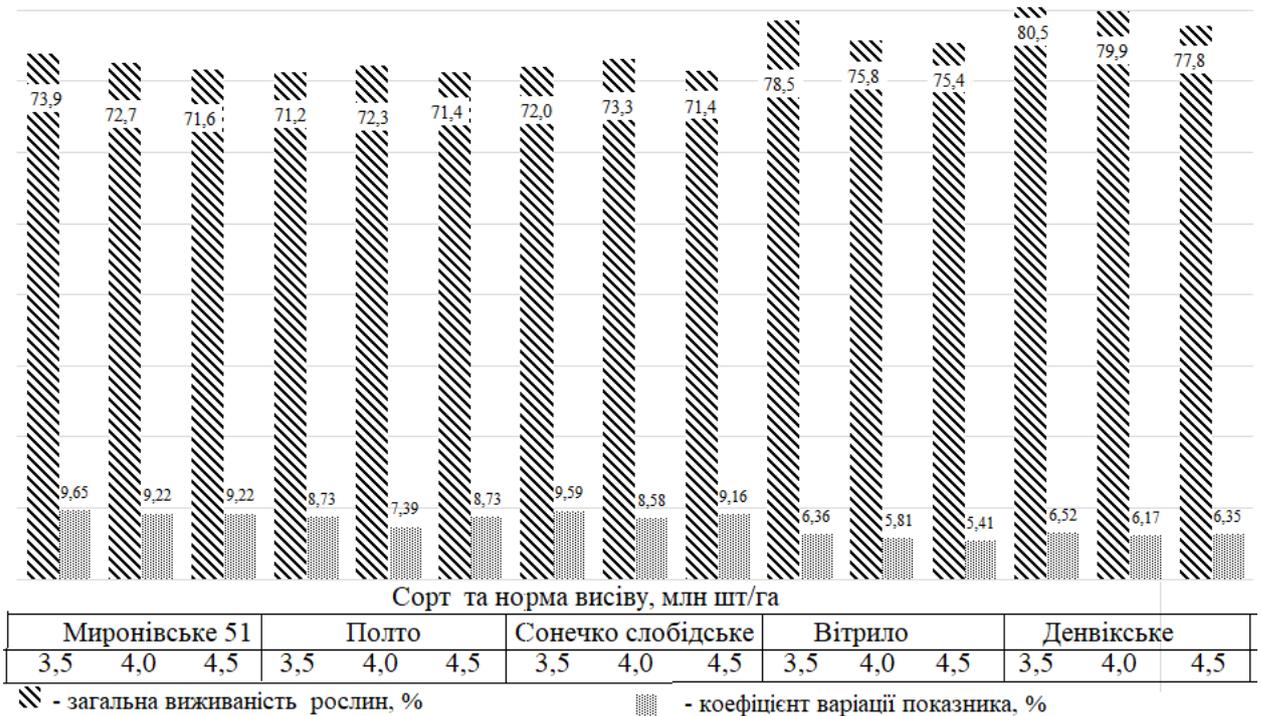
якостями насіннєвого матеріалу. Вищі показники польової схожості сорту Вітрило, 86,7–91,4 %, можуть також бути свідченням про його вищу адаптивність на етапі сходів до загушення посівів. Для сортів Миронівське 51, Полто та Сонечко слобідське характерна відносно стабільна схожість із тенденцією до незначного зниження за підвищення норми висіву до 4,5 млн шт./га. У середньому по фактору відмічена дещо вища польова схожість за норми висіву 3,5 млн шт./га, 84,7%, порівняно із більшими нормами висіву, 84,0-84,2%.

Виживаність рослин, зважаючи на складні умови післяжнивного вирощування, була високою для всіх сортів і коливалася від 86,7 до 93,6 %. Зі збільшенням норми висіву чіткої негативної тенденції до зниження виживаності не виявлено, що вказує на толерантність проса до підвищеної густоти стояння. Найвищі показники виживаності на загущених посівах зафіксовано у сортів Вітрило та Денвікське, понад 91 %.

Зі збільшенням норми висіву від 3,5 до 4,5 млн шт./га у всіх досліджуваних сортів спостерігалось істотне зростання кількості продуктивних пагонів перед збиранням як за рахунок більшої кількості висіяного насіння так і природнього саморегулювання щільності фітоценозу. Так, у сорту Миронівське 51 цей показник зріс 64 шт./м<sup>2</sup>, у Полто на 72 шт./м<sup>2</sup>, у Сонечко слобідське на 79 шт./м<sup>2</sup>. Найвищу кількість продуктивних пагонів, за умов технологічного загущення, проявив сорт Вітрило, у якого за норми висіву 4,5 млн шт./га кількість волотей досягала 372 шт./м<sup>2</sup>. Подібну тенденцію зафіксовано і в сорту Денвікське де, за такої норми висіву відносно вихідної, їх кількість зростала найбільше - на 32,0%

Підвищення норми висіву насіння сортів проса посівного із 3,5 до 4,5 млн шт./га не зумовлює критичне загущення посівів, загалом сприяє збільшенню кількості продуктивних пагонів, при цьому реакція сортів на загущення є диференційованою. Найбільш адаптованими до підвищеної густоти посівів виявили сорти Вітрило та Денвікське, що демонструють їх показники схожості, виживаності та сформовані ними продуктивні пагони.

Загальна виживаемість рослин коливалася в межах від 71,2 до 80,5% (Рис.4.1 ).



**Рис. 4.1** Загальна виживаність росли сортів проса за різних норм висіву у післяжнивних посівах, % (середнє за 2021....2025 рр.)

В межах окремих сортів вищою була частка рослин, що вижили та сформували насіння у сорту Денвікське 77,8-80,5% та Вітрило 75,4-78,5%. При цьому для зазначених сортів були притаманні менші рівні коефіцієнту варіації, що можна пояснити сукупною дією генетичних, морфо-біологічних чинників та вищою стійкістю до абіотичних стресів.

### 4.3 Особливості формування елементів структури врожаю проса посівного в післяжнивних посівах

Формування високої урожайності зернових культур ускладнюється в умовах зростаючої мінливості клімату та обмеженості ресурсів. Просо посівне належить до культур високого адаптаційного потенціалу і посухостійкості, що зумовлене особливостями формування структури

врожаю. Складові врожаю проса посівного формуються впродовж усієї вегетації, що включає такі основні елементи, як густина продуктивного стеблостою та показники індивідуальної продуктивності - кількість і маса зерен у волоті, маса 1000 зерен [102,121, 234].

Саме обґрунтоване управління цими показниками визначає урожайність агроценозу та рівень реалізації генетичного потенціалу сорту. Система із окремих елементів структури врожаю багаторівнева і рослини можуть як компенсувати, так і посилювати ними вплив важко передбачуваних абіотичних і технологічних чинників формуючи якнайвищу урожайність [233, 254]. Особливої актуальності дослідження структури врожаю проса посівного набуває в ускладнених умовах післяжнивного періоду, а також за дії водного й температурного стресу, коли культура реагує на умови вирощування насамперед варіабельністю кількості продуктивних пагонів та рівня озерненості волоті [229]. За таких умов поглиблене розуміння механізмів формування й оптимізації елементів структури врожаю є одним із найбільш ефективних шляхів підвищення урожайності та забезпечення раціонального використання матеріальних ресурсів.

Система живлення проса посівного зумовлена основним внесенням мінеральних добрив та підживлення в умовах післяжнивного вирощування мала вплив на біоморфологічні показники рослин. У рослин відбувалося збільшення загальної кущистості на 1,92-4,81 %, продуктивної кущистості на 1,01-5,05%, а також висоти рослин і сухої наземної маси. При цьому вищі значення показників кущення були властиві найвищому фону живлення, де проводили основне внесення  $N_{60}P_{40}$  та виконували підживлення Soil algae 5 л/га. Збільшення норм мінеральних добрив зумовлювало чітко виражену тенденцію до поступового зростання висоти рослин. Так, у контрольному неудобрюваному варіанті середня висота становила 67,9 см, тоді як за використання мінерального фону  $N_{30}P_{20}$  цей показник зростав на 6,5 %. (табл. 4.5).

**Вплив системи живлення на біометричні показники рослин сорту  
Миронівське 51 в умовах післяжнивного вирощування (середнє  
2021...2025 рр.)**

Система живлення	Загальна кущистість	Продуктивна кущистість	Висота рослин, см	Суха наземна маса, г/м <sup>2</sup>
Без добрив (контроль)	1,04	0,99	67,9	488
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	1,06	1,00	72,3	571
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,06	1,02	72,9	603
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	1,07	1,02	74,0	635
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,06	1,02	74,9	658
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	1,09	1,04	75,3	682
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,08	1,04	75,8	691

Подальше підвищення норми мінеральних добрив до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> супроводжувалося подальшим зростанням висоти рослин на 8,9 та 10,9 % відповідно. Виявлена закономірність свідчить про позитивний вплив підвищеного азотно-фосфорного живлення, в умовах виснаження ґрунту попередньою культурою, на інтенсивність ростових процесів, зокрема формування вегетативної маси та лінійних розмірів стебла.

Проведення на мінеральних фонах живлення фоліарного підживлення органічним добривом Soil algae забезпечувало незначне, проте стабільне збільшення висоти рослин. У межах кожного фону мінерального живлення показник зростав на 0,5–0,9 см. Імовірно, це пов'язано з фітогормональним ефектом препарату, який активізує ростові та обмінні процеси в рослинах, при його застосуванні на етапі початку видовження стебла. Найбільшу висоту в досліді, 75,8 см, сформували рослини на варіанті поєднання

внесення мінеральних добрив  $N_{60}P_{40}$  та підживлення органічним добривом *Soil algae* у нормі 5 л/га.

Наземна суха біомаса є показником, який найбільш виражено відображає реакцію рослин на зміну системи живлення порівняно з іншими морфологічними ознаками, наприклад висотою, кількістю листя, тощо. Поліпшення умов мінерального живлення посівів за рахунок внесення зростаючих норм азотно-фосфорних добрив у поєднанні з фоліарним підживленням органічним добривом викликало закономірне та поступове збільшення процесів накопичення сухої наземної маси. Так, на контрольному неудобрюваному варіанті рослини в середньому формували  $488 \text{ г/м}^2$  сухої маси, тоді як на фоні застосування  $N_{30}P_{20}$  цей показник зростав на 16,9 %. Подальше підвищення рівня мінерального живлення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  проявляло приріст сухої наземної маси рослин відповідно на 30,0 та 39,7 %.

Фоліарне внесення органічного добрива *Soil algae* збільшувало накопичення сухої наземної маси на 2,0–6,6 % у межах кожного досліджуваного варіанта мінерального фону. При цьому найбільший абсолютний приріст сухої маси спостерігався за нижчих фонів мінерального живлення, де вона зросла на  $32 \text{ г/м}^2$ , тоді як на пропорційно підвищених фонах такий приріст був меншим і становив відповідно 24 та  $10 \text{ г/м}^2$ .

Максимальні в досліді значення накопичення сухої наземної маси,  $691 \text{ г/м}^2$ , зафіксовано у варіанті мінерального фону  $N_{60}P_{40}$  у поєднанні з листовим підживленням *Soil algae*, що свідчить про синергічний ефект за умов поєднання мінерального та органічного живлення. Ефективність застосування органічного добрива *Soil algae* (5 л/га) фоліарно вказує на суттєві фізіолого-біохімічні зміни в рослинах, пов'язані з інтенсифікацією асиміляційних процесів.

Внесення досліджуваних рівнів мінеральних добрив позитивно позначилося біометричних характеристиках продуктивності рослин. Їх сукупна оцінка дозволяє встановити особливості формування генеративних

органів під впливом досліджуваної системи живлення. На тлі внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{20}$  довжина волоті зростала на 4,6% порівняно з контролем. Підвищення рівня мінерального живлення до рівня  $N_{45}P_{30}$  сприяло збільшенню цього показника на 9,5%, тоді як за норми  $N_{60}P_{40}$  приріст становив 15,7%. Отримані дані свідчать про збереження високих темпів видовження суцвіття зі зростанням доз мінеральних добрив без прояву тенденції до обмеження цього процесу (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Вплив системи живлення на біометричні показники рослин проса сорту Миронівське 51 в умовах післяжнивного вирощування. (середнє за 2021...2025 рр).**

Система живлення	Довжина волоті	Маса зерна із однієї рослини	Частка зерна в біомасі	Щільність волоті, г/дм
Без добрив (контроль)	16,8	0,66	34,5	0,39
$N_{30}P_{20}$	17,6	0,81	39,0	0,46
$N_{30}P_{20}$ + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	18,2	0,92	40,1	0,50
$N_{45}P_{30}$	18,4	1,02	41,4	0,55
$N_{45}P_{30}$ + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	18,9	1,09	42,2	0,57
$N_{60}P_{40}$	19,5	1,10	42,1	0,56
$N_{60}P_{40}$ + підживлення <i>Soil algae</i> 5 л/га	19,6	1,11	42,6	0,57
Стандартне відхилення	1,01	0,17	2,85	0,07
Коефіцієнт варіації, %	5,49	17,9	7,08	13,3

Застосування органічного добрива *Soil algae* у нормі 5 л/га в системі фолярного підживлення найбільш ефективно проявилось за першого,  $N_{30}P_{20}$  фону мінерального живлення. За цих умов додаткове подовження волоті відносно відповідного мінерального фону становило 0,6 см, що відповідає 3,7%. За подальшого зростання рівня мінерального живлення ефект від

застосування органічного добрива поступово слабнув, приріст волоті у довжину становив 2,7% за фону  $N_{45}P_{30}$  та лише 0,8% за фону  $N_{60}P_{40}$ , що свідчить про обмежену ефективність препарату за високого забезпечення рослин елементами живлення.

Максимального значення довжина волоті досягала за поєднання фоліарного органічного підживлення з мінеральним фоном  $N_{30}P_{20}$ , яке становило 19,5 см. Подальше підвищення рівня мінерального живлення не забезпечувало вагомому збільшенню цього показника.

У ході досліджень також встановлено позитивний вплив різних рівнів живлення на масу зерна з однієї рослини. Від застосування виключно мінеральних добрив зафіксовано зростання цього показника на 15,4; 45,0 та 56,8% порівняно з контролем. При цьому абсолютна прибавка маси зерна від підвищення попереднього фону мінерального живлення залишалася суттєвою та становила 0,08–0,21 г на одну рослину.

Позитивний ефект також забезпечувало проведення підживлення органічним добривом Soil algae у нормі 5 л/га. Водночас ефективність його застосування зменшувалася зі зростанням рівня мінерального живлення: приріст маси зерна з однієї рослини знижувався з 0,11–0,17 г до 0,03 г за мінерального фону  $N_{60}P_{40}$ .

У результаті найбільше абсолютне значення маси зерна з однієї рослини, 1,11 г, було зафіксовано за системи живлення, що передбачала основне внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{40}$  у поєднанні з позакореневим підживленням органічним добривом Soil algae (5 л/га) у фазу трубкування. Водночас встановлено тенденцію до уповільнення темпів наростання маси зерна з однієї рослини за подальшого підвищення фону живлення.

Для формування основної господарської продукції істотне значення має співвідношення маси зерна та загальної маси рослини. Упровадження досліджуваних систем живлення супроводжувалося зростанням частки зерна в структурі врожаю з 34,5% у контрольному варіанті до 42,2–42,6% на

варіантах різних рівнів системи живлення. Найбільш виражене збільшення цього показника зафіксовано за підвищення фону мінерального живлення до рівня  $N_{30}P_{20}$  у поєднанні з позакореневим підживленням органічним добривом *Soil algae* у нормі 5 л/га. Подальше зростання доз мінеральних добрив характеризувалося уповільненням позитивного ефекту щодо збільшення частки зерна.

Інтенсифікація мінерального живлення рослин проса також сприяла підвищенню щільності волоті. Так, у контрольному варіанті маса зерна на 10 см довжини волоті в середньому становила 0,39 г, тоді як за внесення мінеральних добрив у дозах  $N_{30}P_{20}$  та  $N_{45}P_{30}$  цей показник зростав до 0,07 та 0,16 г відповідно. Водночас за подальшого підвищення фону живлення тенденція до збільшення щільності волоті поступово зменшувалася, і складало 0,17 г.

Позакореневе підживлення посівів органічним добривом *Soil algae* у нормі 5 л/га найбільш виражено впливало на щільність волоті за найнижчого фону мінерального живлення  $N_{30}P_{20}$ , де приріст маси зерна з 10 см волоті становив 0,04 г. За наступних рівнів мінерального живлення різниця між варіантами складала 0,01–0,02 г, що відповідало 3,64 та 1,79% відносно попереднього фону та перебувало в межах варіабельності показника.

Сортовою ознакою сільськогосподарських культур виступають біометричні показники рослин, що відображають інтенсивність росту, характер розвитку та рівень адаптації рослин до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [247 90]. Для проса посівного (*Panicum miliaceum L.*) ці показники мають особливе значення, адже культура вирізняється значною сортовою мінливістю за морфологічними та фізіологічними ознаками [206].

Сорт як генетично зумовлена категорія визначає величину й динаміку формування основних біометричних параметрів проса, зокрема висоти рослин, куцистості, площі листової поверхні, розвитку кореневої системи та темпів накопичення надземної біомаси. Однак сукупність цих ознак формує потенціал продуктивності та здатність рослин ефективно

використовувати фактичні умови середовища. Важливо, що сорти проса посівного відрізняються реакцією на умови вирощування, що проявляється у зміні біометричних показників упродовж вегетації [181].

Тому дослідження прояву сортових особливостей в післяжнивних умовах є науково основою для оцінки їх продуктивного потенціалу та адаптивності. Основні біометричні показники рослин проса різних сортів за різних норм висіву представлені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

**Біометричні показники рослин сортів проса посівного в умовах післяжнивного вирощування (середнє 2021...2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Загальна кущистість	Продуктивна кущистість	Висота рослин, см	Суша наземна маса, г/м <sup>2</sup>
Вітрило	3,5	1,17	1,09	77,4	885
	4	1,14	1,07	78,4	873
	4,5	1,10	1,06	79,1	868
Денвікське	3,5	1,12	1,07	77,5	771
	4	1,09	1,06	79,0	764
	4,5	1,07	1,03	79,6	730
Миронівське 51	3,5	1,08	1,04	75,7	876
	4	1,05	1,02	77,8	871
	4,5	1,05	1,00	78,1	853
Полто	3,5	1,15	1,13	71,6	908
	4	1,15	1,11	72,9	880
	4,5	1,11	1,11	75,9	871
Сонечко слобідське	3,5	1,10	1,08	74,5	731
	4	1,09	1,04	75,1	723
	4,5	1,06	1,04	76,3	715
Стандартне відхилення		0,04	0,05	2,17	84,5
Коефіцієнт варіації, %		3,57	4,43	2,90	10,4

Наведені результати відображають закономірності формування морфологічних і продуктивних показників рослин сортів проса за різної щільності фітоценозу. Отримані дані засвідчують загальну реакцію досліджуваних сортів на загущення посівів, що проявляється у зниженні кущистості, накопичення сухої надземної біомаси та одночасному незначному підвищенні висоти рослин.

У середньому по сортах збільшення норми висіву з 3,5 до 4,4 млн схожих насінин на гектар зумовлювало зменшення загальної кущистості на 0,04 одиниці, а продуктивної кущистості – на 0,03 одиниці, що є типовою реакцією рослин на підвищену густоту стояння. Водночас зі зростанням щільності фітоценозу відмічалось збільшення висоти рослин: у середньому по сортах таке відбулося з 75,3 до 76,6 та 77,8 см, що відповідало приросту відносно вихідного значення, норми 3,5 млн шт./га, на 1,7 та 3,3% відповідно.

Слід зазначити, що інтенсивність реакції на загущення була сортозалежною. Найбільш виражене підвищення висоти рослин спостерігалось у сортів Миронівське 51 та Денвікське, тоді як у сортів Сонечко слобідське та Вітрило адаптивна реакція на збільшення густоти посіву була менш вираженою.

Загущення посівів, зумовлене підвищенням норми висіву, призводило до зниження накопичення сухої надземної маси на одиниці площі: з 834 г/м<sup>2</sup> за мінімальної густоти до 822 та 807 г/м<sup>2</sup> за вищих норм висіву. За цим показником найбільшу надземну біомасу формували сорти Полто та Вітрило, середні значення яких по фактору становили відповідно 886 та 875 г/м<sup>2</sup>, що свідчить про високий потенціал їх біологічної продуктивності.

Водночас сорти Сонечко слобідське та Денвікське характеризувалися істотно нижчими показниками накопичення сухої маси, які в середньому становили відповідно 755 та 723 г/м<sup>2</sup>.

Виявлені зміни біометричних і технологічних показників рослин, залежно від сорту та норми висіву, відображають загальну закономірність, що підвищення норми висіву зумовлює зниження індивідуальної

продуктивності рослин, зокрема показників, пов'язаних із формуванням та розвитком волоті, що підтверджується науковими даними [227, 251], та нашими результатами наведеними в таблиці 4.8 даними.

Таблиця 4.8

**Біометричні показники рослин сортів проса залежно від норми висіву при післяжнивному вирощуванні (середнє 2021...2025 рр).**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Довжина волоті	Маса зерна із однієї рослини	Частка зерна в біомасі	Щільність волоті, г/дм
Вітрило	3,5	18,9	0,8	28,1	0,42
	4	18,7	0,7	25,8	0,38
	4,5	16,9	0,6	25,9	0,34
Денвікське	3,5	20,2	0,8	31,5	0,40
	4	19,5	0,6	29,7	0,33
	4,5	19,8	0,6	27,3	0,29
Миронівське 51	3,5	20,6	1,1	31,2	0,53
	4	20,2	0,9	28,5	0,46
	4,5	19,6	0,8	28,6	0,42
Полто	3,5	21,2	1,0	28,5	0,49
	4	19,7	0,9	25,8	0,44
	4,5	19,7	0,8	24,9	0,39
Сонечко слобідське	3,5	19,9	0,9	34,6	0,46
	4	20,3	0,8	32,5	0,37
	4,5	20,1	0,7	31,5	0,35
Стандартне відхилення		0,5	0,1	3,5	0,05
Коефіцієнт варіації, %		2,7	11,5	12,0	12,0

Ущільнення посівів у наслідок збільшення норми висіву з 3,5 до 4,0 та 4,5 млн схожих насінин на гектар супроводжувалося зниженням індивідуальної продуктивності рослин, що проявлялося у зменшенні довжини волоті, у середньому по фактору з 20,2 до 19,7 та 19,2 см, що становило відповідно зменшення 2,5 і 5,0%. Найбільшими за розмірами волоті виявилися сорти Миронівське 51, Полто та Сонечко слобідське,

середні значення яких були в межах 20,1–20,2 см, тоді як найменшу довжину волоті формував сорт Вітрило – 18,2 см. Різниця між показниками складала 11,0-11,6%. Виявлені особливості узгоджуються з іншими змінами продуктивних показників, зокрема зі зниженням маси зерна з однієї рослини за умов загушення посівів.

У всіх досліджуваних сортів простежувалася чітка тенденція до зменшення маси зерна з волоті зі зростанням норми висіву, в межах передбаченої схемою дослідження. Так, у середньому по фактору цей показник знижувався з 0,92 г за норми 3,5 млн шт./га до 0,78 та 0,70 г за норм висіву 4,0 та 4,5 млн шт./га відповідно, що свідчить про ослаблення розвитку генеративних органів рослин в умовах підвищеної конкуренції у наслідок збільшеної густоти стояння.

У середньому по фактору найбільшу масу зерна з однієї рослини формували сорти Миронівське 51 та Полто – відповідно 0,93 та 0,90 г, тоді як у сорту Денвікське цей показник був найменшим і становив 0,67 г. Відповідно, щільність волоті в розрізі фактору А змінювалася від 0,47 г/дм у сорту Миронівське 51 та 0,44 г/дм у сорту Полто до мінімального значення 0,34 г/дм у сорту Денвікське. Загушення посівів зумовлювало виражене зниження щільності волоті. У середньому по дослідженню цей показник зменшувався з 0,46 до 0,40 та 0,36 г/дм відповідно до підвищення норми висіву з 3,5 до 4,0 та 4,5 млн шт./га, що відповідає 13,0 та 21,7 %.

Кореляційний аналіз показав наявність тісного прямого зв'язку між масою зерна з однієї рослини та щільністю волоті,  $r = 0,977$ , тоді як зв'язок між масою зерна та довжиною волоті характеризувався середньою силою,  $r = 0,479$ .

Сорт Сонечко слобідське вирізнявся найбільшою часткою зерна в загальній біомасі рослин, яка в середньому для даного об'єкту становила 32,9%. Високі значення цього показника також були характерні для сортів Денвікське та Миронівське 51, де частка зерна була в межах 29,4–29,5%, тоді як у сорту Полто частка насіння була найменшою в дослідженні – 26,4%. За умов

загущення посівів частка зерна в масі рослин зменшувалася в середньому з 30,8 до 28,5 та 27,6%, що становить зменшення на 7,47 та 10,4%.

Найбільш стабільними за показниками продуктивності в умовах підвищеної густоти стояння виявилися сорти Полто та Миронівське 51, тоді як сорт Вітрило характеризувався підвищеною чутливістю до загущення посівів.

#### **4.4 Динаміка росту та фотосинтетична діяльність**

Лінійний ріст рослин як наслідок фотосинтетичної діяльності є одним із ключових показників індивідуального розвитку сільськогосподарських культур, який відображає інтенсивність продуктивних процесів та рівень адаптації рослин до умов вирощування. Для проса посівного, як культури з коротким вегетаційним періодом і високою пластичністю до ґрунтово-кліматичних чинників, динаміка лінійного росту має особливе значення у формуванні біомаси, продуктивного стеблостою, активного розміщення листового апарату та майбутнього врожаю зерна [189, 196].

Оскільки інтенсивність лінійного росту проса визначається комплексною взаємодією генетичних особливостей сорту, умовами середовища в період вегетації, рівня технології вирощування такі елементи як система живлення, сортовий склад та густота стояння рослин мають вагомий вплив [193, 245 ].

Вивчення закономірностей лінійного росту культури є важливим для обґрунтування елементів технології її вирощування, зокрема норм висіву, системи удобрення та інші.

Оскільки система живлення є визначальною при формуванні біомаси культури аналіз динаміки ростових процесів дає змогу глибше оцінити реакцію проса на агротехнічні заходи та встановити їхній вплив на формування структури врожаю й продуктивність культури в цілому.

Динаміка лінійних розмірів рослин в процесі вегетації представлена в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

**Висота рослин проса посівного сорту Миронівське 51 за різних систем живлення при післяжнивному вирощуванні, см. (середнє за 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Фази росту та розвитку			
	вихід в трубку	поява волоті	налив зерна	технічна стиглість
Без добрив (контроль)	38,8	47,8	57,9	66,2
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	43,0	55,9	64,8	70,8
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	43,0	57,4	65,2	72,1
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	43,2	57,2	65,8	72,9
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	44,4	59,0	66,6	73,5
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	44,7	58,7	69,4	74,6
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	45,1	59,1	69,8	75,6
НІР <sub>05</sub>	0,59	1,47	2,44	2,31

Закономірно, що в процесі вегетації висота рослин проса посівного збільшувалася. При цьому найменшою, 38,8-66,2 см, вона була на контрольному неудобреному варіанті, що свідчить про обмежені можливості реалізації ростового потенціалу проса за природного фону забезпечення елементами живлення. У міру переходу рослин від ранніх етапів органогенезу до більш пізніх спостерігалось поступове збільшення висоти, однак абсолютні значення залишалися нижчими порівняно з удобреними варіантами.

Внесення мінеральних добрив сприяло істотному посиленню лінійного росту рослин ще на початку спостереження – у фазу виходу в трубку. На фоні  $N_{30}P_{20}$  виявлено збільшення висоти проса на 27,8 см в процесі наростання до фази наливу зерна, що відповідає збільшення в 1,65 рази. Поєднання цього фону з позакореневим підживленням препаратом Soil algae додатково стимулювало ріст рослин, що зумовлювало формування дещо вищих рослин, проте достовірною була різниця лише в фазу появи волоті.

Подальше підвищення рівня мінерального живлення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  формувало стабільну тенденцію до зростання висоти рослин у всі фази розвитку. При цьому найбільших значень висота рослин досягала у варіантах із поєднанням підвищених доз мінеральних добрив. Проте достовірною була різниця між віддаленими фонами живлення та порівняно із контролем, а зростання від фоліарного підживлення Soil algae (5 л/га) не перевищувала рівень  $HP_{05}$ .

Порівняння різниць між варіантами з величинами  $HP_{05}$  дає підстави стверджувати про переваги удобрених фонів над контролем на статистично достовірному рівні. Важливо, що удобрення забезпечувало вищі темпи приросту висоти рослин. Так у фазу виходу в трубку на контролі рослини досягали 58,6 % своїх остаточних розмірів а на удобрених відсоток складав 59,9. Переваги удобрених варіантів були встановлені і у наступні періоди: у фазу появи волоті 72,2 та 79,0% відповідно та наливу зерна 87,5 та 91,4%.

Надзвичайно важливим індикативним показником розвитку рослин є листовий індекс, оскільки він причетний до енергетичної основи продукційного процесу. Отримані данні свідчать, що площа листової поверхні має загальну динаміку до збільшення впродовж періодів кущення, виходу в трубку до появи волоті, та з подальшим зростанням під час наливу зерна. На неудобреному варіанті формувалися гірші умови для розвитку рослин, що призвело до утворення меншої листової маси. При цьому даний показник був найнижчим у всі фази вегетації: 1,00 у фазі кущення, 1,70 – у фазі виходу в трубку, досягаючи максимального значення 2,00 у фазі появи

волоті, після чого знижувався до 1,84 у період наливу зерна у наслідок листової сенесценції (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

**Листовий індекс проса посівного сорту Миронівське 51 за різних систем живлення при післязливному вирощуванні, см. (середнє за 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Фази росту та розвитку			
	кущення	вихід в трубку	поява волоті	налив зерна
Без добрив (контроль)	1,00	1,70	2,00	1,84
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	1,07	2,20	2,55	2,44
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,08	2,25	2,59	2,46
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	1,09	2,63	3,13	2,91
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,10	2,66	3,16	2,88
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	1,12	2,80	3,35	3,12
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	1,15	2,83	3,39	3,11
НІР <sub>05</sub>	0,03	0,07	0,09	0,08

Таке зменшення показника на останніх етапах вегетації зумовлене природнім прискореним відмиранням нижніх листків що має наслідком зменшення асиміляційної поверхні.

Внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> сприяло істотному зростанню листового індексу порівняно з контролем. Зокрема, у фазі кущення він зростав на 0,07–0,08 одиниць, у фазі виходу в трубку на 0,5-0,55 одиниць, а в період появи волоті на 0,55–0,59. Переваги зберігалися і у фазі наливу зерна, важливо, що усі вони були на математично достовірному рівні, порівняно із контрольним варіантом. На такому мінеральному фоні

підживлення препаратом Soil algae у нормі 5 л/га забезпечувало статистично недостовірне підвищення показника, за системою статистичного оцінювання НІР<sub>05</sub>.

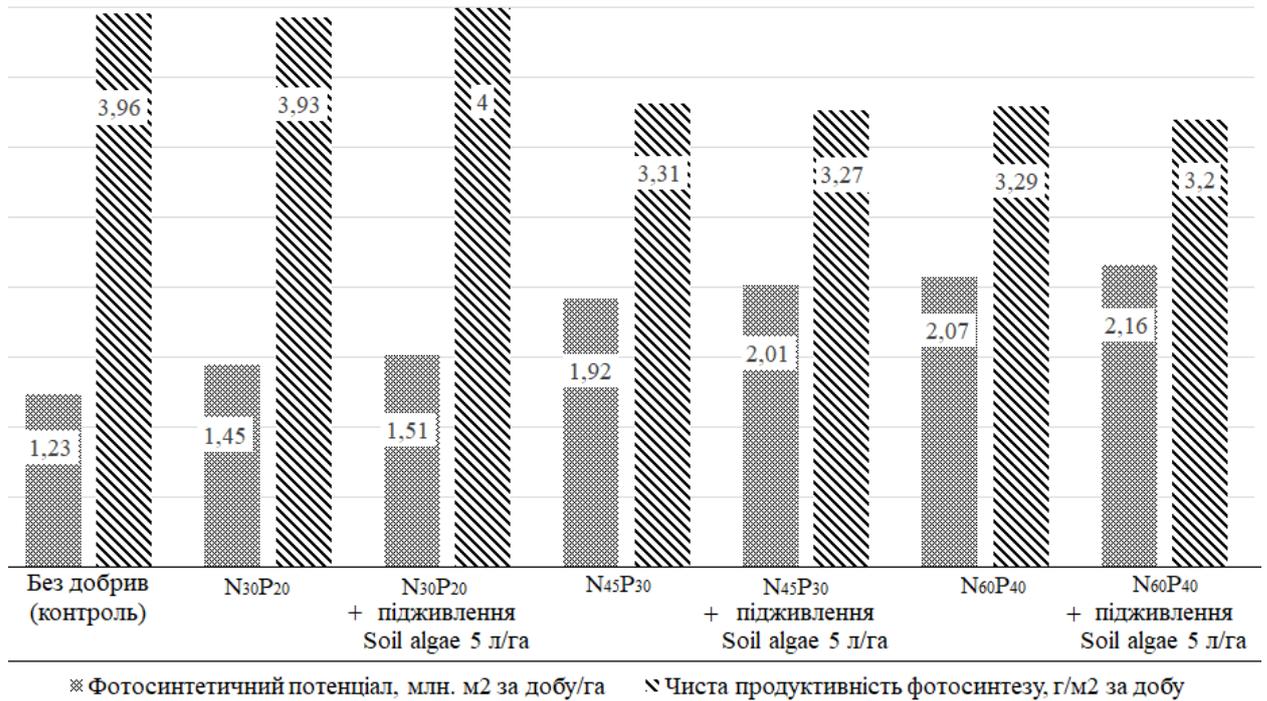
Подальше підвищення рівня мінерального живлення до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> зумовлювало значне наростання листкової поверхні посівів. Листковий індекс у фазі виходу в трубку зростав на 9-10%, у фазі появи волоті на 0,58-0,61 пункт, а в період наливу зерна на 0,44-0,47 одиниць, що на 54,7–58,1 % перевищувало контроль. На фоні мінерального живлення N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> встановлено максимальні значення листкового індексу, які у фазі появи волоті досягали 3,35–3,39. Незважаючи на зниження цього показника у фазу наливу зерна, за даного фону листкова поверхня зберігала найвищі абсолютні значення серед усіх варіантів дослідження, що свідчить про пролонговану дію підвищених доз мінеральних добрив на розвиток асиміляційного апарату.

За абсолютними величинами протягом усього періоду спостережень максимальний листковий індекс був зафіксований у варіанті поєднання мінерального фону з позакореневим підживленням Soil algae у нормі 5 л/га. Водночас, з урахуванням значень НІР<sub>05</sub>, різниця між функціональним контролем на відповідному мінеральному фоні та варіантом із застосуванням підживлення Soil algae виявилася статистично недостовірною.

Зазначене зумовлено природою факторів мінерального живлення та біологічного підживлення, що не підлягають прямому порівнянню з використання єдиного критерію НІР<sub>05</sub>, що потребує їх розгляду у взаємозв'язку як єдиного комплексу. У цілому результати таблиці свідчать, що оптимізація системи мінерального живлення у поєднанні з біологічним підживленням сприяє формуванню потужного листкового апарату проса посівного, створюючи передумови для підвищення фотосинтетичної продуктивності та повнішої реалізації потенціалу врожайності культури.

Система живлення проявляла сильний вплив на формування та фотосинтетичну діяльність посівів проса, що оцінювалося за показниками

фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) (рис. 4.2)



**Рис. 4.2 Показники фотосинтетичної діяльності проса посівного сорту Миронівське 51 в умовах післяжнивного вирощування, (середнє 2021...2025 рр.)**

На неодобреному контролі фотосинтетичний потенціал складав 1,23 млн м<sup>2</sup>·добу/га за відносно високого в досліді рівня чистої продуктивності фотосинтезу – 3,96 г/м<sup>2</sup>·добу. Це одночасно відображає обмежені можливості рослин щодо нарощування листкової поверхні за умов дефіциту елементів живлення при високій інтенсивності асиміляційних процесів за меншого тиску внутрішньовидової конкуренції рослин.

Внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> сприяло підвищенню ФП 0,22 млн м<sup>2</sup>·добу/га, що на 17,9 % більше порівняно з контролем. При цьому ЧПФ різнилася лише на 0,8%, що свідчить, що за такої помірної дози азоту і фосфору відбувається стимулювання росту листкового апарату без істотного зниження ефективності фотосинтезу одиниці площі листя у наслідок затінення.

Поєднання фону  $N_{30}P_{20}$  з позакореневим підживленням препаратом Soil algae (5 л/га) забезпечило подальше зростання фотосинтетичного потенціалу до 1,51 млн  $m^2 \cdot \text{добу}/\text{га}$  та максимальне значення ЧПФ – 4,00  $г/м^2 \cdot \text{добу}$ . Така тенденція вказує на інтегральний ефект мінерального живлення і біологічного препарату, що одночасно активізує формування асиміляційної поверхні та підвищує інтенсивність фотосинтетичних процесів.

Зі збільшенням дози мінеральних добрив до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  спостерігалось різке зростання фотосинтетичного потенціалу посівів до 1,92–2,07 млн  $m^2 \cdot \text{добу}/\text{га}$ , однак воно супроводжувалося зниженням чистої продуктивності фотосинтезу до 3,31–3,29  $г/м^2 \cdot \text{добу}$ . Це може свідчити про посилення конкуренції в середині фітоценозу у наслідок формування надмірної листової поверхні, посилення взаємного затінення листків і зниження інтенсивності фотосинтезу на одиницю площі.

Доповнення мінерального фону позакореневим підживлення Soil algae за вищих градацій,  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$ , супроводжувалося протилежно спрямованими процесами. Це забезпечувало зростання до найвищих у досліді значень фотосинтетичного потенціалу, відповідно 2,01 та 2,16 млн  $m^2 \cdot \text{добу}/\text{га}$ , однак при цьому ЧПФ знижувалася до найнижчих значень, відповідно 3,27–3,20  $г/м^2 \cdot \text{добу}$ . Це підтверджує, що за умов інтенсивного азотного живлення, стимулювання ростових процесів переважно посилюється ріст вегетативної маси, що може супроводжуватися зниженням ефективності фотосинтетичної діяльності одиниці листової поверхні через затінення [134, 142].

Тому найбільш збалансоване поєднання високого фотосинтетичного потенціалу та максимальної чистої продуктивності фотосинтезу забезпечує система живлення  $N_{30}P_{20}$  у поєднанні з позакореневим підживленням Soil algae (5 л/га). Підвищені норми мінеральних добрив істотно збільшують потенціал фотосинтезу за рахунок нарощування листової поверхні, однак даний процес супроводжується зниженням ефективності фотосинтезу, що потребує більш детального налізу при обґрунтуванні оптимальної системи

живлення проса в умовах інтенсивних технологій та використання інших показників, як суха маса рослин чи урожайність.

Висота рослин є сортовою ознакою яка має значне варіювання залежно від умов середовища, наприклад таких радикальних як умови післяжнивного періоду (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Висота рослин сортів проса посівного при різних нормах висіву в умовах післяжнивного вирощування, см (середнє за 2021...2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Фази росту та розвитку			
		вихід в трубку	поява волоті	налив зерна	технічна стиглість
Вітрило	3,5	45,5	57,9	72,0	77,4
	4	46,2	60,2	73,1	78,5
	4,5	46,5	61,4	74,4	79,3
Денвікське	3,5	46,8	58,9	74,4	79,8
	4	47,5	61,5	76,3	81,2
	4,5	47,7	64,0	76,7	81,8
Миронівське 51	3,5	45,0	59,1	71,4	76,9
	4	46,2	60,1	72,7	78,7
	4,5	46,1	60,3	74,9	79,1
Полто	3,5	42,1	54,9	66,4	72,2
	4	42,4	55,0	68,9	72,7
	4,5	43,6	58,0	70,9	74,7
Сонечко слобідське	3,5	42,7	54,9	67,4	73,5
	4	43,1	58,9	69,3	74,2
	4,5	43,9	59,9	71,1	74,8
НІР 05	АВ	3,9	5,3	7,5	6,2
	А	2,2	3,1	4,3	3,6
	В	1,7	2,4	3,4	2,8

Висота рослин варіювала залежно від сорту, норми висіву, проте більш вагомо змінювалася в продовж вегетації культури.

Індивідуальні особливості об'єктів виразно проявилися у фазі виходу в трубку, коли висота рослин коливалися, залежно від досліджуваних факторів, в межах 13,3% від 42,1 до 47,7 см. Найнижчими, 42,1–42,7 см, були рослини

сортів Полто та Сонечко слобідське за мінімальної норми висіву 3,5 млн шт./га, тоді як найвищими були рослини сорту Денвікське за норми 4,5 млн шт./га - 47,7 см. Збільшення норми висіву мало виражений прояв, мало тенденцією до підвищення показника в усіх досліджуваних сортів, однак ступінь реакції мав сортові особливості.

У фазі появи волоті виявлено істотне, на 31,0%, зростання висоти рослин порівняно з попередньою фазою. У цей період рослини варіювали від 54,9 до 64,0 см. Мінімальні величини також були притаманні сортам Полто та Сонечко слобідське за норми висіву 3,5 млн шт./га, тоді як максимальні відмічені у сорту Денвікське за найвищої норми 4,5 млн шт./га. З урахуванням  $НІР_{05}$  для факторів А і В, вплив як сорту, так і норми висіву на формування показника на даному етапі був статистично достовірним.

У фазі наливу зерна висота рослин зросла ще на 22,0% та досягала значень 66,4–76,7 см. Більш чітко проявилось збільшення висоти рослин кожного сорту зі зростанням норми висіву. Найвищими були рослини сортів Денвікське та Вітрило, що свідчить про їх виражену реакцію на загушення посівів. Різниця між крайніми варіантами перевищувала значення  $НІР_{05}$ , що підтверджує істотний вплив досліджуваних факторів та їх взаємодії.

У фазі технічної стиглості максимальні значення показника, сорту Денвікське за норми висіву 4,5 млн шт./га, становили 81,8 см, тоді як рослини сорту Полто були найнижчими, і за норми висіву 3,5 млн шт./га. Їх висота була на 9,6 см меншою. У більшості сортів підвищення норми висіву з 3,5 до 4,5 млн шт./га забезпечувало зростання показника на 2,2–4,9, що перевищувало значення  $НІР_{05}$  для даного фактору та свідчило про статистично значущий ефект загушення посівів.

Аналіз значень  $НІР_{05}$  показує, що вплив сорту (фактор А), норми висіву (фактор В) та їх взаємодії (АВ) був достовірним у всі фази росту і розвитку культури, при цьому найбільша варіабельність показника спостерігалася у фазах наливу зерна та технічної стиглості.

У цілому результати таблиці свідчать, що формування показників упродовж вегетації проса істотно залежить як від генетичних особливостей сорту, так і від норми висіву насіння. Найвищі значення у більшості фаз забезпечували сорти Денвікське та Вітрило за норм висіву 4,0–4,5 млн шт./га, що вказує на необхідність урахування сортових особливостей при оптимізації щільності фітоценозу у технології вирощування проса посівного.

Здатність сортів формувати листовий апарат та їх реакція на норму висіву представлені в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

**Листовий індекс рослин сортів проса посівного при різних нормах висіву за післяжнивного вирощування, см (середнє за 2021...2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Фази росту та розвитку			
		кущення	вихід в трубку	поява волоті	налив зерна
Вітрило	3,5	1,11	2,65	3,14	2,88
	4	1,11	2,67	3,17	2,93
	4,5	1,12	2,69	3,20	2,95
Денвікське	3,5	1,11	2,66	3,14	2,93
	4	1,12	2,68	3,18	2,96
	4,5	1,13	2,70	3,21	2,97
Миронівське 51	3,5	1,09	2,62	3,12	2,87
	4	1,09	2,66	3,16	2,91
	4,5	1,10	2,68	3,17	2,92
Полто	3,5	1,07	2,61	3,08	2,86
	4	1,08	2,63	3,11	2,87
	4,5	1,08	2,64	3,12	2,90
Сонечко слобідське	3,5	1,07	2,61	3,08	2,88
	4	1,08	2,63	3,11	2,88
	4,5	1,09	2,66	3,16	2,91
НІР 05	АВ	0,02	0,03	0,04	0,03
	А	0,01	0,02	0,02	0,02
	В	0,01	0,01	0,02	0,02

Різниця між варіантами щодо площі листя проявилася від фази кущення та зростали впродовж вегетації культури. Так якщо у фазі виходу в

трубку середній листковий індекс складав 1,1 то на час досягнення найвищого значення, у фазу появи волоті, показник збільшився в 2,87 рази. Дещо вищою площа листя була у сорту Денвікське та Полто, 1,11-1,12, тоді як найнижчою у сортів Полто та Сонечко слобідське 1,08. Різниця між вказаними сортами перевищує  $НІР_{05}$ . Збільшення норми висіву зумовлювало незначне, але стабільне підвищення листкового індексу, що також підтверджується перевищенням різниці над значенням  $НІР_{05}$  для фактору В.

У фазі появи волоті спостерігалось інтенсивне наростання листкової поверхні, внаслідок чого листковий індекс зростав від вихідного значення в 2,42 рази. Максимальні значення, 2,69–2,70, були характерні для сортів Вітрило та Денвікське за норми висіву 4,5 млн шт./га. Вплив як сортових особливостей, так і норми висіву в цій фазі були статистично достовірним, та перевищували значення  $НІР_{05}$  для факторів А та В.

У період найвищих значення листкового індексу чітко простежувалася тенденція до збільшення його показника зі зростанням норми висіву в межах кожного сорту. Максимальний за значенням показник, 3,21, відзначено у сорту Денвікське за норми висіву 4,5 млн шт./га, що достовірно перевищувало аналогічні показники інших сортів. Різниця між крайніми варіантами норм висіву перевищувала значення  $НІР_{05}$  для взаємодії факторів АВ, що підтверджує достовірність комбінованого впливу сорту та густоти стояння рослин.

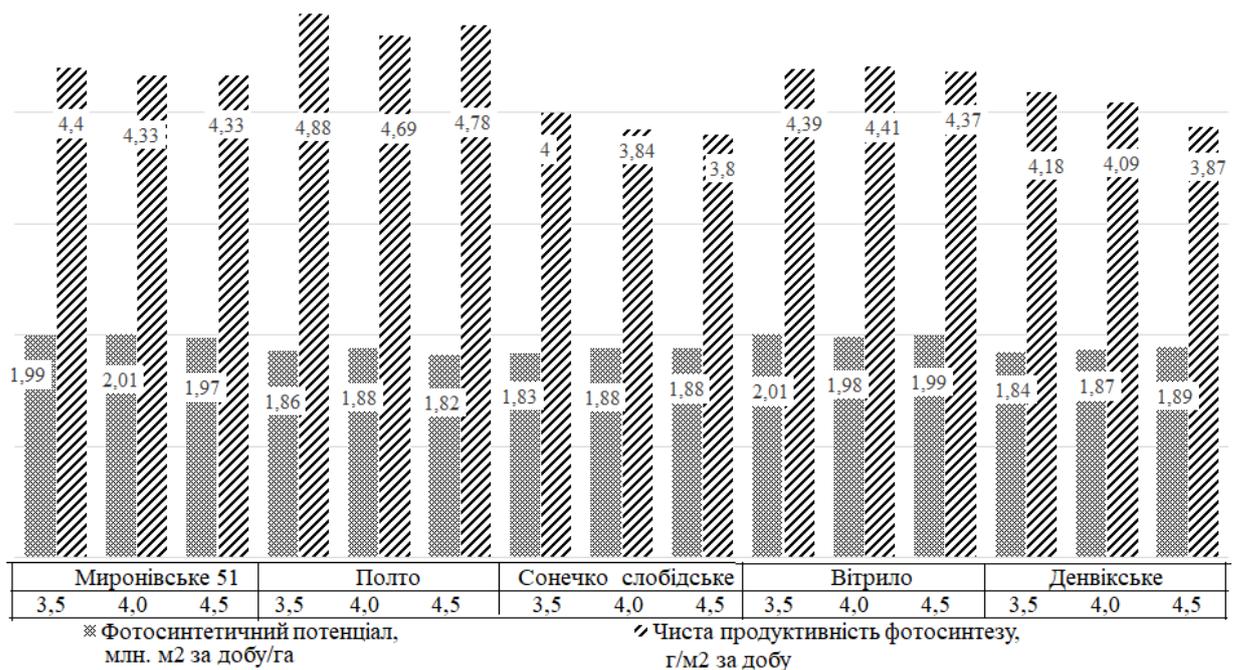
У фазі технічної стиглості відбувалися процеси зниження листкового індексу в середньому на 7,49 % від попереднього значення. Такі закономірності зумовлені процесами природного старіння листків, частковим їх відмиранням і редукцією асиміляційної поверхні. Водночас навіть у цій фазі вищі значення зберігалися у сортів Вітрило та Денвікське, особливо за підвищених норм висіву (4,0–4,5 млн шт./га).

Аналіз значень  $НІР_{05}$  свідчить, що вплив сорту, норми висіву та їх взаємодії був статистично достовірним у всі фази росту і розвитку культури,

причому найбільша диференціація показників відмічена у фазі наливу зерна, коли формувався максимальний асиміляційний апарат.

Узагальнюючи, можна констатувати, що листовий індекс проса посівного характеризується чіткою фазовою динамікою з максимумом у період наливу зерна та істотно залежить від сортових особливостей і густоти стояння рослин. Найбільш сприятливі умови для формування найвищого листового індексу (близько 3,1–3,2) забезпечували сорти Денвікське та Вітрило за норм висіву 4,0–4,5 млн шт./га, що створює передумови для підвищення фотосинтетичної продуктивності посівів.

Формування листового апарату та ефективність його роботи, окрім умов, замовлена генетичними особливостями сорти (рис. 4.3)



**Рис.4.3 Показники фотосинтетичної діяльності сортів проса посівного в умовах післяжнивного вирощування, (середнє 2021...2025 рр.)**

Показники фотосинтетичного потенціалу варіювали залежно від сортових особливостей і норми висіву на 0,19 млн м<sup>2</sup>·добу/га, що складає 10,4% Найвищі значення цього показника були характерні для сортів Вітрило та Миронівське 51, де він досягав 1,99–2,01 млн м<sup>2</sup>·добу/га, порівняно із

сортами Полто та Сонечко слобідське (1,82–1,88 млн м<sup>2</sup>·добу/га), що свідчить про їх здатність формувати як розвиненіший так і більш тривало функціонуючий асиміляційний апарат.

Вплив норми висіву на фотосинтетичний потенціал мав переважно тенденційний характер. У сортів Миронівське 51, Полто, Сонечко слобідське та Денвікське підвищення густоти стояння рослин з 3,5 до 4,0 млн шт./га сприяло незначному зростанню показника. Подальше збільшення норми висіву до 4,5 млн шт./га сортів Миронівське 51, Полто, Сонечко слобідське призводило до зменшення фотосинтетичного потенціалу. У сорту Денвікське фотосинтетичний потенціал стабільно зростав при збільшенні норми висіву із 3,5 до 4 та 4,5 млн шт./га.

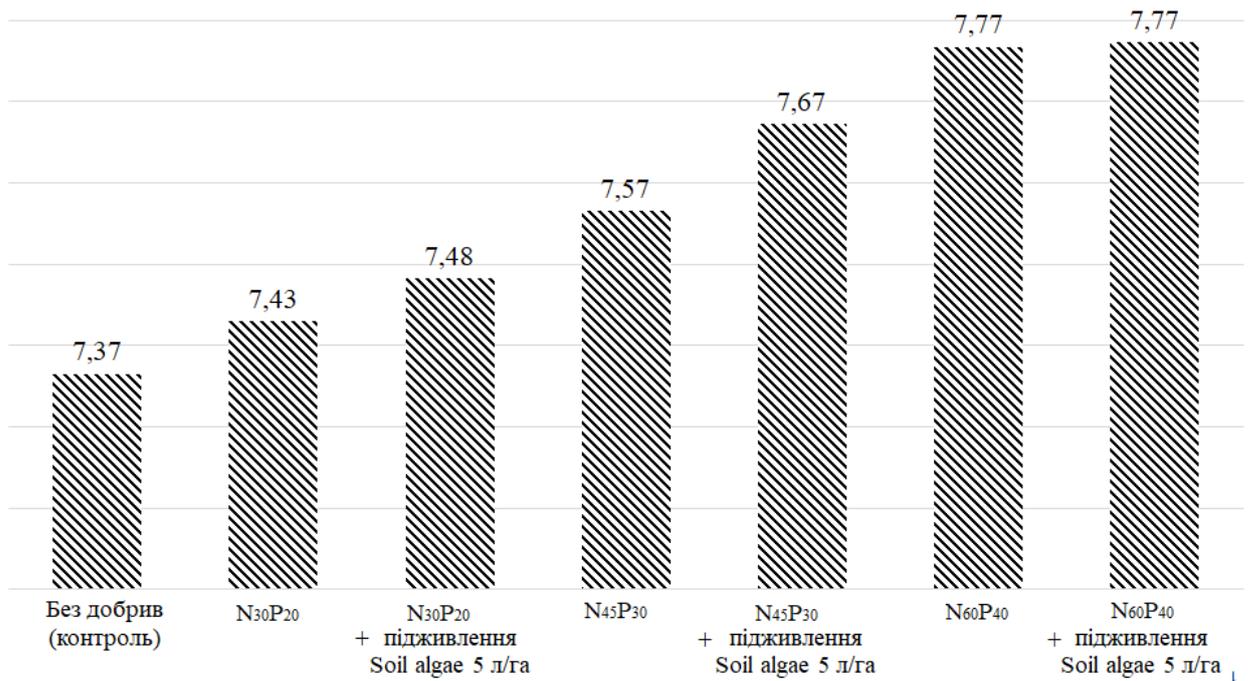
Чиста продуктивність фотосинтезу варіювала в межах 1,08 г/м<sup>2</sup>·добу, що складає 24,8%. Максимальні значення цього показника, 4,88 г/м<sup>2</sup>·добу, були зафіксовані у сорту Полто за норми висіву 3,5 млн шт./га, що свідчить про вищу інтенсивність продукційних процесів одиниці листової поверхні за помірної густоти посіву. Високими значеннями чистої продуктивності фотосинтезу вирізнялися сорти Миронівське 51 та Вітрило (4,33–4,41 г/м<sup>2</sup>·добу).

Зі збільшенням норми висіву до 4,0–4,5 млн шт./га у більшості сортів спостерігалася тенденція до зниження чистої продуктивності фотосинтезу. Так у сортів Сонечко слобідське та Денвікське, ЧПФ зменшувалася відповідно до 3,80–3,87 г/м<sup>2</sup>·добу, що відображає зниження ефективності фотосинтезу із одиниці листової поверхні за умов загушення посівів.

У цілому результати таблиці підтверджують наявність сортових особливостей у формуванні фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу проса посівного, а також вказують важливість фактору норми висіву для формування високопродуктивного фітоценозу проса посівного при післяжнивному вирощуванні культури. Найбільш збалансоване поєднання значень фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу забезпечували сорти Миронівське 51 і Вітрило

за норми висіву 3,5–4,0 млн шт./га, що створило передумови для ефективної реалізації їх генетично зумовленого продукційного потенціалу.

Одним із впливових елементів структури врожаю є маса 1000 зерен. Цей показник має сортові ознаки та сильно змінюється залежно від умов у період дозрівання культури. Данні щодо впливу системи живлення на масу зерна представлено на рисунку 4.4.

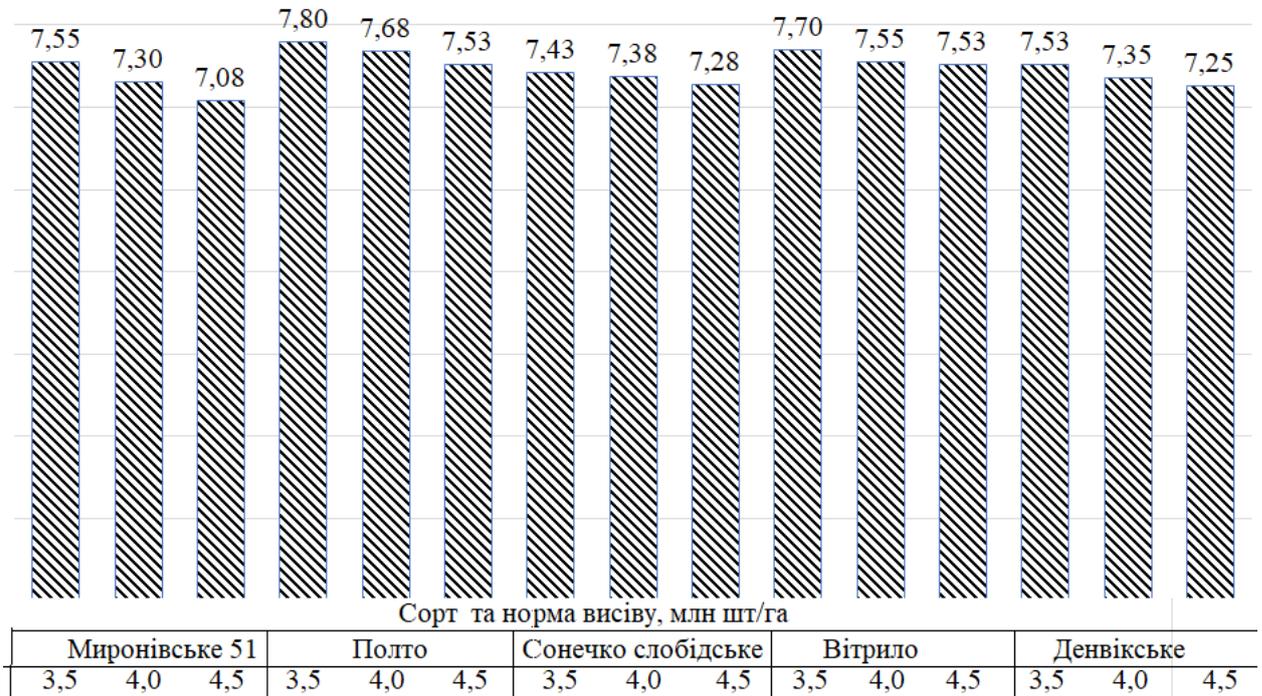


**Рис. 4.4** Маса 1000 зерен проса сорту Миронівське 51 за різних систем живлення, г

Виявлено позитивний вплив удобрення і збільшення маси 100 зерен із 7,37 на контролі до 7,77 г на максимальному фоні живлення. При цьому більш вираженим був вплив мінеральної складової системи живлення. Прибавки від підживлення були значно меншими а на максимальному фоні не проявилися. Так якщо від застосування норми мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> маса зерен зростала на 0,06 г, то при підвищенні фону до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> відповідно на 0,2 та 0,4 г. На зазначених фонах різниця із варіантом де було проведено підживлення Soil algae 5 л/га складала відповідно 0,05; 0,11 та 0,01.

Встановлено також і особливості генетично зумовленого сортового впливу при вирощуванні сортів із різною нормою висіву. Більшою масою

зерна вирізнявся сорт Полто, у якого в середньому по фактору маса 1000 шт. складала 7,67 г (рис. 4.5).



**Рис. 4.5.** Маса 1000 зерен сортів проса за різних норм висіву при післяжнивному вирощуванні, г

Близькими були і середні показники сорту Вітрило 7,59 г. Решта сортів характеризувалися меншою крупністю зерна. Різниця між найбільш віддаленими за цим показником сортами Полто та Денвіське складала 4,0%, або 0,29 г. Усі досліджувані сорти проявляли стійку динаміку до зменшення маси 1000 зерен при загущенні. У середньому по фактору при збільшенні норми висіву із 3,5 до 4,0 та 4,5 млн шт./га маса їх зменшувалася із 7,6 г до 7,45 та 7,33 г відповідно, що складає відповідно 3,25 та 4,81 %.

#### **Висновки по розділу 4:**

Підвищення рівня мінерального живлення проса посівного призводить до незначного подовження окремих фаз розвитку та збільшення варіабельності загального вегетаційного періоду від 1,91 до 2,36 діб, що може несуттєво впливає на гідротермічні умови вирощування.

У сортів Полто і Сонечко слобідське загальна тривалість вегетаційного періоду серед представлених сортів є найкоротшою, 74 доби, тоді як найдовший вегетаційний період відзначено у сорту Вітрило – 78 діб. Найбільш тривалими у сортів проса посівного є міжфазні періоди поява волоті – воскова стиглість та кущення поява волоті, які складають 31,5-33,8 та 28,4-31,6% вегетаційного періоду. Норма висіву несуттєво впливає на тривалість вегетаційного періоду, збільшення норми із 3,5 до 4,5 млн шт./га скорочує тривалість вегетації на 2-3 доби.

Оптимальною для формування життєздатного та продуктивного посіву проса в умовах післяжнивного вирощування є система живлення з внесенням  $N_{30}P_{20}$ , яка забезпечувала найкраще поєднання показників польової схожості, виживаності рослин і густоти продуктивного стеблостою. Підвищення норм мінерального живлення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  сприяє зниженню польової схожості 4,25-5,82 %, загальної виживаності рослин 5,77-7,49 %, що формує густоту продуктивного стеблостою 264–269 шт./м<sup>2</sup>. Застосування позакореневого підживлення препаратом Soil algae не забезпечує істотного покращення структури фітоценозу.

Виживаність рослин переважно залежить від біологічних особливостей сорту ніж від норми висіву в межах 3,5-4,5 млн шт./га. Максимальними показники виживаності встановлені у сорту Вітрило (92,9–93,6 %). Зі збільшенням норми висіву з 3,5 до 4,5 млн шт./га спостерігається зростання кількості продуктивних пагонів перед збиранням на 13,2 та 26,0%. Найбільшу густоту продуктивного стеблостою сформують посіви за норми висіву 4,5 млн шт./га. За максимальної норми висіву найвищу кількість продуктивних пагонів, за рахунок виживаності рослин, формують сорти Вітрило, 372 шт./м<sup>2</sup>, та Денвікське - 359 шт./м<sup>2</sup>.

Підвищення рівня мінерального живлення проса посівного у поєднанні з фоліарним застосуванням препарату Soil algae (5 л/га) сприяє інтенсифікації ростових процесів і формуванню потужнішої надземної маси рослин, що є передумовою зростання їх продуктивності.

За внесення мінеральних добрив  $N_{60}P_{40}$  спостерігається збільшення продуктивної кущистості на 5,05%, висоти рослин на 10,9% та сухої наземної маси на 39,8%. Підживлення Soil algae 5 л/га формує динаміку збільшення висоти рослин та збільшення сухої маси на 3,39%.

Підвищення норм мінерального живлення у поєднанні з підживленням органічним добривом Soil algae (5л/га) забезпечує формування більш розвиненої волоті та зростання індивідуальної зернової продуктивності рослин проса. Внесення мінеральних добрив  $N_{45}P_{30}$  та підвищення норми до  $N_{60}P_{40}$  супроводжується зростанням довжини волоті на 9,52 та 16,1%, щільності волоті на 41,2 та 43,6%, а маси зерна однієї волоті на 54,5 та 66,7%.

Підживленням органічним добривом Soil algae (5л/га) на фоні застосування  $N_{30}P_{20}$  забезпечує збільшення довжини волоті на 3,4%, щільності волоті на 8,7% та маси зерна однієї волоті на 13,6%. На підвищених фонах мінерального живлення вплив фоліарного застосування органічного добрива Soil algae (5л/га) на формування біометричних показників рослин проса різко зменшується.

Сортові особливості проса посівного в умовах післяжнивного вирощування визначають рівень кущистості, висоту рослин і накопичення сухої наземної маси рослин. Найвищі показники загальної та продуктивної кущистості формують сорти Полто та Вітрило.

Збільшення норми висіву з 3,5 до 4,5 млн шт./га у наслідок посилення внутрішньовидової конкуренції формує тенденцію до зниження кущистості, накопичення сухої маси та маси зерна з однієї рослини, частки зерна в біомасі й щільності волоті, при цьому висота рослин збільшується на 1,30 та 2,46 см.

Незалежно від сорту найбільш сприятливі показники індивідуальної зернової продуктивності формуються за норми висіву 3,5 млн шт./га. Для оптимізації елементів структури врожаю проса на рівні окремої рослини в умовах післяжнивного вирощування доцільно застосовувати помірні норми висіву з урахуванням сортових особливостей.

В умовах післяживного вирощування сорт проса Миронівське 51 формує найвищий фотосинтетичний потенціал, 4,0 млн м<sup>2</sup> за добу, за максимальної системи живлення - N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га, тоді як чиста продуктивність фотосинтезу досягає максимальних значень, 2,16 г/м<sup>2</sup> за добу, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га.

Найвищий фотосинтетичний потенціал формують сорти проса посівного Вітрило 1,99-2,01 та Миронівське 51 – 1,97-2,01 млн м<sup>2</sup> за добу. Рослини сорту Полто вирізняються вищою продуктивністю фотосинтезу 4,69-4,88 г/м<sup>2</sup> за добу.

## РОЗДІЛ 5

### УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПРОСА ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

#### 5.1. Урожайність проса в умовах післяжнивного вирощування

Урожайність і показники споживчих властивостей зерна, що формують продуктивність посівів, є основними критеріями, за якими характеризують та оцінюють господарську цінність сорту а також технологію його вирощування. Безумовно, що показники продуктивності зумовлені генетичними особливостями сорту проте суттєво залежать від ключових елементів технології вирощування, зокрема кількості продуктивних стебел на одиниці площі, індивідуальної продуктивності рослини як то кількості зерен у суцвітті та маси одного зерна та інших інтегрованих показників [21, 127].

Усі зазначені елементи перебувають у складних системних зв'язках та варіюють залежно від агротехнічних прийомів, біологічних особливостей сортів, ґрунтового-кліматичних і погодних умов місця вирощування, які в сукупності забезпечують формування врожаю належного рівня [64, 177].

Незважаючи на достатньо ґрунтовне вивчення процесів, загальних закономірностей і системних зав'язків формування основних елементів продуктивності проса посівного, слід зазначити, що наявні дані переважно стосуються традиційних строків вирощування, які до того ж істотно різняться між собою. В умовах виражених кліматичних змін зазначені елементи продуктивності потребують подальшого й поглибленого вивчення.

Післяжнивне вирощування проса посівного відбувається в специфічних агроекологічних умовах, які істотно відрізняються від основних строків сівби та мають помітний вплив на ріст, розвиток і продуктивність культури, що необхідно враховувати в технології вирощування [125].

Екстремальні температури повітря на початку, та їх пониження у другій половині вегетаційного періоду, пригнічують фізіолого-біохімічні

процеси в рослинах, що призводить до зміни міжфазних періодів та інтенсивності біологічних процесів, що було вказано у попередніх розділах.

Низькі нічні температури особливо негативно впливають на процеси наливу зерна, зумовлюючи зниження його маси й вирівняності. Збурюючим фактором є скорочення тривалості світлового дня, що є важливим чинником для проса як культури короткого дня. Скорочення фотоперіоду в умовах післяжнивного вирощування прискорює перехід рослин до генеративної фази розвитку, що впливає на формування вегетативної маси, кількості продуктивних стебел і, відповідно, потенційної врожайності. В таких умовах посіви повністю залежать від штучного вологозабезпечення, а нестача вологи призводить до зменшення кількості зерен у суцвітті та погіршення їхньої виповненості [124].

У сукупності зазначені чинники формують стресові умови для рослин проса посівного, що зумовлює необхідність ретельного добору сортів, оптимізації строків післяжвальної сівби та застосування адаптованих агротехнічних заходів для забезпечення стабільного рівня продуктивності [41].

У післяжвальної умовах вирощування, просо проявляє виражену реакцію на систему живлення. Помірний природній рівень родючості ґрунту, споживання елементів живлення попередньою культурою, зумовлювали найнижчу урожайність зерна, 1,81 т/га, отриману на контролі. Тому внесення першої дози добрив  $N_{30}P_{20}$  сприяло найбільшому підвищенню урожайності, на 0,54 т/га, що складало відносно контролю 28,9 %. Посилення системи живлення посівів включенням в схему позакореневого підживлення біопрепаратом Soil algae 5 л/га, забезпечило зростання урожайності, на 0,28 т/га, що складає 11,9% від рівня мінерального фону. Збільшення норми мінеральних добрив до  $N_{45}P_{30}$  достовірно позитивно вплинуло на урожайність зерна. Встановлено зростання відносно попереднього фону на 16,2 %, що становить 0,38 т/га (табл. 5.1).

**Урожайність післязнівного проса посівного сорту Миронівське 51  
залежно від системи живлення (середнє 2021...2025 рр.)**

Система живлення	Урожайність, т/га	Прибавки від		
		st	піджив лення	мінерального фону
Без добрив (st)	1,81	x		X
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	2,35	0,54	x	0,54
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	2,63	0,82	0,28	X
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	2,73	0,92	x	0,38
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	2,90	1,09	0,17	X
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	2,87	1,06	x	0,14
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	2,96	1,15	0,09	
НІР <sub>05</sub> , т/га		0,09		

При поєднанні такого рівня мінерального живлення та фоліарного підживлення Soil algae спостерігалось менше, проте статистично достовірне підвищення урожайності збільшення відбулося на 0,17 т/га, що відповідає 6,2 % до мінерального фону, що свідчить про динаміку зменшення ефективності біопрепарату за умов кращого забезпечення рослин елементами живлення, що спостерігається за рахунок реалізації вищих фонів мінерального живлення.

Подальше підвищення мінерального фону до максимального у досліді значення N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> забезпечило статистично достовірний приріст урожайності на рівні 0,14 т/га, та досягнення урожайністю найвищого рівня за умов запровадження мінерального фону 2,87 ц/га. Проте найвищий за абсолютними значеннями рівень врожайності у досліді був встановлений за

системи живлення, що складалася із основного внесення  $N_{60}P_{40}$  та проведення підживлення Soil algae 5 л/га. Однак прибавка врожаю в цьому випадку складала 0,9 ц/га, що є на рівні значення НІР<sub>05</sub> та не може бути визначена як математично достовірною на рівні точності 95%.

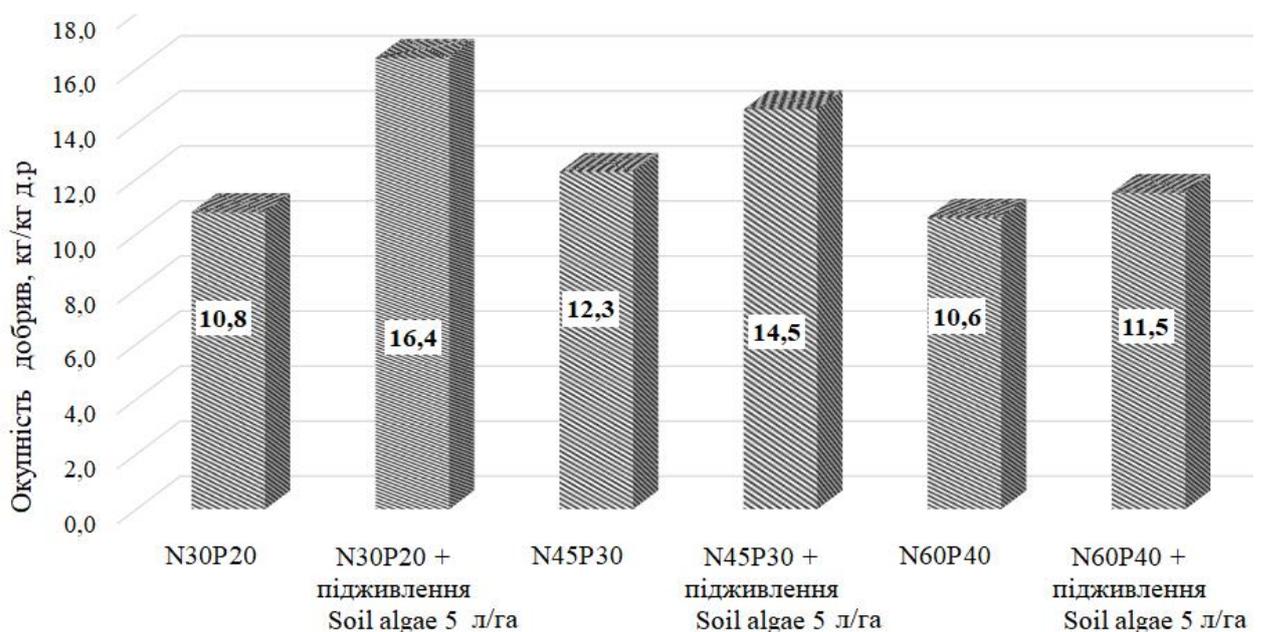
Урожайність зерна проса посівного демонструвала значні варіювання в роки досліджень, що було зумовлено складним системним комплексом впливу абіотичних, біотичних та технологічних факторів (Додаток Ж). В цілому по досліді у під впливом усіх зовнішніх чинників урожайність в середньому змінювалася на 0,45 т/га а коефіцієнт варіації складав 17.1% що може бути оцінено як слабка.

При оцінці факторів зумовлених погодними умовами, що склалися впродовж окремих років досліджень, встановлено, що система живлення при підвищенні її рівня сприяє посиленню варіабельності. Так, якщо на контролі стандартне відхилення в розрізі років складало 0,11 т/га що відповідає коефіцієнту варіації 5,98%, то на мінеральному фоні  $N_{30}P_{20}$  та за умови його підвищення до  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  стандартне відхилення збільшувалося до 0,22; 0,25 та 0,28 т/га, а коефіцієнт варіації до 9,51; 9,28 та 9,63%. Проведення фоліарного підживлення Soil algae 5 л/га на фоні внесення  $N_{30}P_{20}$  та  $N_{45}P_{30}$  підвищувало стандартне відхилення на 0,7 та 0,5 т/га а коефіцієнт варіації на 1,59 та 1,02 відсоткові пункти. Однак на максимальному мінеральному фоні таких змін не було виявлено.

Зростання стандартного відхилення та коефіцієнта варіації урожайності зерна на удобрених варіантах зумовлене посиленням реакції рослин на збільшення неоднорідності ґрунтово-кліматичних умов і диференціацією рослин за індивідуальною продуктивністю за таких обставин в посіві. До певного рівня підвищення агрофону спостерігається збільшення як середніх значень урожайності так і дисперсії, після чого настає стабілізація показників, що відповідає прояву дії закону оптимуму щодо фактору живлення.

Окупність добрив є одним із ключових показників інтегральної оцінки агрономічної ефективності сучасних технологій вирощування, оскільки відображає співвідношення між приростом урожаю та затратами діючої речовини. В умовах інтенсифікації землеробства вона характеризує раціональність системи живлення - доз, форм і строків внесення добрив, а також рівень адаптованості сорту до застосованого агрофону [17, 27]. Висока окупність добрив свідчить про економічну доцільність технології, ефективне використання поживних речовин рослинами, у тому числі про екологічну збалансованість агротехнічних заходів [116, 208]. Розрахунки свідчать про зменшення окупності як при зростанні фону мінерального живлення, так і на цих рівнях за умови проведення фоліарного підживлення Soil algae 5 л/га, що потребує визначення економічно доцільного рівня системи.

З метою оцінки ефективності використання мінеральних добрив як економічно затратного та потенційно екологічно небезпечного ресурсу здійснено розрахунок показників їх окупності, що дає змогу обґрунтувати доцільність застосування різних рівнів мінерального живлення (рис. 5.1).



**Рис. 5.1.** Окупність добрив урожаєм зерна проса посівного сорту Миронівське 51 при післяжнивному вирощуванні залежно від системи живлення, кг/кг д.р.

Отримані результати свідчать про нелінійний характер окупності мінеральних добрив залежно від рівня мінерального живлення проса посівного, що відповідає прояву закону Мінімуму оптимуму та максимуму. Підвищення мінерального фону з  $N_{30}P_{20}$  до  $N_{45}P_{30}$  супроводжувалося зростанням окупності добрив з 10,8 до 12,3 кг/кг д.р., що вказує на ефективну реалізацію внесених поживних елементів та відповідність даного рівня живлення фізіологічним потребам культури. Подальше підвищення фону до  $N_{60}P_{40}$  призводило до зниження окупності до 10,6 кг/кг д. р., тобто на 16 % відносно фону  $N_{45}P_{30}$ , що є результатом досягнення або перевищення оптимуму мінерального живлення.

Зменшення окупності на підвищених фонах пояснюється зростанням частки поживних речовин, які не трансформуються у приріст урожаю, на фоні дії лімітуючих факторів середовища, якими на нашу думку є тривалість вегетаційного періоду та динаміка температур. За таких умов ефективність використання додатково внесених елементів живлення знижується, що узгоджується з законом спадної віддачі та фізіологічної межі засвоєння елементів живлення рослинами.

Застосування позакореневого підживлення Soil algae у нормі 5 л/га на всіх фонах мінерального живлення забезпечило підвищення окупності добрив у межах 5,8–51,8 %, що свідчить про його позитивний вплив на інтенсифікацію обмінних процесів, підвищення доступності елементів живлення та ефективності їх засвоєння рослинами. Найбільший ефект від застосування біологічного препарату виявлено на низькому мінеральному фоні, де обмеженість елементів живлення компенсувалася ефектом позакореневого підживлення.

Водночас зі зростанням мінерального фону ефект від позакореневого підживлення поступово зменшувався, що вказує на зниження його відносної ефективності за умов достатнього або надлишкового мінерального живлення. За високих доз NPK регуляторна та мобілізуюча дія препарату частково

нівелюється, оскільки основні потреби культури в елементах живлення вже задоволені ґрунтовим запасом та основним удобренням.

Таким чином, отримані дані підтверджують, що найвищу агроекономічну доцільність мають помірні норми мінеральних добрив у поєднанні з біологічними позакореновими підживленнями, особливо за умов низького або середнього агрофону. Наші та інші дослідження свідчать, що такий підхід сприяє підвищенню коефіцієнта використання поживних речовин, зменшенню потенційних екологічних ризиків і формуванню ресурсозберігаючих технологій вирощування проса посівного [223, 241].

У сучасному зрошуваному землеробстві формування високої та стабільної врожайності проса значною мірою залежить від правильно підбраного сорту та обґрунтованої норми висіву. В умовах проміжного вирощування роль таких елементів технології стає ще вищою.

Саме від його біологічних та господарсько-цінних ознак залежить можливість отримання двох повноцінних урожаїв за один вегетаційний період. Особливого значення набувають скоростиглість і тривалість вегетації сорту, його здатність швидко проходити основні фази розвитку та ефективно використовувати теплові ресурси [5, 215].

Крім того, сорт має характеризуватися високою пластичністю та адаптивністю до змінних умов зволоження і температурного режиму, що є типовим для повторних посівів. Стійкість до біотичних та абіотичних стресових факторів також є необхідною умовою успішного застосування двохурожайних технологій, адже рослини зазнають підвищеного навантаження. Правильний добір сорту дозволяє максимально реалізувати потенціал культури, підвищити загальну продуктивність землеробства та економічну ефективність виробництва [184, 200].

Водночас норма висіву впливає на густоту стояння рослин, рівень їх конкуренції за вологу, поживні речовини та світло, що безпосередньо позначається на формуванні елементів структури врожаю. Оптимальне поєднання сорту проса та норми висіву є важливою умовою раціонального

використання ресурсів і підвищення продуктивності культури в конкретних умовах вирощування.

За результатами досліджень середня урожайність за фактором «сорт» у післяжнивних посівах коливалася в межах 2,25–2,61 т/га, що підтверджує визначальну його роль у формуванні продуктивності проса за умов двохурожайних технологій.

Середні значення врожайності проса посівного в післяжнивних посівах достовірно залежали від сортових особливостей (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Урожайність сортів проса в умовах післяжнивного вирощування залежно від норми висіву (середнє 2021-2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Урожайність, т/га	Середнє по сорту	Прибавка врожаю по фактору	
				А	В
Вітрило	3,5	2,75			
	4,0	2,46	2,61	0	-0,29
	4,5	2,29			-0,46
Денвікське	3,5	2,38			
	4,0	2,30	2,31	-0,30	-0,08
	4,5	2,25			-0,13
Миронівське 51	3,5	2,75			
	4,0	2,56	2,61		-0,19
	4,5	2,52			-0,23
Полто	3,5	2,54			
	4,0	2,49	2,45	-0,16	-0,05
	4,5	2,32			-0,22
Сонечко слобідське	3,5	2,29			
	4,0	2,23	2,25	-0,36	-0,06
	4,5	2,22			-0,07
<p>НІР<sub>05</sub>, т/га часткових відмінностей: А – 0,11; В=0,07; головних ефектів: А=0,06; В=0,03</p>					

Найвищу урожайність забезпечив сорт Миронівське 51, у якого цей показник становив 2,61 т/га, що відображає його високий адаптивний потенціал і придатність до умов повторних посівів.

Другою за рангом була врожайність у сорту Вітрило – 2,50 т/га, що також свідчить про його перспективність для післяжнивних технологій вирощування. Нижчі показники врожайності відмічена у сортів Денвікське (2,31 т/га) та Сонячне слобідське (2,25 т/га), що може бути пов'язано з меншою їх адаптацією до умов післяжнивного періоду або невідповідною динамікою формування елементів структури врожаю. Сорт Полто займав проміжне положення між цими групами сортів із середньою врожайністю 2,45 т/га.

Отримані результати досліджень свідчать про чітко виражену реакцію сортів проса на зміну норми висіву. Для більшості досліджуваних сортів простежується тенденція до зниження урожайності зерна зі збільшенням норми висіву з 3,5 до 4,5 млн схожих насінин на гектар. Найвищу урожайність – 2,75 т/га – сформували сорти Миронівське 51 та Вітрило за мінімальної норми висіву 3,5 млн шт./га.

Підвищення норми висіву до 4,0 та 4,5 млн шт./га зумовлювало зменшення врожайності відповідно на 0,19 та 0,23 т/га, що вказує на негативний вплив надмірної загущеності посівів і посилення внутрішньовидової конкуренції рослин за основні фактори росту. На рівні сорту Миронівське 51, за норми висіву 3,5 млн шт./га, знаходився і сорт Вітрило, який також забезпечував урожайність 2,75 т/га. Подальше збільшення густоти стояння рослин призводило до поступового зниження урожайності зерна.

Сорти Полто, Денвікське та Сонечко слобідське характеризувалися нижчим рівнем продуктивності. Їх урожайність під впливом норм висіву середньому коливалася в межах 2,25–2,45 т/га. Найнижчі агроекономічні показники встановлено у сорту Сонечко слобідське, урожайність якого становила 2,22–2,29 т/га.

Таким чином в середньому за роки досліджень оптимальною нормою висіву для найбільш продуктивних сортів проса Миронівське 51 та Вітрило є 3,5 млн схожих насінин/га, за якої забезпечується максимальна врожайність

зерна та проявляється найвищий рівень адаптивності до умов післяжнивного вирощування.

Генетично зумовлені сортові ознаки та фактори спричинені нормами висіву реалізуються в неоднакових умовах років, що спричиняє різну результативність (Додаток Е). В середньому по факторам А і В стандартне відхилення за досліджуваний період становило 0,3 т/га, а коефіцієнт варіації складав  $V = 12,2\%$ .

В більшості випадків загушення посівів, збільшенням норми висіву, супроводжувалося зменшенням стандартного відхилення на 0,09 та 0,14 т/га а коефіцієнту варіації на 3,16 та 4,78 відсоткові пункти. Це є свідченням, що загушення посилює конкуренцію, однорідність рослинного покриву, що має наслідком вирівнювання умов росту та однакової реакції рослин. Також вищим варіювання було у більш врожайного сорту Миронівське 51. У середньому у цього сорту стандартне відхилення складало 0,32 т/га а коефіцієнт кореляції досягав 12,3%. Найбільш стабільним був сорт Вітрило де ці показники складали відповідно 0,21 т/га та 8,13%.

Поряд із оцінкою рівня врожайності сорту важливе наукове значення має вивчення норм його реакції на коливання умов вирощування, що дає змогу охарактеризувати динамічну стійкість генотипу до мінливості екологічних факторів. Сорти, які за оптимальних агроекологічних умов упродовж років досліджень забезпечують формування найвищого рівня врожайності серед досліджуваного переліку, відносять до інтенсивного типу.

Пластичними вважають сорти, що характеризуються високими середніми показниками врожайності в різних умовах, тоді як стабільні сорти відзначаються незначною амплітудою коливань між максимальними та мінімальними значеннями врожайності за роки досліджень [116].

Для оцінки адаптивного потенціалу сортів проса посівного в екстремальних умовах вирощування проведений аналіз їх адаптивності та генетичної здатності до стабільного прояву ознак, що є вирішальною властивістю для успішної реалізації потенціалу врожайності [12, 116].

Для аналізу були взяті данні за норми висіву 3,5 млн шт./га як такі що забезпечували вищу середню врожайність (тал. 5.3).

Таблиця 5.3

**Екологічна пластичність сортів проса в післяжнивних посівах  
впродовж років за норми висіву 3,5 млн шт./га.**

Сорти	Урожайність в роки					Ефект генотипу, т/га	Розмах варіації, т/га	Коефіцієнт варіації, V, %	Гомеостатичність, Ном	Коефіцієнт агростабільності, As, %
	I	II	III	IV	сер					
Вітрило	2,56	2,36	2,99	3,09	2,75	0,21	0,73	12,6	7,92	87,4
Денвікське	2,49	2,32	1,91	2,8	2,38	-0,16	0,89	15,6	6,41	84,4
Миронівське	3,11	2,82	2,15	2,92	2,75	0,21	0,96	15,2	6,58	84,8
Полто	2,64	2,45	2,23	2,84	2,54	0,00	0,61	10,3	9,74	89,7
Сонечко слобідське	2,64	2,44	1,9	2,18	2,29	-0,25	0,74	14,0	7,13	86,0
Середнє	2,69	2,48	2,24	2,77	2,54		0,53	9,34		

Як свідчать наші дослідження вищий ефект генотипу забезпечував сорт Миронівське 51. Встановлені істотні відмінності між сортами проса посівного за параметрами адаптивності, що зумовлено генотиповими особливостями та їх реакцією на мінливі умови вирощування.

Ефект генотипу, як показник переваги урожайності сорту над середнім значенням, варіював у межах від  $-0,25$  до  $+0,21$  т/га. Позитивний ефект генотипу виявлено у сортів Миронівське 51 та Вітрило ( $+0,21$  т/га), що свідчить про їхню здатність формувати врожайність вище середнього рівня за умов, що склалися під час дослідів. Сорти Сонечко слобідське та Денвікське характеризувалися від'ємним ефектом генотипу, що вказує на

нижчий рівень потенціалу врожайності. Проміжне положення займав сорт Полто,

Розмах варіації врожайності в даний проміжок років становив від 0,61 до 0,96 т/га. Найменший розмах варіації зафіксовано у сорту Полто, що свідчить про його відносну вирівняність за роками досліджень. Найбільша амплітуда коливань урожайності була притаманна найбільш врожайному сорту Миронівське, що може бути проявом підвищеної чутливості його до змін умов середовища.

Коефіцієнт варіації врожайності був межах низької мінливості. Найнижчим значенням цього показника, 10,3 %, відзначався сорт Полто, що вказує на високу стабільність формування врожаю. Вищі значення цього показника, 15,6 %, у сортів Денвікське та Миронівське (15,2 %), що свідчить про більшу мінливість урожайності.

Для оцінки стабільності сортів проса визначався показник гомеостатичності (Ном), який характеризує відповідність генотипу умовам вирощування [150]. Його значення коливалося в межах 6,41–9,74. Найвищу гомеостатичність, 9,74 одиниць, виявлено у сорту Полто, що характеризує його як генотип із високою здатністю підтримувати стабільний рівень урожайності за змінних умов середовища. Найнижчі значення Ном, 6,41 одиниць, були зафіксовані у сорту Денвікське, що свідчить про знижену стійкість до екологічних коливань післяжнивного періоду.

Коефіцієнт агростабільності (As), як показник господарської привабливості сорту, змінювався від 84,4 до 89,7 %. Максимальне значення цього показника 89,7 %, а відповідно привабливості об'єкту, відзначено у сорту Полто. Це узагальнено підтверджує його високу адаптивність і стабільність у різних умовах вирощування. Відносно нижчий рівень агростабільності встановлено у сортів Денвікське та Миронівське.

За отриманими результатами сорт Полто вирізнявся оптимальним поєднанням низької мінливості врожайності, високої гомеостатичності та агростабільності, що дає підстави віднести його до стабільних і широко

адаптованих генотипів. Сорти Миронівське та Вітрило доцільно віднести до сортів більш інтенсивного типу, здатного реалізовувати підвищений потенціал урожайності за сприятливих умов вирощування.

Результати досліджень указують на істотні відмінності між сортами проса за ознаками, що характеризують екологічну стабільність в умовах післяжнивного вирощування (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Екологічна стабільність сортів проса в післяжнивних посівах за різних норм висіву за ознакою урожайності зерна.**

Сорти	Ефект генотипу, т/га	Розмах варіації, т/га	Коефіцієнт варіації, V, %	Гомеостатичність, Ном	Коефіцієнт агростабільності, As, %
Вітрило	0,08	0,46	9,30	10,7	90,7
Денвікське	-0,11	0,13	2,84	35,2	97,2
Миронівське 51	0,19	0,23	4,71	21,2	95,3
Полто	0,03	0,22	4,71	21,2	95,3
Сонечко слобідське	-0,18	0,07	1,69	59,3	98,3
Середнє		0,222	4,61	21,7	95,4

Виявлено позитивний ефект генотипу у сортів Миронівське 51, 0,19 т/га, та Вітрило, 0,08 т/га, що вказує на їх здатність формувати урожайність вищу за середню у визначених межах загущення. Натомість у сортів Сонечко слобідське та Денвікське ефект генотипу був від'ємним, відповідно – 0,18 та – 0,11 т/га, що свідчить про нижчий рівень реалізації продуктивного потенціалу при коливанні густоти посівів.

Розмах варіації за показником урожайності коливався від 0,07 т/га у сорту Сонечко слобідське до 0,46 т/га у сорту Вітрило, що відображає різну реакцію сортів на зміну умов середовища. Найменшу мінливість зафіксовано

у сортів Сонечко слобідське та Денвікське, що підтверджується низькими значеннями коефіцієнта варіації – 1,69 % та 2,84 % відповідно. Найвищий коефіцієнт варіації, 9,30 %, був виявлений у сорту Вітрило, що дозволяє його характеризувати як більш пластичний, але менш стабільний та чутливий до умов вирощування.

Здатність генотипів забезпечувати низьку варіабельність ознаки за різних умов є критерієм гомеостатичності. Тісний зв'язок гомеостатичності з коефіцієнтом варіації чітко відображає стабільність ознаки в мінливих умовах вирощування за різної щільності фітоценозу. Показник гомеостатичності (Ном) досягав найвищих значень у сорту Сонечко слобідське (59,3), що вказує на високу здатність підтримувати стабільний рівень урожайності за різних умов загущення. Досить високі значення Ном, 35,2 одиниць, виявлено у сорту Денвікське. Водночас сорти Миронівське та Полта мали нижчі показники гомеостатичності (21,2), а найменше значення цього показника зафіксовано у сорту Вітрило - 10,7 одиниць.

Коефіцієнт агростабільності (As) у досліді був високим у всіх сортів Він коливався у розрізі фактору в межах 90,7–98,3 %, що свідчить про загалом добру їх пристосованість до такого діапазону загущення в умовах післяжнивних посівів. Найвищий рівень агростабільності, 98,3 %, забезпечив сорт Сонечко слобідське, тоді як найнижчий, 90,7 %, – сорт Вітрило. Середній рівень коефіцієнту агростабільності сортів проса, 95,4 %, підтверджує достатню їх екологічну стабільність в умовах загущення з діапазоном норм висіву 3,5-4,5 млн шт./га.

Сорти проса в умовах післяжнивного вирощування суттєво різняться за адаптивним потенціалом в фітоценозах різної щільності. Сорт Вітрило вирізнявся високою пластичністю та позитивним ефектом генотипу, тоді як Сонечко слобідське та Денвікське характеризувалися підвищеною гомеостатичністю та стабільністю їх урожайності.

Ефективним методом оцінки пластичності та стабільності сортів у визначених ґрунтово-кліматичних умовах є аналіз урожаю зерна ряду

мінливих за гідротермічними умовами років за методикою S. A. Eberhart, W. A. Russel, що дозволяє встановити параметри екологічної пластичності і стабільності сортів за ознакою «врожайність» [185].

За зазначеною методикою були розраховані показники пластичності ( $b_i$ ) і варіанси стабільності ( $S^2d_i$ ) (табл. 5.5).

Таблиця 5.6.

**Адаптивна здатність сортів проса посівного в умовах післяжнивного вирощування.**

Сорт	Пластичність, $b_i$	Стабільність, $S^2d_i$	Гомеостатичність, Ном	Адаптивна характеристика
Вітрило	1,41	0,021	2,74	Інтенсивного типу
Денвікське	0,94	0,028	2,46	Пластичний, стабільний
Миронівське 51	0,96	0,019	3,63	Пластичний, високостабільний
Полто	0,79	0,011	3,44	Екстенсивний, стабільний
Сонечко слобідське	0,90	0,033	2,11	Менш стабільний

Коефіцієнт екологічної пластичності  $b_i$  у сорту Миронівське становив 0,96, що наближається до одиниці та свідчить про добру збалансовану реакцію на умови середовища. Низьке значення дисперсії стабільності та відносно високий показник гомеостатичності (Ном = 3,63) дозволяють віднести цей сорт до пластичних і високостабільних.

Сорт Денвікське набував коефіцієнту пластичності 0,94, мав помірну дисперсію стабільності (0,028) та гомеостатичність 2,46, що дозволяє віднести його до пластичних і стабільних сортів.

Сорт Полто характеризувався коефіцієнтом пластичності 0,79, що свідчить про його екстенсивний тип, що поєднується з високою стабільністю

продуктивності. Сорт Вітрило вирізнявся високим коефіцієнтом пластичності ( $b_i = 1,41$ ), що дозволяє його віднести до сортів інтенсивного типу, здатних значно підвищувати урожайність за сприятливих умов, однак зі зниженням стабільності порівняно з більш гомеостатичними генотипами. Сорт Сонечко слобідське має найвище значення дисперсії стабільності (0,033), що вказує на підвищену чутливість до змін умов середовища та обумовлює його характеристику як менш стабільного.

Таким чином, аналіз демонструє істотні відмінності сортів проса за адаптивним потенціалом Сорт Миронівське поєднує високу урожайність і стабільність, Вітрило належить до інтенсивного типу, тоді як Полто та Денвікське відзначаються стабільною продуктивністю за різних умов вирощування.

Для оцінки впливу окремих агротехнологічних показників як факторів формування урожайності та встановлення зв'язків між ними був застосований кореляційний аналіз (табл. 5.)

**Таблиця 5.7**

**Матриця парних кореляційних зав'язків показників проса Миронівське 51 при післяжнивному вирощуванні на різних системах живлення**

Показники	1	2	3	4	5
1) Довжина волоті, см					
2) Маса зерна однієї волоті, г	0,972				
3) Щільність волоті, г/дм	0,945	0,995			
4) Маса 1000 шт, г	0,972	0,929	0,896		
5) Кількість рослин перед збиранням, шт	-0,589	-0,578	-0,560	-0,739	
6) Урожайність	0,952	0,986	0,985	0,874	-0,437

Аналіз ознак проса свідчить про тісний кореляційний зв'язок урожайності із такими ознаками рослин як довжина волоті, маса зерна однієї

волоті, та щільність волоті. Кореляційний зв'язок із цими показниками коливався в межах  $R= 0,952-0,986$ . Високим також був коефіцієнт кореляції із масою 100 зерен  $R= 0,874$ . Це підтверджує, що посилення системи живлення підвищує урожайність саме за рахунок зазначених ознак. В той же час зв'язок із кількістю рослин перед збиранням був зворотнім на рівні  $R= -0,437$ , що свідчить про незначний вплив системи удобрення на виживання рослин.

Сортові особливості та ознаки у сукупності із реакцією сортів на загушення мали специфічний прояв впливу на урожайність культури (табл. 5.8)

Таблиця 5.8

**Матриця парних кореляційних зав'язків показників сортів проса при післяжнивному вирощуванні за різних норм висіву**

Показники	1	2	3	4	5
1) Довжина волоті, см					
2) Маса зерна однієї волоті, г	0,600				
3) Щільність волоті, г/дм	0,477	0,953			
4) Маса 1000 шт, г	-0,007	0,467	0,390		
5) Кількість рослин перед збиранням, шт	-0,627	-0,804	-0,746	-0,437	
б) Урожайність	0,150	0,750	0,732	0,408	-0,298

Найбільш тісний кореляційний зв'язок встановлено із такими показниками як маса зерна однієї волоті та щільність волоті, де коефіцієнт був високим та коливався в межах  $R=0,73-0,953$ . Тіснота зв'язку урожайності і маси 1000 зерен проявлялася на середньому рівні  $R= 0,48$ .

На відміні від попереднього дослідження, встановлено відсутність прояву зв'язку із довжиною волоті, що можливо зумовлено сортовими особливостями щодо її морфологічних ознак, оскільки форма волоті є сортовою особливістю.

## 5.2. Технологічні властивості зерна проса посівного

Зерно проса посівного може мати харчове, кормове та технічне використання, а технічні вимоги до його якості регулюються вимогами ДСТУ 5026 : 2008 [2]. Якість зерна проса є одним із ключових показників, що визначає його харчову цінність, а також придатність до переробки, тощо. Високоякісне зерно проса характеризується оптимальними фізичними, хімічними та технологічними властивостями, які формуються під впливом сорту, ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки та післязбиральної обробки [55].

Досліджені фони живлення, покращуючи забезпеченість рослин елементами живлення, мали системний вплив не тільки на урожайність а і якість зерна. Оцінка окремих таких показників свідчить про стійке підвищення вмісту білка за покращення забезпечення посівів поживою на фонах мінерального живлення (табл. 5.9).

Таблиця 5.9.

### Показники якості зерна проса посівного залежно від фону живлення за післязбирального вирощування, за (2021...2025 рр.)

Фону живлення	Вміст білка, %	Плівчастість зерна, %	Вихід крупи, %
Без добрив	11,4	18,9	72,9
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	12,5	17,9	74,3
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> +Soil algae 5 л/га	12,7	17,8	74,7
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	12,7	17,5	74,1
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> +Soil algae 5 л/га	12,8	17,3	74,7
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	13,0	17,2	75,3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> +Soil algae 5 л/га	13,2	17,1	75,5
НІР <sub>05</sub>	0,11	0,24	0,76

Застосування мінеральних добрив порівняно з контролем (без добрив) істотно поліпшувало такий важливий показник якості зерна як вміст білка. Якщо на неудобреному фоні зерно містило його 11,4 %, то за внесення мінерального фону  $N_{30}P_{20}$  показник зростав на 1,1 відсотковий пункт, а за підвищення дози добрив до  $N_{60}P_{40}$  на 1,6 пункти до 13,0 %. Таким чином вміст білка при підвищенні фону мінерального живлення стабільно зростав, що є підтвердженим фактом серед багатьох зернових культур [57, 214, 236].

Поєднання мінерального живлення з препаратом Soil algae (5 л/га) сприяло деякому зростанню вмісту білка, максимальне значення якого, 13,2 %, встановлено на максимальному мінеральному фоні  $N_{60}P_{40}$ . Плівчастість зерна проса мала динаміку до зменшувалася зі зростанням рівня мінерального живлення. Якщо на контролі цей показник становив 18,9 %, то за внесення  $N_{30}P_{20}$  він знижувався на 1,0 відсотковий пункт а за норм внесення  $N_{45}P_{30}$  та  $N_{60}P_{40}$  на 1,4 та 1,7 пункти відповідно. Враховуючи значення  $HP_{05}$  (0,24 %), більшість відмінностей між варіантами є статистично достовірними.

Додаткове покращення живлення рослин фоліарним застосуванням Soil algae (5 л/га) забезпечувало менш виражене зменшення плівчастості на 0,1-0,2 відсоткові пункти, проте такі коливання не перевищують значення  $HP_{05}$  навіть на контрастних фонах мінерального живлення.

Важливий технологічний показник – вихід крупи зростав у міру посилення живлення рослин. Мінімальне значення цього показника, 72,9 %, виявлено на контролі. На мінеральному фоні  $N_{30}P_{20}$  вихід зростав на 1,8, а за  $N_{45}P_{30}$  на 1,2 відсоткових пункти. Проте найвищий вихід крупи, 75,3 % було встановлено на максимальному мінеральному фоні  $N_{60}P_{40}$ , де перевищення контролю сягало 2,4%.

Проведення фоліарного підживлення Soil algae сприяло збільшенню виходу крупи на 0,2-0,6 відсоткових пунктів, що не перевищує значення статистичної похибки. Однак найвищі значення виходу крупи, 75,5 %, забезпечило поєднання підвищеного фону мінерального живлення з

позакореневим підживлення  $N_{60}P_{40} + \text{Soil algae}$  5 л/га. Різниця між контролем і удобреними варіантами перевищує  $НР_{05}$  (0,76 %), що свідчить про істотний вплив досліджуваних чинників.

Як свідчать результати, підвищення рівня мінерального живлення та фоліарне використання біологічного препарату *Soil algae* (5 л/га) позитивно впливали на технологічні властивості зерна проса, сприяючи збільшенню вмісту білка і виходу крупи та зменшенню плівчастості, що є важливим у випадку круп'яного використання культури.

У сучасних технологіях сорт є одним із визначальних чинників формування якості зерна сільськогосподарських культур. Генетично зумовлені особливості сорту визначають інтенсивність накопичення білка, співвідношення структурних елементів зернівки, плівчастість, вирівняність та інші технологічні показники [167]. Навіть за однакових умов вирощування різні сорти здатні істотно відрізнитися за показниками якості зерна, що свідчить про визначальну роль генотипу у формуванні його хімічного складу та технологічних властивостей [43, 115]. Тому врахування сортових особливостей є необхідною умовою отримання зерна з прогнозованими якісними характеристиками та підвищення ефективності його використання.

Аналіз отриманих результатів, (табл. 5.10), свідчить що сортові особливості істотно впливали на формування якісних показників зерна. У розрізі представленого сортового складу найвищий вміст білка виявлено у сортів Вітрило із середнім значенням 13,0% та варіюванням щодо норм висіву від 13,0 до 13,1 %, та Полто, 12,9% із коливанням вмісту білка від 12,8 до 13,0 %. Показники щодо інших сортів були меншими, у середньому по фактору 11,2% для сорту Миронівське 51, та 11,7% для сорту Денвікське. Це підтверджує визначальну роль генотипу у формуванні білковості зерна та переваги сортів Вітрило, Полто та Сонечко слобідське порівняно із сортами Миронівське 51 та Денвікське.

Таблиця 5.10

**Якісні показники зерна сортів проса посівного залежно від норми висіву.**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Вміст білка,%	Плівчастість зерна, %	Вихід круп, %
Вітрило	3,5	13,0	18,1	76,0
	4	13,0	18,3	75,9
	4,5	13,1	18,3	75,6
Денвікське	3,5	11,7	18,3	76,8
	4	11,7	18,5	76,2
	4,5	11,6	18,6	75,1
Миронівське 51	3,5	11,2	17,8	77,0
	4	11,2	17,8	76,7
	4,5	11,1	18,0	76,3
Полто	3,5	12,8	16,8	76,9
	4	13,0	16,9	76,4
	4,5	12,9	17,0	76,0
Сонечко слобідське	3,5	12,9	16,4	76,9
	4	12,9	16,6	76,2
	4,5	12,7	16,8	75,8
НІР <sub>05</sub> часткових відмінностей: А		0,15	0,24	0,83
В		0,17	0,19	0,99
середніх ефектів: А		0,09	0,14	0,48
В		0,07	0,09	0,44

Плівчастість зерна також визначалася генетично зумовленими сортовими особливостями. Найменші середні по фактору значення цього показника зафіксовано у сортів Сонечко слобідське 16,6%, та Полто 16,9% що є сприятливим для круп'яного використання цих сортів. Водночас сорти

Вітрило і Денвікське у післяжнивних посівах характеризувалися підвищеною плівчастістю відповідно 18,2 та 18,4% у середньому за досліджуваних нормах висіву.

Зміна норми висіву в межах 3,5–4,5 млн шт./га мала менш виражений вплив на якість зерна, ніж сортові особливості. При загущенні посівів, у наслідок збільшення норми висіву, спостерігалось епізодично достовірне зниження вмісту білка, виходу крупи та підвищення плівчастості зерна. Така динаміка змін проявляється у всіх досліджуваних сортів. При цьому більш вираженою була відмінність між крайніми градаціями норм висіву, 3,5 та 4,5 млн шт./га.

Плівчастість зерна була найменшою за норми висіву 3,3 млн шт./га та зростала в середньому по досліді на 0,2 відсоткові пункти при встановленні найвищої норми висіву, що є більшим за відповідне значення НІР<sub>05</sub>.

Вихід крупи був найвищим за мінімальної норми висіву (3,5 млн шт./га) і поступово зменшувався зі збільшенням густоти посіву. Максимальні значення цього показника, 77,0 %, виявлено у сорту Миронівське 51 а також у сортів Полто і Сонечко слобідське - 76,9 %. У середньому при збільшенні норми висіву із 3,5 до 4,0 та 4,5 млн шт./га вихід крупи знижувався у середньому на 0,4 та 0,6 відсоткових пунктів, що є вищим за значення НІР<sub>05</sub>.

Отримані результати свідчать, що в умовах післяжнивного вирощування сорт є провідним чинником формування якості зерна проса, тоді як норма висіву виступає регулюючим фактором, вплив якого проявляється у зміні окремих показників у межах сортового потенціалу та умов року.

### **Висновки по розділу 5:**

Рівень урожайності проса посівного при післяжнивному вирощуванні під впливом метеорологічних умов вегетаційного періоду та системи живлення варіює у діапазоні: від 1,81 до 2,96 т/га. Представлені середньостиглі та середньопізні сорти проса посівного вітчизняної селекції,

залежно від норми висіву, в післяжнивних умовах вирощування забезпечують урожайність зерна 2,25-2,75 т/га.

Оптимальні значення урожайності проса посівного при післяжнивному вирощуванні, 2,9 т/га, формуються при запровадженні системи живлення що включає передпосівне внесення мінеральних добрив  $N_{45}P_{30}$  та проведення фоліарного підживлення Soil algae 5 л/га у фазу 27-29 ВВСН. Подальше посилення фону живлення не забезпечує достовірне підвищення урожайності зерна.

На фоні внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{20}$  + Soil algae 5 л/га посіви проса забезпечують максимальну окупність мінеральних добрив – 16,4 кг/кг д.р. За системи живлення  $N_{45}P_{30}$  + підживлення посівів Soil algae 5 л/га у фазу 27-29 ВВСН окупність добрив зменшується на 11,6% до 14,5 кг/кг д.р.

Сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га забезпечують урожайність зерна 2,75 т/га, що на 7,64-16,7% більше ніж інші представлені сорти. Збільшення норми висіву у до 4,0 та 4,5 млн шт./га супроводжується зменшенням урожайності на 0,19 та 0,23 т/га.

В умовах післяжнивного вирощування за показником гомеостатичності (Ном), вищою відповідністю генотипу умовам вирощування вирізняються сорти проса посівного Полто 9,74 та Вітрило 7,92. Їх коефіцієнт агростабільності складав відповідно 89,7 та 87,4%. Сорт Полто вирізняється оптимальним поєднанням низької мінливості врожайності, високої гомеостатичності та агростабільності, що дає підстави віднести його до стабільних і широко адаптованих генотипів. Сорти Миронівське та Вітрило доцільно віднести до сортів більш інтенсивного типу, здатного реалізовувати підвищений потенціал урожайності за сприятливих умов вирощування.

У післяжнивних посівах сорт Вітрило вирізнявся високою пластичністю та позитивним ефектом генотипу на загущення посівів через збільшення норми висіву, тоді як Сонечко слобідське та Денвікське характеризувалися підвищеною гомеостатичністю та стабільністю їх урожайності.

За оцінкою адаптивної здатності в умовах післяжнивного вирощування сорт Миронівське 51 належить до пластичних високостабільних а сорт Вітрило до сортів інтенсивного типу.

Оптимізація системи живлення внесенням підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні з позакореневим підживленням Soil algae, забезпечує істотне поліпшення якісних показників зерна проса, що підвищує його харчову та технологічну цінність. Відбувається достовірне підвищення вмісту білка в зерні на 1,1–1,8 відсоткові пункти, виходу крупи на 1,4-2,6 пункти та зниження плівчастості зерна на 1,0-1,8 пункти.

В умовах післяжнивного вирощування вищим вмістом білка, у середньому 13,0 та 12,9%, характеризуються сорти Вітрило та Полто, меншою плівчастістю зерна сорти Сонечко слобідське 16,6%, та Полто 16,9%, а вищим виходом крупи сорти Миронівське 51 (77,0%), Полто та Сонечко слобідське - 76,9 %. Збільшення норми висіву виступало періодично достовірним фактором, зумовлюючи незначне зниження вмісту білка, виходу крупи та підвищення плівчастості зерна.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

#### **6.1. Економічна ефективність проса в умовах післяжнивного вирощування**

У сучасних умовах рослинництво функціонує як товарне виробництво в середовищі зростаючої конкуренції, обмеженості ресурсів та постійних ринкових коливань. Запровадження нових технологій є важливим чинником підвищення ефективності та стійкості виробництва. Проте технологічні інновації потребують значних фінансових вкладень, що зумовлює необхідність їх економічної оцінки [60]. Це дозволяє обґрунтувати доцільність застосування певних агротехнічних заходів, співставити рівень витрат і очікуваних результатів, оцінити ефективність використання ресурсів. Завдяки такому аналізу мінімізуються ризики, підвищується рентабельність виробництва та забезпечується стабільний інноваційний розвиток [45, 136].

Досліджувані фактори у представлених градаціях потребували неоднакових витрат, мали вплив на урожайність культури що позначилося на економічних показниках виробництва зерна. Реалізація системи живлення потребувала ресурсів, витрат на їх внесення та супутніх розходів. Тому контрольний варіант без внесення добрив характеризувався найнижчими виробничими витратами, 20,0 тис. грн/га, які істотно зростали при посиленні системи мінерального живлення. Так на фоні внесення  $N_{30}P_{20}$  й підвищенні до  $N_{45}P_{30}$  та максимального рівня  $N_{60}P_{40}$  виробничі витрати зростали на 2,0; 4,0 та 7,9 тис. грн/га (табл. 6.1).

Таблиця 6.1.

**Економічна ефективність вирощування післяжнивного проса сорту Миронівське 51 за різних системи живлення. (середнє за 2021...2025 рр)**

Система живлення	Виробничі витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %	Собіварість тис. грн/т
Без добрив (контроль)	20,0	23,2	3,20	16,0	11,1
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	24,0	30,1	6,10	25,4	10,2
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	25,1	33,7	8,60	34,3	9,5
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	26,0	34,9	8,90	34,2	9,52
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	27,1	37,1	10,00	36,9	9,34
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	27,9	36,7	8,80	31,5	9,7
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	29,0	37,9	8,90	30,7	9,8

Однак таке зростання є доцільним, оскільки компенсувалося підвищенням вартості валової продукції. Проведення на мінеральних фонах фоліарного внесення органічного добрива Soil algae у нормі 5 л/га потребувало менших витрат, 1,1 тис. грн/га, що також позитивно позначилося на вартості валової продукції. У наслідок цей показник зростав із 23,2 тис. грн/га на контролі на 6,9 тис. грн/га на мінеральному фоні N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>, та на 11,7 й 13,5 тис. грн/га при підвищенні його до N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>. Включення в систему живлення фоліарного внесення органічного добрива Soil algae у нормі 5 л/га

забезпечувало зростання вартості валової продукції відповідно на 3,6; 2,2 та 1,2 тис. грн/га. Тобто відбувалося зменшення приросту валового прибутку при підвищенні фону мінерального живлення. Найбільшим даний показник був на варіанті поєднання мінерального фону та підживлення  $N_{60}P_{40}$  + підживлення Soil algae (5 л/га), де він складав 37,9 тис. грн/га. Різна динаміка змін виробничих витрат та вартості валової продукції зумовлювала формування наступного обсягу умовно чистого прибутку. Він зростав із 3,2 тис. грн/га на контролі в 1,91 рази на фоні внесення  $N_{30}P_{20}$  та в 2,78 й 2,75 рази при відповідному його підвищенні. За рахунок підживлення посівів Soil algae 5 л/га умовно чистий прибуток відповідно зростав на 41,1 %; 12,4% та на максимальному мінеральному фоні  $N_{60}P_{40}$  лише на 1,1%. Тому найвищий умовно чистий прибуток було отримано за системи живлення, яка складалася із  $N_{45}P_{30}$  + підживлення Soil algae 5 л/га, де він складав 10,0 тис. грн/га.

Вирощування у післяжнивних посівах проса посівного на природньому рівні родючості ґрунту супроводжувалося найнижчим рівнем рентабельності – 16,0 %, що поєднувалося з найвищою собівартістю продукції в 11,1 тис. грн/т. Це свідчить про недоцільність екстенсивних елементів у таких інтенсивних за змістом технологіях. Обмежена наявними елементами живлення продуктивність культури погано компенсує навіть відносно низькі виробничі витрати.

Внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{30}P_{20}$  забезпечувало як істотне підвищення рівня рентабельності на 9,4 відсоткових пункти так і зниження собівартості продукції на 0,9 тис. грн/т.

Поєднання фону  $N_{30}P_{20}$  з підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га сприяло подальшому зростанню економічної ефективності: рівень рентабельності підвищувався на 8,4 відсоткові пункти, а собівартість знижувалася на 1,6 тис. грн/т. Це свідчить про позитивний ефект від комбінування мінерального та орнаїчного живлення.

Аналогічні показники отримано на фоні  $N_{45}P_{30}$ , де рівень рентабельності зріс на 8,2 відсоткові пункти та становив 34,2 % а собівартість

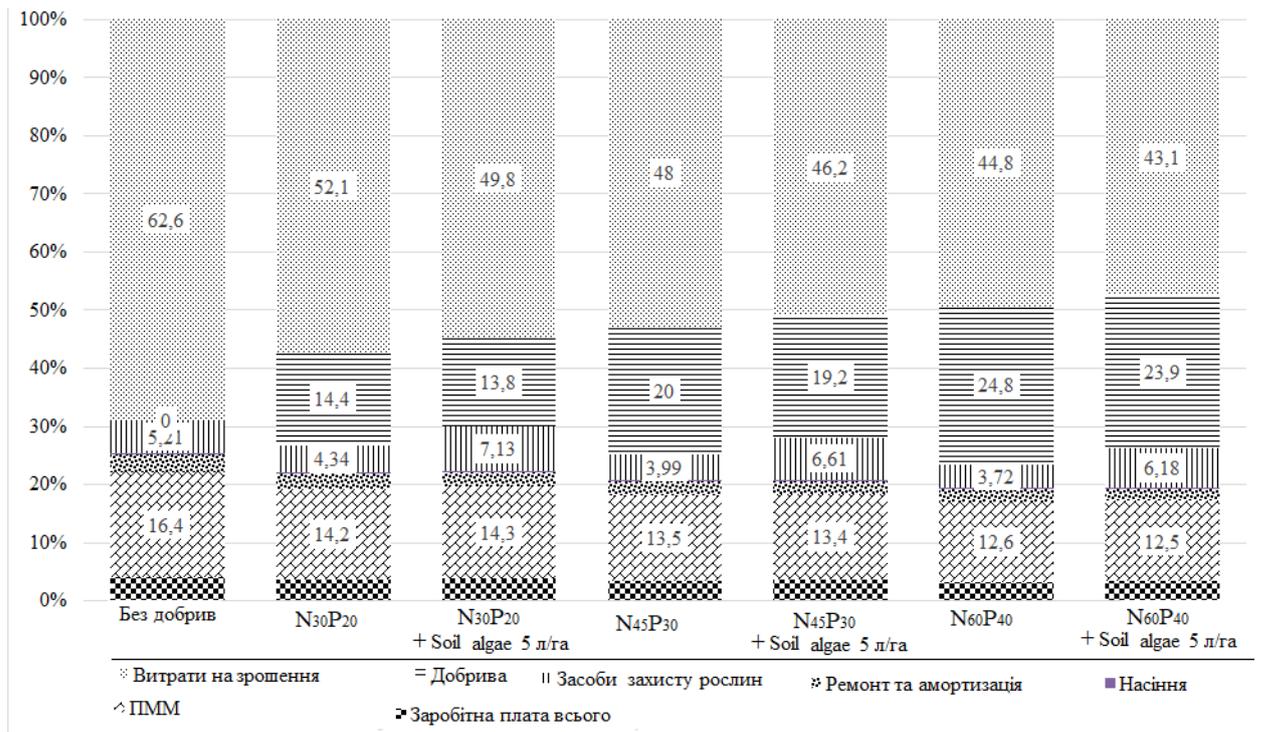
порівняно із контролем зменшувалася на 1,58 тис. грн/т. Водночас додаткове підживлення Soil algae (5 л/га) на цьому фоні забезпечувало максимальний економічний ефект. Рентабельність зростала до 36,9 %, а собівартість зменшувалася до мінімального в досліді значення– 9,34 тис. грн/т. Це вказує із економічної точки зору на оптимальне співвідношення витрат і результатів за даної системи живлення при поточній кон'юктурі ринкових цін.

Подальше підвищення доз мінеральних добрив до  $N_{60}P_{40}$ , як окремо, так і в поєднанні з підживленням органічним добривом Soil algae, не супроводжувалося зростанням економічної ефективності. Рівень рентабельності в цих варіантах знижувався до 31,5–30,7 %, тоді як собівартість продукції відносно попереднього варіанта зростала до 9,7–9,8 тис. грн/т. Це свідчить про перевищення оптимального рівня удобрення, де окупність додаткових витрат зменшується.

Проведений аналіз свідчить, що оптимальним з економічної точки зору є застосування системи живлення де передбачається внесення мінеральних добрив  $N_{45}P_{30}$  у поєднанні з підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га, що забезпечує найкраще співвідношення між виробничими витратами, умовно чистим прибутком та рівнем рентабельності.

Для виявлення основних напрямків формування собівартості продукції, оцінки раціональності використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів та визначення резервів зниження витрат був проведений їх структурний аналіз. Такий моніторинг є важливим елементом економічної оцінки ефективності рослинництва, оскільки дає змогу спрямовано управляти витратами [169].

Результати такого аналізу слугують науковим підґрунтям для оптимізації технологічних рішень, підвищення конкурентоспроможності продукції та забезпечення сталого розвитку агровиробництва (рис. 6.1 ).



**Рис. 6.1 Структура виробничих витрат при вирощуванні післяжнивного проса сорту Миронівське 51 за різних системи живлення, %**

На екстенсивному варіанті без внесення добрив домінуючу частку в структурі витрат, 62,6%, становило зрошення. Значними, 16,4 %, також були витрати на паливно-мастильні матеріали та засоби захисту рослин – 5,21%. Витрати на заробітну плату, насіння та ремонтно-амортизаційні відрахування були відносно незначними. Застосування мінеральних добрив у дозі N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>, змінює співвідношення між окремими елементами, а тому частка усіх раніше зазначених витрат зменшується. Запровадження системи живлення із фоліарним застосуванням Soil algae (5 л/га) зумовило подальше скорочення частки представлених витрат. При цьому від посилення системи живлення спостерігається подальша тенденція до зниження частки витрат на зрошення, паливно-мастильні матеріали, заробітну плату тощо. Тому уже на фоні внесення N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> і подальшому, витрати на добрива складають другий шабель у рангу витрат. На економічно доцільному варіанті структура була представлена: витратами на зрошення (46,2%), мінеральні добрива (19,2%), паливно-мастильні матеріали (13,4%) засоби захисту рослин (6,61%). Це

свідчить про переваги комбінованої системи живлення та, що саме такий розподіл ресурсів є найбільш раціональним. Подальше підвищення доз мінеральних добрив до  $N_{60}P_{40}$  та їх поєднання з підживленням Soil algae зумовлювало менш раціональний їх розподіл з позицій ресурсозбереження та економічної ефективності.

В дослідженнях із багатьма культурами доведено, що економічна ефективність виробництва рослинницької продукції зазнає впливу таких технологічних елементів як сорт та норма висіву [69, 72, 94].

На підставі аналізу встановлено, що виробничі витрати в усіх варіантах були практично однаковими, у середньому складали 24,0 тис. грн/га і коливалися в межах стандартного відхилення 0,046 тис. грн/га (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Економічна ефективність післязнівного вирощування сортів проса залежно від норми висіву (середнє 2021...2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Виробничі витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %	Собівартість тис. грн/т
Вітрило	3,5	24,1	35,2	11,10	46,0	8,76
	4,0	24,0	31,5	7,50	31,0	9,76
	4,5	24,0	29,3	5,30	22,0	10,5
Денвікське	3,5	24,0	30,5	6,50	27,0	10,1
	4,0	24,0	29,4	5,40	23,0	10,4
	4,5	24,0	28,8	4,80	20,0	10,7
Миронівське 51	3,5	24,1	35,2	11,10	46,0	8,76
	4,0	24,0	32,8	8,80	37,0	9,38
	4,5	24,0	32,3	8,30	35,0	9,52
Полто	3,5	24,0	32,5	8,50	35,0	9,45
	4,0	24,0	32,0	8,00	33,0	9,60
	4,5	24,0	29,7	5,70	24,0	10,3
Сонечко слобідське	3,5	24,0	29,3	5,30	22,0	10,5
	4,0	23,9	28,5	4,60	19,0	10,7
	4,5	24,0	28,4	4,40	18,0	10,8

Такі обставини зумовлені насамперед низькою масовою нормою висіву проса та невеликими супутніми витратами на збирання та доробку зерна. Вартість валової продукції мала значно більший розмах варіювання. Найвищу вартість, 35,2 тис. грн/га, було встановлено за норми висіву 3,5 млн шт./га у сортів Миронівське 51 та Вітрило, при цьому із збільшенням норми висіву до 4,0 та 4,5 млн шт./га спостерігається динаміка зниження цього показника у всіх сортів, що було зумовлено закономірністю зниження урожайності. У середньому послідовне збільшення норми висіву зменшувало вартість валової продукції відповідно на 1,7 та 1,14 тис. грн/га.

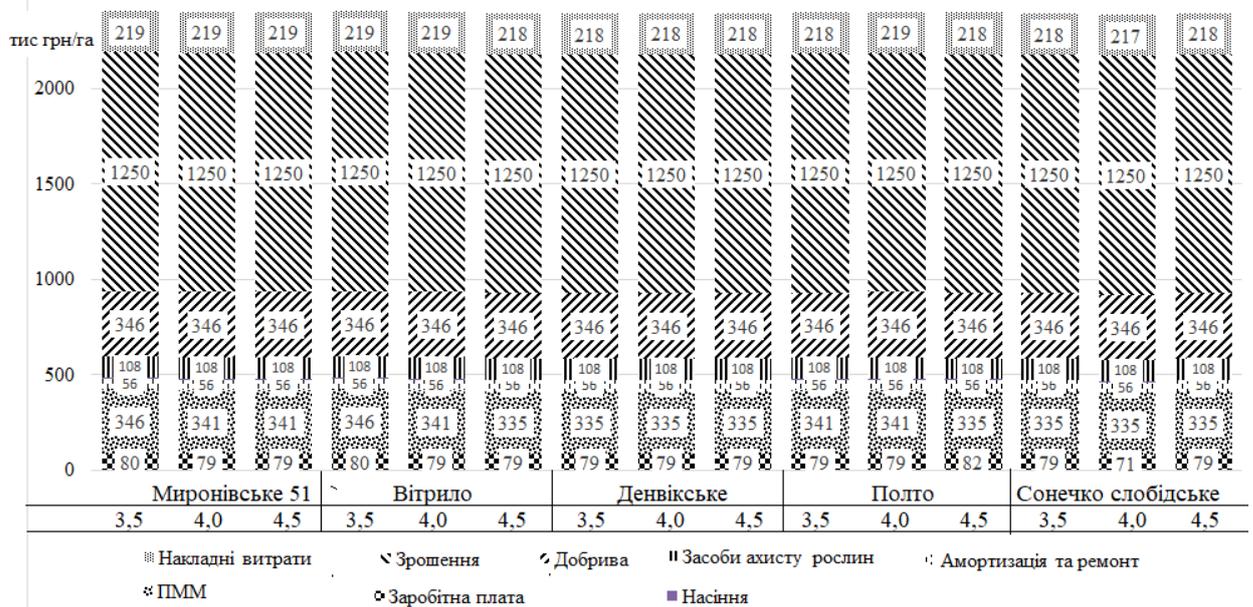
Аналогічна тенденція простежується і за показником умовно чистого прибутку. Максимальні значення зафіксовані при нормі висіву 3,5 млн шт./га. Найвищого рівня, 11,1 тис. грн/га, вони досягали у сортів Миронівське 51 та Вітрило. При цьому в середньому серед сортів коливання складали від 16,8 до 97,2% відносно сорту Сонечко слобідське. За підвищення норми висіву до 4,5 млн шт./га прибуток залежно від сорту зменшувався на 2,3 й 3,6 та 0,5 й 2,2 тис. грн/га.

Найвищий рівень рентабельності також забезпечувала норма висіву 3,5 млн шт./га. У сортів Миронівське 51 і Вітрило він становив 46,0 %, у сорту Полто був на 9 відсоткових пунктів меншим. Рентабельним було використання і інших сортів, проте рівень у сортів Денвікське та Сонечко слобідське був істотно меншим: 22–27 %. За збільшення норми висіву із 3,5 до 4,5 млн шт./га рівень рентабельності у середньому знижувався на 6,6 та 11,4 відсоткові пункти.

Серед представлених сортів нижчою була собівартість вирощування сорту Миронівське 51, вітрило та Полто, відповідно у середньому 9,22; 9,67 та 9,78%. У межах сортів показник собівартості зерна мав зворотну залежність: найнижча собівартість зерна, у середньому 9,51 тис. грн/т, відмічена при нормі висіву 3,5 млн шт./га.

При відповідному підвищенні норми висіву цей показник знижався на 0,45 та 0,85 тис. грн/т. У сортів Миронівське 51 та Вітрило собівартість зерна складала 8,76 тис. грн/т. То му за сукупністю економічних показників у післяжнивних посівах доцільними для вирощування є сорти проса Миронівське 51 та Вітрило, із оптимальною нормою висіву 3,5 млн шт./га, яка забезпечує найвищу вартість валової продукції, максимальний прибуток і рівень рентабельності, а також мінімальну собівартість зерна.

Економічний аналіз свідчить про незначний вплив сортових ознак та норми висіву, у зазначених межах, на структуру виробничих витрат (рис. 6.2).



**Рис. 6.2 Структура виробничих витрат при післяжнивному вирощуванні сортів проса за різних норм висіву, тис. грн/100 га.**

Постійними щодо усіх представлених варіантів були витрати на зрошення 12,5 тис. грн/га; добрива 3,46 тис. грн/га, накладні витрати 2,19 тис. грн/га та засоби захисту рослин 1,08 тис. грн/га. Значну частку складають і паливо-мастильні матеріали, які коливалися в розрізі варіантів у межах 3,2%. Решта складових, у тому числі витрати на посівний матеріал, мали незначні частку та варіативність.

## **6.2. Енергетичний аналіз технологій післяжнивного вирощування проса**

Сучасне аграрне виробництво характеризується високою енергоємністю виробничих процесів, що зумовлено інтенсифікацією землеробства, загальною механізацією та широким використанням матеріально-технічних ресурсів. В умовах загострення екологічних проблем зростає необхідність контролю енергетичного балансу та оцінювання впливу агротехнологій на навколишнє середовище. За таких обставин поряд з економічною оцінкою особливої актуальності набуває енергетичний аналіз агротехнологій, який дає змогу об'єктивно визначити рівень ефективності використання енергетичних ресурсів [44, 194, 225]. Методично енергетичний аналіз базується на зіставленні сукупних енергетичних витрат на виробництво продукції з енергетичною оцінкою продукції урожаю та дозволяє оцінити енергоефективність окремих технологічних прийомів. Його застосування є особливо актуальним в умовах зростання вартості енергоносіїв і необхідності впровадження ресурсощадних технологій [89, 126, 141]. Таким чином, енергетичний аналіз стає важливим інструментом наукового обґрунтування агротехнологій та формування сталих і ефективних систем землеробства.

Прихід енергії з урожаєм закономірно зростає зі збільшенням рівня мінерального живлення. При післяжнивному вирощуванні проса на рівні природньої родючості ґрунту, прихід енергії був найнижчим та становив 24,4 ГДж/га. Внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{20}$  позитивно впливало на прибуткову частину енергетичного балансу, яка зросла в 1,3 рази, а на фоні  $N_{45}P_{30}$  в 1,51 рази. Подальше підвищення дози добрив до  $N_{60}P_{40}$  не забезпечило пропорційного приросту енергетичного прибутку, зростання відбувалося в 1,59 рази до 38,7 ГДж/га, що було максимальним значенням лише на варіантах мінерального фону (табл. 6.3).

**Енергетична ефективність вирощування післяжнивного проса сорту Миронівське 51 за різних системи живлення. (середнє за 2021...2025 рр).**

Система живлення	Прихід енергії з урожаєм, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Енергоємність вирощування, ГДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Без добрив (контроль)	24,4	10,2	5,64	2,39
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	31,7	13,3	5,64	2,39
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	35,5	13,7	5,20	2,60
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	36,9	14,8	5,42	2,49
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	39,2	15,2	5,23	2,58
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	38,7	16,2	5,65	2,39
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	40,0	16,6	5,60	2,41

Це свідчить про зниження енергетичної віддачі високих доз мінерального живлення в умовах післяжнивного періоду вирощування. Застосування позакореневого підживлення Soil algae (5 л/га) у поєднанні з мінеральними добривами сприяло додатковому зростанню прибутку енергії із урожаєм. По відповідним мінеральним фонам приріст мав динаміку зменшення та складав відповідно 3,8; 2,3 та 1,3 ГДж/га. Тому найвищий прихід енергії зафіксовано у варіанті сумісного застосування N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> + Soil algae, який складав 40,0 ГДж/га, що на 63,9 % перевищує контроль.

Енергетичні витрати зростали відповідно до інтенсифікації системи живлення із 10,2 ГДж/га у контролі на 62,7% до 16,6 ГДж/га за максимальної дози добрив із підживленням. Однак темпи зростання витрат у ряді варіантів

були нижчими, ніж приріст енергетичного виходу, що позитивно позначилося на інтегральних енергетичних показниках - енергоємності та коефіцієнті енергетичної ефективності.

Показник енергоємності вирощування у розрізі варіантів коливався в межах до 8,7% від 5,20 до 5,65 ГДж/т. Найнижчу енергоємність продукції, 5,20 ГДж/т, зафіксовано у варіантах із застосуванням Soil algae на фоні  $N_{30}P_{20}$ . Близькими були також значення при збільшенні фону до  $N_{45}P_{30}$ , де витрати із розрахунку на одиницю продукції склали 5,23 ГДж/т, що свідчить про підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів на одиницю продукції за комплексних систем живлення.

Енергетичний коефіцієнт найменших значень, 2,39, набував одночасно у контрольному варіанті та за максимальної дози мінеральних добрив  $N_{60}P_{40}$  без підживлення. Включення в систему біологічного підживлення забезпечувало його зростання до 2,58–2,60. Максимальне значення енергетичного коефіцієнта, 2,60, досягнуто у варіанті  $N_{30}P_{20}$  + Soil algae 5 л/га, що свідчить про оптимальне співвідношення між витратами та енергетичним виходом урожаю на нижчих рівнях живлення.

Таким чином, результати енергетичного аналізу підтверджують, що поєднання помірних доз мінеральних добрив із фоліарним застосуванням Soil algae (5 л/га) є найбільш доцільним у енергетичному відношенні варіантом системи живлення, забезпечуючи максимальну енергетичну віддачу при відносно помірних витратах енергії.

Структура енергетичних витрат суттєво залежала від рівня інтенсивності технологій. На екстенсивному варіанті, без добрив, основну частку витрат формують вода, паливно-мастильні матеріали, та пестициди, що є відображенням домінування базових та критично необхідних енерговитрат. Витрати на сільськогосподарську техніку, людську працю склали допоміжну частку, тоді як відсоток насіння та електроенергії був мінімальним (табл. 6.4).

**Структура енергетичних витрат при післяжнивному вирощуванні сортів проса за різних норм висіву, МДж/га.**

Статті витрат	Без добрив	N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га
Сільгосп техніка	1250	1280	1360	1280	1360	1280	1360
Насіння	65	65	65	65	65	65	65
Добрива	0	2860	2960	4280	4380	5710	5810
ПММ	2840	2960	3110	3060	3150	3060	3150
Електроенергія	9,5	12,2	13,5	13,5	14,9	14,9	14,9
Пестициди	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750
Трудові ресурси	469	510	570	520	570	520	580
Вода	3830	3830	3830	3830	3830	3830	3830

Зі зростанням рівня мінерального живлення істотною стає частка добрив, які становили 2860 МДж/га, та збільшилися до 5710 МДж/га у варіанті N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>. Це підтверджує, що добрива є одним із найбільш енергоємних елементів сучасних технологій та суттєво формують загальний рівень енергетичних витрат.

Застосування підживлення Soil algae (5 л/га) зумовлювало відносно помірне зростання та зміну структури витрат. Спостерігалось підвищення витрат на сільськогосподарську техніку, ПММ, електроенергію та трудові ресурси, що пов'язано з виконанням додаткових технологічних операцій. Водночас ці зміни не вносили різких змін та не призводили до диспропорційного зростання загальної енергоємності технології.

Витрати на пестициди та воду можна визначити як стабільну складову енергетичного балансу. Аналогічно витрати на насіння були однаковими для всіх варіантів, які не формують істотних відмінностей.

У цілому інтенсифікація системи живлення супроводжувалася зростанням витратної частини енергетичного балансу, насамперед за рахунок добрив і супутніх операцій. Водночас поєднання мінерального живлення з фолярним підживленням Soil algae забезпечувало лише помірне збільшення енерговкладень, що у поєднанні з підвищенням енергетичного виходу урожаю свідчить про доцільність таких технологічних рішень з позицій енергоефективності.

Як було зазначено раніше сортові ознаки та норма висіву не формують вагомих змін у енергетичних витратах та їх структурі, проте змінюють прибуткову частину балансу, як представлено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

**Енергетична ефективність післяжнивного вирощування сортів проса залежно від норми висіву (середнє 2021...2025 рр.)**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Прихід енергії з урожаю, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Енергоємність вирощування, ГДж/т	Енергетичний коефіцієнт
Вітрило	3,5	37,1	16,4	5,96	2,26
	4,0	33,2	16,2	6,59	2,05
	4,5	30,9	16,1	7,03	1,92
Денвікське	3,5	32,1	16,1	6,76	1,99
	4,0	31,1	16,1	7,00	1,93
	4,5	30,4	16,1	7,16	1,89
Миронівське 51	3,5	37,1	16,4	5,96	2,26
	4,0	34,6	16,2	6,33	2,14
	4,5	34,0	16,3	6,47	2,09
Полто	3,5	34,3	16,2	6,38	2,12
	4,0	33,8	16,2	6,48	2,09
	4,5	31,3	16,5	7,11	1,90
Сонечко слобідське	3,5	30,9	16,1	7,03	1,92
	4,0	30,1	16,1	7,22	1,87
	4,5	30,0	16,1	7,25	1,86

Установлено, що прихід енергії з урожаєм у всіх сортів був максимальним за норми висіву 3,5 млн шт./га. Найвищі значення цього показника, у середньому 35,2 ГДж/га, зафіксовано у сортів Миронівське 51 та Вітрило – 33,7 ГДж/га, тоді як сорт Сонечко слобідське характеризувався найнижчим енергетичним виходом, 30,3 ГДж/га). Сорти Полто та Денвікське за даними показником займали проміжне положення. Зі збільшенням норми висіву до 4,0–4,5 млн шт./га спостерігалось стійке зниження приходу енергії з урожаєм у всіх сортів, що є відображенням негативний вплив загушення рослин при формуванні енергетично цінної зернової продукції. Усереднено збільшення норми висіву із 3,5 до 4 та 4,5 млн шт./га призводило до зменшення приходу енергії на 5,08 та 8,69%.

Енергетичні витрати змінювалися у вузькому діапазоні, до 0,4 ГДж/га, що вказує на незначні витрати енергії на посівний матеріал, при відносній стабільності витратної частини енергетичного балансу. Відтак це забезпечує визначальну роль урожайності культури у формуванні інтегральних показників енергоефективності.

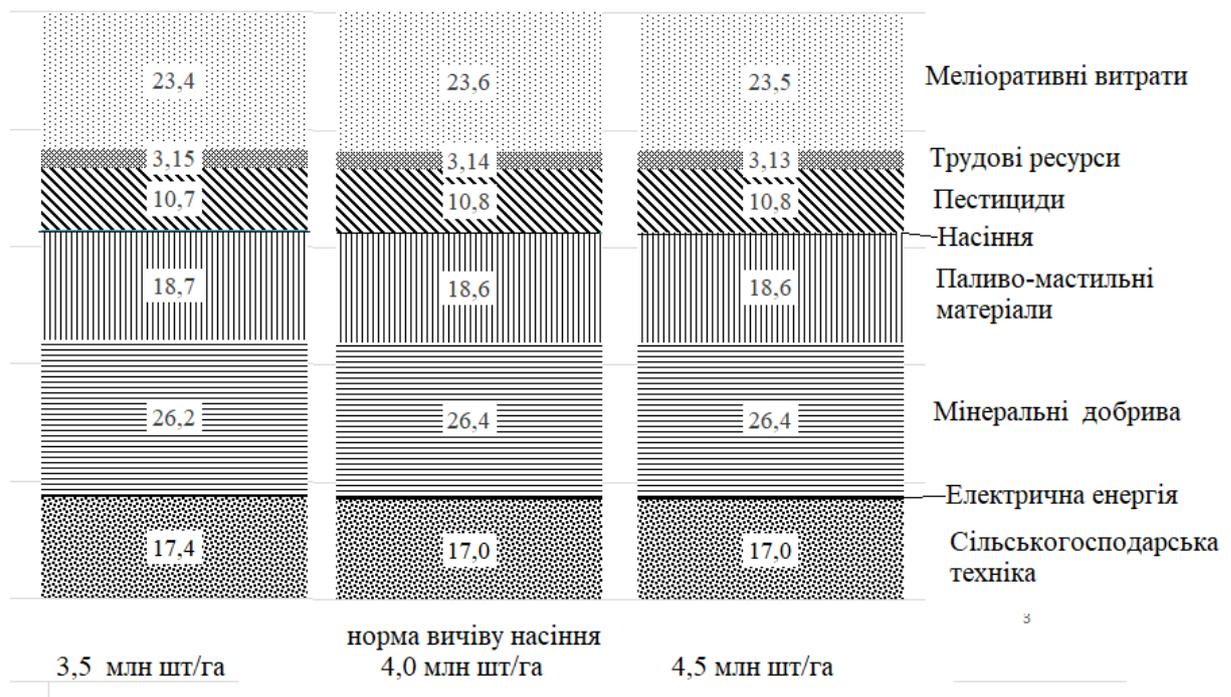
Найменш енергоємним було виробництво зерна при використанні сортів Миронівське 51 та Вітрило за мінімальної норми висіву, відповідно 6,25 та 6,53 ГДж/т, що свідчить про краще використання енергетичних ресурсів на одиницю продукції. Найбільш витратним було вирощування сорту Сонечко слобідське 7,17 ГДж/га, решта сортів займали проміжне положення, демонструючи вагомні переваги над цим сортом. Показник енергоемності вирощування мав чітку тенденцію до зростання зі збільшенням норми висіву. За норми 3,5 млн шт./га він становив 5,96–7,03 ГДж/т, тоді як за 4,5 млн шт./га зростав до 6,47–7,25 ГДж/т, а у середньому збільшення норми висіву супроводжувалося збільшенням енергоемності вирощування на 4,77 та 9,13%.

Енергетичний коефіцієнт, який інтегральний показник балансу, досягав максимальних значень також за норми висіву 3,5 млн шт./га. Відповідне зменшення коефіцієнту складало 4,45 та 8,44%. За оптимальної норми висіву

у сортів Миронівське 51 і Вітрило цей показник становив 2,26, у сорту Полто – 2,12, тоді як у сорту Сонечко слобідське складав 1,92.

Представлене свідчить, що норма висіву 3,5 млн шт./га є енергетично оптимальною для всіх досліджуваних сортів, забезпечуючи максимальний прихід енергії з урожаєм, найнижчу енергоємність продукції та найвищий енергетичний коефіцієнт. Серед досліджуваних сортів найвищою енергоефективністю вирізняються сорти Миронівське 51 та Вітрило. Сорти Денківське і Сонечко слобідське істотно поступалися першій групі сортів за інтегральними енергетичними показниками.

Оскільки попередні дослідження свідчать про помірний та типовий вплив сорту на енергетичну ефективність вирощування проса посівного аналіз структури витрат проведений за даними сорту Миронівське 51 (рис.6.3).



**Рис. 6.3 Структура енергетичних витрат при післяжнивному вирощуванні проса Сорту Миронівське 51 з різними нормами висіву, %.**

Данні свідчать про стабільність структури витрат енергії, незалежно від норми висіву. Найбільшу частку витратної складової становлять мінеральні добрива 26,2-26,4%, меліоративні витрати 23,4-23,6%, паливо-мастильні

матеріали 18,6-18,7% та 17,0-17,4%. Відносно невеликою є частка енергетичних витрат на захист рослин, що є біологічною особливістю культури. Невелика частка енергії людської праці є наслідком високого рівня механізації технологічних процесів. У межах досліджуваних градацій вплив норми висіву є незначним.

### **Висновки по розділу 6:**

Раціональна система живлення підвищує економічну ефективність вирощування проса в проміжних посівах. Оптимальні економічні результати: умовно чистий прибуток – 10,0 тис. грн/га, рівень рентабельності – 36,9 % та собівартість продукції – 9,34 тис. грн/т, забезпечуються за впровадження системи живлення  $N_{45}P_{30}$  сумісно з підживленням препаратом Soil algae (5 л/га). Поєднання мінерального фону з фоліарним підживленням формує найбільш раціональне співвідношення між виробничими витратами та вартістю валової продукції. Подальше посилення системи живлення не супроводжується зростанням економічної ефективності.

У структурі виробничих витрат найбільш економічно ефективного варіанту домінують витрати на зрошення – 42,6 %, мінеральні добрива становить 19,2 %, на паливно-мастильні матеріали – 13,4 %, та засоби захисту рослин – 6,61 %, що є оптимальним співвідношення необхідних витрат та отриманими результатами.

В умовах післяжнивного вирощування економічних переваг надають сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га, використання яких забезпечує максимальний умовно чистий прибуток – 11,1 тис. грн/га, найвищий рівень рентабельності – 46,0 % та найнижчу собівартість зерна – 8,76 тис. грн/т. Для всіх представлених сортів оптимальною є норма висіву 3,5 млн шт./га, підвищення її до 4,0–4,5 млн шт./га супроводжується зниженням економічної ефективності незалежно від сортових особливостей.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання, що полягає в удосконаленні елементів технології післяжнивного вирощування проса посівного з урахуванням вимог раціонального використання ресурсів. Це передбачає обґрунтований добір вітчизняних сортів культури, визначення для них оптимальних норм висіву, а також обґрунтування системи живлення, яка включає основне внесення мінеральних добрив і фоліарне підживлення інноваційним органічним добривом.

Отримані в роботі результати дали змогу обґрунтувати такі висновки:

1. Для вирощування проса посівного в післяжнивних умовах сума активних температур понад  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  має перевищувати  $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а понад  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $1990\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Залежно від умов року, системи живлення, сорту та норми висіву потреба в теплових ресурсах варіює в межах до  $4,24\%$ . Температурний режим післяжнивного періоду відповідає біологічним потребам культури. Ключовою передумовою ефективного впровадження післяжнивних посівів є науково обґрунтоване визначення рівня теплозабезпеченості прогнозованого періоду вегетації культури. Запропонована поліноміальна функція четвертого ступеня з високою точністю апроксимує динаміку теплозабезпеченості післяжнивного періоду.

2. Застосування мінеральних добрив сприяє поліпшенню поживного режиму ґрунту, найвищий рівень забезпеченості рослин проса доступними формами азоту та фосфору встановлено за внесення добрив  $\text{N}_{60}\text{P}_{40}$ . Упродовж вегетації спостерігається поступове зниження вмісту в ґрунті нітратного азоту та рухомого фосфору, що зумовлено інтенсивним засвоєнням елементів живлення рослинами. Одночасно відзначено зменшення вмісту обмінного калію на фонах мінерального живлення, у наслідок його споживання.

3. В умовах післяжнивного вирощування сумарне водоспоживання проса становить  $1862\text{--}1886\text{ м}^3/\text{га}$  і залежно від системи живлення змінюється

до 1,3 %. Основну частку водоспоживання забезпечує зрошення – 69,2–69,8 %, внесок ґрунтової вологи та атмосферних опадів складає відповідно 10,1–10,3 % і 20,1–20,7 %. Застосування системи живлення  $N_{60}P_{40}$  у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Soil algae (5 л/га) забезпечує найменший коефіцієнт водоспоживання – 648 м<sup>3</sup>/т. Сорт Вітрило та Миронівське 51 за норми висіву 3,5 млн шт./га забезпечують найбільш економним використання води – 683 м<sup>3</sup>/т. Збільшення норми висіву сортів проса призводить до зростання питомих витрат води на 5,26 та 9,19 %.

4. Тривалість вегетаційного періоду сортів проса варіює від 74 діб у сортів Полто та Сонечко слобідське до 78 діб у сорту Вітрило. Підвищення норми висіву з 3,5 до 4,5 млн шт./га скорочує тривалість вегетації на 2–3 доби, а посилення системи живлення, подовжує її на 2–3 доби, що не проявляє істотного впливу на гідротермічні умови вирощування культури.

5. Фон мінерального живлення  $N_{30}P_{20}$  забезпечує найоптимальніше поєднання показників польової схожості, виживаності рослин і густоти продуктивного стеблостою. Застосування позакореневого підживлення препаратом Soil algae істотно не впливає на формування структури фітоценозу. Збільшення норми висіву з 3,5 до 4,5 млн шт./га зумовлює підвищення кількості продуктивних пагонів перед збиранням на 13,2–26,0 %.

6. Внесення мінеральних добрив у дозах  $N_{45}P_{30}$  та підвищення рівня живлення до  $N_{60}P_{40}$  супроводжується зростанням довжини волоті відповідно на 9,52 та 16,1 %, щільності волоті – на 41,2 та 43,6 %, а маси зерна з однієї волоті – на 54,5 та 66,7 %. За високих фонів мінерального живлення ефект позакореневого підживлення органічним добривом Soil algae (5 л/га) істотно зменшується. Підвищені показники загальної та продуктивної кущистості характерні для сортів Полто та Вітрило. Оптимальні значення індивідуальної зернової продуктивності формуються за норми висіву 3,5 млн шт./га.

7. Післяжнивні посіви проса формують найвищий фотосинтетичний потенціал, 4,0 млн м<sup>2</sup>·за добу, за системи живлення  $N_{60}P_{40}$  + підживлення Soil algae (5 л/га). Максимальні значення чистої продуктивності фотосинтезу

(2,16 г/м<sup>2</sup>·за добу) виявлено на фоні мінерального живлення N<sub>30</sub>P<sub>20</sub> із застосуванням Soil algae (5 л/га). Найвищий фотосинтетичний потенціал формують сорти проса посівного Вітрило – 1,99–2,01 та Миронівське 51 – 1,97–2,01 млн м<sup>2</sup>·за добу. Рослини сорту Полто вирізняються підвищеною чистою продуктивністю фотосинтезу, яка становить 4,69–4,88 г/м<sup>2</sup>·за добу.

8. Рівень урожайності проса посівного в умовах післяжнивного вирощування під впливом метеорологічних умов вегетаційного періоду та системи живлення варіює в межах 1,81–2,06 т/га. Представлені середньостиглі та середньопізні сорти вітчизняної селекції, залежно від норми висіву, формують урожайність зерна 2,25–2,75 т/га. Оптимальні показники урожайності проса посівного за післяжнивного вирощування, 2,9 т/га, досягаються за впровадження системи живлення N<sub>45</sub>P<sub>30</sub> у поєднанні з проведенням фоліарного підживлення препаратом Soil algae (5 л/га) у фазу 27–29 за шкалою ВВСН, що забезпечує найвищу окупність добрив – 14,5 кг/кг д.р. Подальше посилення фону мінерального живлення не сприяє достовірному підвищенню урожайності зерна та супроводжується зниженням окупності добрив. Сорти Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га формують найвищу урожайність зерна – 2,75 т/га, тоді як збільшення норми висіву до 4,0 та 4,5 млн шт./га зумовлює її зниження відповідно на 0,19 та 0,23 т/га.

9. В умовах післяжнивного вирощування за показником гомеостатичності (Ном) вищу відповідність генотипу умовам середовища проявляють сорти проса посівного Полто (9,74) та Вітрило (7,92), коефіцієнт агростабільності яких становив відповідно 89,7 та 87,4 %. Сорт Полто характеризується оптимальним поєднанням низької мінливості урожайності, високої гомеостатичності та агростабільності, що дає підстави віднести його до стабільних і широко адаптованих генотипів. Сорти Миронівське 51 та Вітрило належать до інтенсивного типу, здатні ефективно реалізовувати підвищений потенціал урожайності за сприятливих умов вирощування.

10. У післяжнивних посівах застосування мінеральних добрив з позакореневим підживленням Soil algae (5 л/га) підвищує вміст білка в зерні на 1,1–1,8 відсоткового пункту, збільшення виходу крупи на 1,4–2,6 пункту та зниження плівчастості зерна на 1,0–1,8 пункту. Найвищий вміст білка в зерні встановлено у сортів Вітрило, 13,0 %, та Полто, 12,9 %. Найменшою плівчастістю зерна характеризуються сорти Сонечко слобідське, 16,6 %, і Полто, 16,9 %, тоді як найвищий вихід крупи забезпечують сорти Миронівське 51 - на рівні 77,0 %, Полто та Сонечко слобідське, 76,9 %. Збільшення норми висіву виступає періодично достовірним фактором, що зумовлює незначне зниження вмісту білка та виходу крупи і водночас підвищення плівчастості зерна.

11. Оптимальні економічні показники, умовно чистий прибуток 10,0 тис. грн/га, рівень рентабельності – 36,9 % та найменша собівартість продукції – 9,34 тис. грн/т, формуються за впровадження системи живлення  $N_{45}P_{30}$  у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га. Зазначена система формує найбільш раціональне співвідношення між виробничими витратами та вартістю валової продукції. Найбільш економічно ефективним є вирощування сортів Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га, що забезпечує максимальний умовно чистий прибуток – 11,1 тис. грн/га, найвищий рівень рентабельності – 46,0 % та найнижчу собівартість зерна – 8,76 тис. грн/т.

12. Система живлення, що передбачає внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{30}$  у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га, забезпечує низьку енергоємність виробництва зерна – 5,23 ГДж/т та високу окупність енергетичних витрат із коефіцієнтом 2,58. Використання в післяжнивних посівах сортів проса Миронівське 51 та Вітрило за норми висіву 3,5 млн шт./га характеризується найвищим коефіцієнтом енергетичної ефективності, який становить 2,26.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В зрошуваних умовах Південного Степу України з метою підвищення ефективності використання зрошуваних земель доцільно запроваджувати після збирання зерна пшениці озимої післяжнивні посіви проса посівного (*Panicum miliaceum* L.). Система живлення, що передбачає передпосівне внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{30}$  у поєднанні з фоліарним підживленням препаратом Soil algae у нормі 5 л/га у фазу 27–29 ВВСН, забезпечує формування урожайності зерна на рівні 2,9 т/га, високу окупність мінеральних добрив – 14,5 кг/кг д.р., раціональне використання води – 659 м<sup>3</sup>/т, високий коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,58, одержання умовно чистого прибутку 10,0 тис. грн/га та рівень рентабельності виробництва 36,9 %.

Найбільшою відповідністю умовам післяжнивного вирощування характеризуються сорти проса посівного Миронівське 51 та Вітрило, які за оптимальної норми висіву 3,5 млн шт./га формують урожайність зерна на рівні 2,75 т/га та відзначаються сприятливими технологічними властивостями зерна.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. Чинний від 2005-05-30. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.
2. ДСТУ 5026:2008. Просо. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
3. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. Чинний від 2016-07-01. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.
4. ДСТУ ISO 11465:2001. Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод. Чинний від 2003-01-01. Київ : Держстандарт України, 2002. 13 с.
5. Аверчев О. В. Агроєкологічне обґрунтування адаптивних технологій вирощування круп'яних культур на Півдні України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Херсон, 2013. 44 с.
6. Аверчев О. В. Агротехнічні умови підвищення врожайності гречки в проміжних посівах на зрошуваних землях Півдня України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02 сільськогосподарські меліорації. Херсон, 2002. 18 с.
7. Аверчев О. В. Адаптивність сортів проса до ґрунтових особливостей Причорноморського Степу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 2. С. 75–80.
8. Аверчев О. В. Економічна та енергетична ефективність виробництва зерна гречки та проса. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Вип. 81, ч. 2. С. 129–136.
9. Аверчев О. В. Урожайність проса в умовах вирощування в агро меліоративному полі рисової сівозміни на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2011. Вип. 77. С. 20–30.
10. Аверчев О. В., Йосипенко І. В., Нікітенко М. П. Хвороби та шкідники проса : навч. посіб. Одеса : Олді+, 2023. 180 с.

11. Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Агроєкологічне обґрунтування адаптивних технологій вирощування проса в глобальних умовах змін клімату. Зб. матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : НМЦ ВФПО, 2024. С. 154–157.
12. Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Біологічні особливості проса як фактори його адаптації до зміни клімату. Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні технології агропромислового виробництва». Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С. 87–89.
13. Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Вирощування проса в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2020. Вип. 116, ч. 2. С. 47–55.
14. Авраменко Р. А., Кірсанова Г. В. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур : навч. посіб. Дніпропетровський державний аграрний ун-т. Дніпропетровськ, 2004. 84 с.
15. Агроєкономічне та екологічне оцінювання сівозміни : наук. вид. за ред. О. В. Харченка, Ю. Г. Міщенко. Суми : Мрія, 2015. 70 с.
16. Антонів С.Ф. Рослини й історія розвитку України і людства: Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2023. – 368 с.
17. Аттіла. Вплив технологій мінеральних добрив на урожай і якість зерна проса : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05. Київ, 2019. 24 с.
18. Бабаянц О. *Panicum miliaceum* L. просо... AgroONE. № 53. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.agroone.info/publication/panicum-miliaceum-l-proso/> (дата звернення: 01.11.2025).
19. Бандровський О. Г., Власов В. С. Всесвітня історія. Історія України : підруч. Київ : Генеза, 2014. 272 с.
20. Бегей С. В. Проміжні посіви в інтенсивному землеробстві. Львів, 1992. 160 с.
21. Беленіхіна А. В. Врожайність сучасних сортів проса при взаємодії адаптивних факторів. *Бюлетень Інституту сільського господарства*

- Степової зони НААН України*. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2012. № 3. С. 120–123.
22. Беленіхіна А. В. Урожайність сучасних сортів проса залежно від погодних умов, фону живлення та способу сівби в умовах східної частини Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. Харків, 2012. Вип. 101. С. 289–295.
23. Беленіхіна А. В., Костромітін В. М. Просу гідну увагу! *Агробізнес сьогодні* : електрон. ресурс. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/190-prosu-hidnu-uvahu.html> (дата звернення: 01.11.2025).
24. Беленіхіна А. В., Костромітін В. М. Реакція сортів проса на способи основного обробітку ґрунту залежно від попередників у Лісостепу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 12–19.
25. Беленіхіна А. В., Костромітін В. М., Шелякіна Т. А., Ільченко Н. К. Вплив попередників на просо. *Агробізнес сьогодні* : електрон. ресурс. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/510-vplyv-poperednyka-na-proso.html> (дата звернення: 01.11.2025).
26. Белехіна А., Костромітін В. Просо: забуті переваги. *Агробізнес сьогодні* : електрон. ресурс. Режим доступу: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/239-proso-zabuti-perevahu.html> (дата звернення: 01.11.2025).
27. Біднина І. О. Продуктивність плодозмінної сівозміни в зрошуваних умовах Півдня України при систематичному застосуванні азотних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 93. С. 13–18.
28. Бірюкова О. В. Селекційна цінність та біологічні особливості вихідного матеріалу проса (*Panicum miliaceum* L.) в умовах східної частини Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05 селекція і насінництво. Харків, 2018. 26 с.
29. Божко Л. Ю. Агрометеорологічні розрахунки і прогнози : навч. посіб. Л. Ю. Божко. Київ : КНТ, 2007. 212 с.

30. Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Агрометеорологічні прогнози : навч. посіб. Одеса : ТЕС, 2012. 246 с.
31. Бука А. Я., Лісовий М. В., Дружченко А. В. Оптимізація доз застосування азотних добрив на основі рослинної і ґрунтової діагностики живлення рослин : метод. реком. Харків, 2000. 30 с. агроекологічних
32. Вожегова Р. А., Біляєва І. М., Коковіхін С. В. Адаптування систем зрошувального землеробства до локальних та регіональних умов Південного Степу України та глобальних змін клімату. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Грінь Д. С., 2017. Вип. 98. С. 23–28.
33. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Грабовський М. Б., Марченко Т. Ю., Грабовська Т. О. Нішеві культури нові можливості агропромислового комплексу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.13.27.
34. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Продуктивність проса залежно від елементів технології вирощування. *AgroONE*. 2021. № 63. Електрон. ресурс. Режим доступу: <https://www.agroone.info/publication/produktivnist-prosa-zalezhno-vid-elementiv-tehnologii-viroshhuvannja/> (дата звернення: 01.10.2025).
35. Вожегова Р. А., Коваленко А. М., Чекамова О. Л. Посухостійкість різних сортів проса в умовах Південного Степу. *Зрошуване землеробство*. 2015. Вип. 63. С. 18–20.
36. Вожегова Р. А., Коваленко А. М., Чекамова О. Л. Урожайність проса залежно від мікробних препаратів та мікродобрив. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 126–128.
37. Вожегова Р. А., Коковіхін С. В. Зрошуване землеробство гарант продовольчої безпеки України в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 28–34.
38. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Котельников Д. І., Грибинюк К. С. Врожайність сої за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення в

умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. Херсон : Видавничий дім «Гельветика». С. 10–15.

39. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Малярчук А. С., Ушкаренко В. О., Марковська О. Є. Ефективність заходів у сівозмінах на зрошуваних землях Півдня України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2019. № 2.

40. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Писаренко П. В., Мішукова Л. С., Котельников Д. І. Формування сівозмін на зрошуваних землях відповідно до гідромодулю зрошувальних систем. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 64–67.

41. Вожегова Р. А., Рудік О. Л., Сергеев Л. А. Проміжні посіви в концепціях формування інтенсивних систем землеробства. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2020. Вип. 116, ч. 1. С. 3–15. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.116.1.1.

42. Гамаюнова В. В., Шевель В. І. Формування урожайності та якості сортів проса залежно від строків сівби та фонів живлення в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 3 (91). Миколаїв : МНАУ. С. 50–61.

43. Глущенко Л. Д., Кохан А. В., Олєпір Р. В. та ін. Рівень продуктивності пшениці озимої залежно від антропогенних і природних факторів. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. Харків, 2016. Вип. 21. С. 32–37.

44. Градовий В. Ключові напрями енергозбереження в сільському господарстві. *Економічний дискурс*. 2020. Вип. 4. С. 34–42. DOI: 10.36742/2410-0919-2020-4-4.

45. Грановська В. Г. Інноваційний розвиток аграрних підприємств як складова їх конкурентоспроможності. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2012. Вип. 2, т. 2 : Економічні науки. Полтава : ПДАА. С. 105–109.

46. Грищенко М. І., Біленко О. П. Строк сівби і тривалість вегетаційного періоду проса. Матеріали ІХ наук.-практ. інтернет-конф. Актуальні питання

та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва. Полтава : Полтавська ДАА, 2020. С. 62–65.

47. Грищенко Р. Є., Любчич О. Г., Глієва О. В., Мазуренко Т. В. Рівень забезпеченості рослин проса макроелементами залежно від системи удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 14–18.

48. Данілова Н. В. Вплив зміни клімату на урожайність проса в Лісостепу України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 63–73.

49. Дегодюк Е. Г., Сайко В. Ф., Корнійчук М. С. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. Київ : Урожай, 1992. 320 с.

50. Детюк О. М. Урожайність сортів проса залежно від норми висіву насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2019. С. 45–49.

51. Доценко В. І., Запорожченко В. Ю., Коваленко В. В., Онопрієнко Д. М., Шинкаренко І. Ю. Розрахунок режимів зрошення сільськогосподарських культур : навч. посіб. Дніпро : ДДАЕУ, 2023. 356 с.

52. Еколого-біологічні особливості та господарська цінність малопоширених культурних та природних рослинних ресурсів : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. за заг. ред. В. А. Бурлаки. Житомир : Вид-во ЖНАЕУ, 2005. 102 с.

53. Єременко О. А., Тодорова Л. В., Покопцева Л. А. Вплив погодних умов на проходження та тривалість фенологічних фаз росту та розвитку олійних культур. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 99. С. 59–64.

54. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Землеробство*. Київ : ВП «Едельвейс», 2015. Вип. 1. С. 23–27.

55. Жемела Г. П., Шемавньов В. І., Маренич М. М. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва : навч. посіб. Дніпропетровськ, 2005. 248 с.

56. Забродоцька Л. Ю. Основи агрономії : навч. посіб. Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.

57. Іваніна В. В., Прокоп'юк Т. П. Вплив азотного живлення та мікродобрив на врожайність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 10 (859). С. 20–25. DOI: 10.31073/agrovisnyk202410-03.
58. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналіт. доп. за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
59. Іващенко О. Оптимальна щільність ґрунту важлива складова успіху. *Пропозиція*. 2020. № 9. Електрон. ресурс. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/optymalna-shchilnist-gruntu-vazhlyva-skladova-uspikhu> (дата звернення: 01.10.2025).
60. Ільчук М., Свиноус І. Економічні аспекти інноваційної діяльності сільськогосподарських підприємств України. *Економічний дискурс*. 2023. Вип. 3–4. С. 46–54.
61. Каленська С. М., Токар Б. Ю. Формування продуктивності проса посівного залежно від густоти стояння рослин. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 6. С. 1–7.
62. Камінський В. Ф., Бойко П. І. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 6. С. 5–9.
63. Кириченко В. В., Кобизєва Л. Н. Просо: біологія, селекція, технологія вирощування. Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2013. 220 с.
64. Кириченко В. В., Костромітін В. М., Колісник В. І. та ін. Агроекологічні проблеми удосконалення існуючих і розробки нових технологій вирощування польових культур. *Агротехнологія польових культур : зб. наук. пр. Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва*. Харків, 2009. С. 22–46.
65. Кириченко В. В., Петренкова В. П., Кобизєва Л. Н. та ін. Основи управління продукційним процесом польових культур : монографія. за ред. В. В. Кириченка ; НААН, Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2016. 712 с.

66. Кірейцева О. В. Іноземний досвід формування земельного ринку. *Економіка АПК*. 2011. № 10. С. 174–178.
67. Коваленко Н. П. Розвиток та удосконалення сівозмін для умов недостатнього зволоження України: історична ретроспектива. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 4. С. 27–32.
68. Коковихин С. В., Танклевська Н. С., Кириченко Н. В. Інноваційні підходи до розвитку зрошувальних меліорацій на локальному та регіональному рівнях. *Ефективна економіка*. 2013. № 6. 36 с.
69. Корхова М. М. Продуктивність сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Південного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 рослинництво. Херсон, 2015. 24 с.
70. Кривожижа Є. М., Матвіїшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 3 (44). С. 32–37.
71. Кузьменко О. С. Проміжні та сумісні посіви на Україні : навч. посіб. О. С. Кузьменко. Київ : Вища школа, 1985. 175 с.
72. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Урожайність насіння та економічна ефективність вирощування сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. Вип. 96. С. 79–88.
73. Левченко Т. М., Перевертун Л. І., Проданик А. М. Селекція проса на стійкість проти сажки : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2018. 178 с.
74. Лимар А. О., Лимар В. А., Андрійченко Л. В. Теплові і енергетичні ресурси півдня України та їх ефективне використання. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 90. С. 61–69.
75. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та систем удобрення польових культур. 3-тє вид. Львів : Українські технології, 2021. 284 с.

76. Лозовіцький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів : навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 276 с.
77. Луцкай Ю. Русь на сторінках книги Марко Поло. *Сіверянський літопис*. 2024. № 1. С. 5–17.
78. Любич О. Г. Особливості сівби проса в Поліссі та Лісостепу в умовах весни 2020 р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zemlerobstvo.com/news/osoblivosti-sivbi-prosa-v-polissi-ta-lisostepu-v-umovah-vesni-2020-r/> (дата звернення: 01.10.2025).
79. Любич О. Г. Особливості формування продуктивності та якості зерна проса залежно від умов азотного живлення на сірих лісових ґрунтах : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Київ, 2008. 27 с.
80. Любич О. Г. Формування продуктивності проса залежно від щільності ґрунту. *Землеробство*. 2014. Вип. 1–2. С. 70–73.
81. Любич О. Г., Грищенко Р. Є., Корсун С. Г. Мінеральне живлення проса в технології вирощування. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 72–78.
82. Мазур В. А., Поліщук І. С., Телекало Н. В., Мордвянюк М. О. Рослинництво : навч. посіб. для студентів спец. 201 «Агрономія» першого (бакалаврського) рівня. Вінниця : ТОВ «Друк», 2020. 352 с.
83. Макаренко Я. Фенологічні спостереження як метод пізнання навколишнього світу молодшими школярами [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dspace.pnpri.edu.ua/bitstream/123456789/20495/1/17.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).
84. Малярчук А., Біляєва І. Проміжні посіви на зрошуваних землях. *Агробізнес сьогодні*. 2018 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10323-promizhni-posivu-na-zroshuvanykh-zemliakh.html> (дата звернення: 01.10.2025).
85. Малярчук М. П., Вожегова Р. А., Марковська О. Є. Формування систем основного обробітку ґрунту в агробіогеоценозах на меліорованих землях

- південної посушливої та сухостепової ґрунтово-екологічних підзон України : навч. посіб. для ВНЗ III–IV рівнів акредитації. Херсон : Айлант, 2012. 179 с.
86. Малярчук М. П., Коваленко А. М., Малярчук А. С. Продуктивність плодозмінної сівозміни за різних способів основного обробітку ґрунту. *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 60. С. 44–45.
87. Манько Ю. П., Цюк О. А., Павлов О. С. Методологія, методи і методика досліджень в агрономії : навч. посіб. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. 96 с.
88. Мащенко О. А., Бутенко А. О. Польова схожість та виживання рослин гречки залежно від елементів технології в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 135, ч. 1. С. 111–118.
89. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.
90. Методика визначення відповідності сортів проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) критеріям відмінності, однорідності та стабільності : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 28.06.2024 № 1936 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/FN082812> (дата звернення: 01.10.2025).
91. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях : наук.-метод. вид. за ред. Р. А. Вожегової. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 286 с.
92. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин ; ред. С. О. Ткачик ; уклад. А. А. Лівандовський, Т. М. Хоменко та ін. Вінниця, 2016. 82 с.
93. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин ; уклад. С. О. Ткачик, Н. В. Лещук, О. І. Присяжнюк. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця, 2016. 120 с.

94. Миленко О. Г., Антонєць М. О., Копань Д. В., Добровольський С. О., Лукіна А. Р. Урожайність скоростиглих сортів сої залежно від норми висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 103–111. DOI: 10.31210/visnyk2021.04.13.
95. Міхеєва О. О., Рожков А. О., Міхеєв В. Г. Вживаність рослин сої залежно від комплексного впливу способу сівби та норми висіву насіння в Східному Лісостепу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 28. С. 130–139. DOI: 10.36710/ЛОС-2019-28-13.
96. Мовчан С. І., Голова Лім К. Р. Стан зрошення та його вплив на ґрунтовий покрив у Запорізькій області. Меліорація та водовикористання : матеріали XIV наук.-практ. інтернет-конф. (м. Мелітополь, 22–29 жовтня 2021 р.). Мелітополь, 2021. С. 62–66.
97. Моїсеєва М. В фокусі просо та сорго Пропозиція : головний журнал з питань агробізнесу [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/v-fokusi-proso-ta-sorgo> (дата звернення: 01.10.2025).
98. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.
99. Науково-практичний довідник з обґрунтування поелементних нормативів трудових, грошово-матеріальних та енергетичних витрат на виробництво зернових культур. А. В. Черенков, В. С. Рибка, А. О. Кулик та ін. ; за ред. А. В. Черенкова, В. С. Рибки. Дніпропетровськ : ДУ Ін-т с.-г. степової зони НААН України, 2014. 180 с.
100. Несмачна М. 2023 рік проса: факти і особливості технології вирощування Super Agronom [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/645-2023--rik-prosa-fakti-i-osoblivosti-tehnologiyi-viroschuvannya> (дата звернення: 01.10.2025).
101. Нечипоренко О. М. Сучасні стратегії економії та підвищення продуктивності поливної води. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. № 17. С. 165–170.

102. Нікітенко М. П. Формування структури врожаю та урожайності проса за впливу біологічних препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 64–69.
103. Оптимізація мінерального живлення сільськогосподарських культур : рекомендації. за ред. А. І. Фатєєва. Харків, 2012. 39 с.
104. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник. В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Оптишко, П. В. Костогряз ; за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.
105. Панченко Т. В., Устинова Г. Л. Зміна густоти продуктивного стеблостою пшениці озимої від строків внесення азотних добрив в умовах Центрального Лісостепу України Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква : БНАУ, 2022. С. 59–62.
106. Пастух О. Д. Особливості формування агробіоценозів сумісних посівів проса і гречки залежно від застосування біопрепаратів в умовах Західного Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Кам'янець-Подільський, 2017. 18 с.
107. Педь Д. А. Про показники посух та надлишкового зволоження Праці Гідрометцентру. 1975. Вип. 156. С. 19–38.
108. Перспективи розвитку аграрного сектора України в умовах кліматичних змін : аналіт. доп. В. М. Русан, Л. А. Жураковська, Я. А. Жаліло та ін. ; за наук. ред. Я. А. Жаліла. Київ : НІСД, 2024. 47 с. DOI: 10.53679/NISS-analytrep.2024.09.
109. Петриченко В. Ф., Балюк С. А., Носко Б. С. Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 5–12.
110. Піковська О. Щільність ґрунту за різних систем його обробітку. *Пропозиція* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/shchilnist-hruntu-za-riznykh-system-yoho-obrobitku> (дата звернення: 01.10.2025).

111. Полторецький С. П. Оптимізація способів сівби та норм висіву в насінницьких посівах проса. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань : УНУС, 2014. Вип. 85, ч. 1 : Агрономія. С. 44–51.
112. Полторецький С. П. Порівняльна оцінка впливу комплексної дії попередників і удобрення на посівні якості та врожайні властивості насіння проса. *Агробіологія : зб. наук. пр.* 2014. Вип. 84, ч. 1. С. 44–52.
113. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Біологічні й екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем : підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2016. 282 с.
114. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Адаменко Т. І. Агрометеорологічні прогнози : підручник. Одеса : ТЕС, 2017. 508 с.
115. Правдзіва І. В., Василенко Н. В., Хорошко Н. М., Заїма О. А. Мінливість маси 1000 зерен та натури зерна пшениці озимої залежно від строків сівби *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76, ч. 1. С. 58–68.
116. Присяжнюк Л. М., Ночвіна О. В., Шитікова Ю. В., Мізерна Н. А., Гринів С. М. Екологічна пластичність та стабільність урожайності проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 2. С. 146–154. DOI: 10.21498/2518-1017.17.2.2021.236522.
117. Просунко В. М., Сайдак Р. В., Лісовий О. Г. Прогнозування агрометеорологічних умов вегетації польових культур. *Меліорація і водне господарство*. 2010. Вип. 98. С. 382–392.
118. Радзиховський А. Післяжнивні посіви Agro Times. Електрон. ресурс. Режим доступу: <https://agrotimes.ua/article/pislyazhnivni-posivi/> (дата звернення: 01.10.2025).
119. Рарок А. В., Полторецька Н. М., Полторецький С. П. Вплив способу сівби і норми висіву на врожайність зерна гречки в умовах Західно

національного університету Ліосостепу. *Збірник наукових праць Уманського університету садівництва*. 2017. Вип. 90, ч. 1. С. 32–39.

120. Рева Л. І. Продуктивність післяжнивної гречки залежно від обробки ґрунту та способів сівби в північному Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Дніпропетровськ, 1990. 19 с.

121. Рожко І. І., Кулик М. І. Урожайність насіння сортів проса залежно від кількісних показників рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 45–50.

122. Розвиток інтенсивних систем землеробства на зрошуваних землях України: науково-технологічне забезпечення : метод. рек. за ред. чл.-кор. НААН Р. А. Вожегової. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 254 с.

123. Ромащенко М. І., Сайдак Р. В., Матяш Т. В., Яцюк М. В. Ефективність зрошення залежно від вартості води. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 150–159.

124. Рудік О. Л., Сергеев Л. А., Римар Д. Є., Чуган В. В. Оцінка агрокліматичних умов післяжнивного періоду Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 13. С. 126–136. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.13.20.

125. Рудік О. Л., Чуган В. В. Оцінка теплозабезпеченості посівів проса при післяжнивному вирощуванні на Півдні України Аграрна наука: стан та перспективи розвитку : зб. матеріалів II Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 24–25 листопада 2022 р.). Одеса : ОДАУ. 2022. С. 97–100.

126. Рудік О.Л., Чуган В.В., Мезенцев Д.М. Енергетична оцінка елементів технології вирощування проса посівного як проміжної культури. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2024. Вип. 137.С. 189–194. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.24>

127. Рудік О.Л., Заєць С.О., Чуган В.В., Вплив фону живлення на формування продуктивності проса посівного за післяжнивного вирощування в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки* Том 103 № 10 (2025). С.5-12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202510>

128. Рудник-Іващенко О. І. Адаптивний потенціал проса. *Насінництво* : наук.-виробн. журнал. 2010. № 1. С. 5–12.
129. Рудник-Іващенко О. І. Вплив мікроелементів на процеси формування хлорофілів у листках рослин проса посівного. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 216–224.
130. Рудник-Іващенко О. І. Вплив мінерального живлення на фотосинтез проса посівного. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 2. С. 27–31.
131. Рудник-Іващенко О. І. Підвищення продуктивності фотосинтетичного апарату рослин методом генної модифікації. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2011. № 2. С. 34–35.
132. Рудник-Іващенко О. І. Просо. Особливості біології, фізіології, генетики : монографія. УААН, Ін-т цукрових буряків. Київ : Колобіг, 2009. 160 с.
133. Рудник-Іващенко О. І., Григоращенко Л. В. Залежність ознак урожайності проса від впливу кліматичних умов за фазами розвитку. *Селекція і насінництво*. 2010. № 98. С. 244–256.
134. Савчук О. І., Кошицька Н. А., Гуреля В. В. Особливості формування продуктивності жита озимого за використання препаратів біологічного походження Органічне виробництво і продовольча безпека : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : ЖНАЕУ, 2019. С. 357–363.
135. Сайко В. Ф., Малієнко А. М., Коломієць М. В. та ін. Довідник по визначенню якості польових робіт. за ред. В. Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1987. 384 с.
136. Сагачко Ю. М., Тешева Л. В. Інноваційна діяльність підприємств аграрного сектора як критерій ефективності його виробничо-господарського потенціалу *Проблеми економіки*. 2020. № 4. С. 217–223.
137. Сергієнко С. С. Земельні ресурси: поняття, суть, значення *Причорноморські економічні студії*. 2019. Вип. 37. С. 121–125.
138. Сівозміни у землеробстві України. за ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ : Аграрна наука, 2002. 146 с.

139. Смаглий О. Ф., Кардашов А. Т., Литвак П. В. та ін. Агроєкологія : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2006. 671 с.
140. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України. Київ : Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021. 68 с.
141. Соловей Д. Ю. Досвід застосування енергетичного аналізу для оцінки технологічних процесів і технологій у рослинництві. *Економіка АПК*. 2004. № 4. С. 91–94.
142. Танчик С. П., Мокрієнко В. А., Моторний В. А. Продуктивність пшениці озимої залежно від строків сівби. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2014. № 2.
143. Ткалич І. Д. Проміжні посіви гречки та проса. *Зернове господарство*. 1982. № 6. С. 32–33.
144. Ткалич І. Д., Ткалич Ю. В. Особливості вирощування гречки в післяукісних посівах. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 68–76. DOI: 10.31867/2523-4544/0062.
145. Ткачук О. П., Вітер Н. Г. Динаміка кліматичних показників та їх вплив на урожайність основних сільськогосподарських культур у Вінницькій області. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 139–149.
146. Томашевський Ю. Необхідність використання погодних індексів у страхуванні природно-кліматичних ризиків рослинництва в Україні. *Аграрна економіка*. 2017. Т. 10, № 1–2. С. 100–105.
147. Томашівський З. М., Коник Г. С. Наукові основи системи землеробства в західному регіоні України : монографія. за наук. ред. З. М. Томашівського. Львів : СПОЛОМ, 2020. С. 42–76.
148. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон : Айлант, 2013. 403 с.
149. Філон В. І. Діагностика і оптимізація мінерального живлення сільськогосподарських культур : навч. посіб. Харків, 2020. 161 с.

150. Хангильдін В. В. Гомеостатичність та адаптивність сортів озимої пшениці *Наук.-техн. бюл. ВСГП*. Одеса, 1981. Вип. 39. С. 8–14.
151. Холод С. Г. Господарсько-цінні властивості зразків проса, залучених до колекції Устимівської дослідної станції рослинництва. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 77. С. 54–60.
152. Холод С. Г. Значення показника «тривалість вегетаційного періоду» для селекції проса. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2006. № 2. С. 81–85.
153. Цилюрик О., Румбах М. Система повного забезпечення посівів вологою за умов зрошення [Електронний ресурс]. *Агробізнес*. 2020. Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/ahrnrikultury/item/16506-systema-povnoho-zabezpechennia-posiviv-volohoiu-zaumov-zroshennia.html> (дата звернення: 30.05.2025).
154. Цупенко М. Ф. Довідник агронома по метеорології. Київ : Урожай, 1990. 238 с.
155. Чекамова О. Л. Значення проса як посухостійкої культури за умов зміни клімату в степовій зоні. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 61. С. 110–112.
156. Черниш М. О. Порівняльна ефективність вирощування гречки та проса в післяжнивних посівах на поливних землях півдня України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02 сільськогосподарські меліорації. Херсон, 2000. 158 с.
157. Черчель В. Ю., Шевченко М. С. Агроресурси і наукове моделювання виробництва 100 мільйонів тонн зерна. *Зернові культури*. Дніпро, 2020. Т. 4, № 1. С. 53–63. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0106>.
158. Чуган В.В., Рудік О.Л. Просо посівне в системі кліматично орієнтованого інтенсивного виробництва. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети». Одеса: ІКОСГ НААН, 2022. С. 227-229.
159. Чуган В. В. Рудік О. Л. Потенціал проса в розрізі поточних проблем АПК України. Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій –

інновації молодих вчених для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, присвяченої Дню науки (20 травня 2022 року, м. Херсон). Херсон: ІЗЗ НААН, 2022. С.51-53.

160. Чуган В.В., Рудік О.Л. Ефективність використання добрив при післязбиральному вирощуванні проса. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва : матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції, 21-22 березня 2024 р., м. Миколаїв. Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 45-47.

161. Чучвага І. Г., Волкогон В. В. Особливості процесу нітрифікації в кореневій зоні рослин жита озимого за дії мінерального азоту та передпосівної бактеризації. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. Вип. 17. С. 79–88.

162. Шакалій С. М., Кисліченко П. О. Вплив фонів живлення та строків сівби на продуктивність зерна проса. Стан і перспективи розробки та впровадження енергозберігаючих технологій вирощування с.-г. культур : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (20 листоп. 2019 р.). Дніпро, 2019. С. 120–122.

163. Шевель В. І. Енергетична оцінка вирощування проса на зерно в Миколаївській області. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. Вип. 2 (56). Т. 1. С. 321–327.

164. Шевель В. І. Формування продуктивності зерна сортів проса залежно від строків сівби і фонів живлення в умовах Півдня України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 рослинництво. Херсон, 2017. 196 с.

165. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>.

166. Шелепов В. В. Еволюція наукових підходів щодо центрів походження культурних рослин: історіографія проблеми. *Історія науки і біографістики*. 2011. № 4.

167. Шелепов В. В., Коломієць Л. А., Власенко В. А., Капля В. І., Маринка С. М. Оцінка вихідного матеріалу при створенні форм і сортів озимої пшениці з високими технологічними якостями зерна. *Селекція і насінництво*. 1999. Вип. 76. С. 3–11.
168. Широкий уніфікований класифікатор проса (*Panicum miliaceum* L.). Л. В. Григоращенко, С. Г. Холод, О. І. Рудник, В. К. Рябчун, Л. Н. Кобизєва, С. М. Горбачова. Харків : Магда LTD, 2009. 62 с.
169. Шиян Д. В., Божко М. В. Формування структури витрат в процесі інтенсифікації виробництва продукції рослинництва. *Економіка розвитку*. 2018. № 4 (88). С. 30–38.
170. Шкатула Ю. М. Агроекологічне обґрунтування меліоративних заходів щодо покращення стану ґрунтів Калинівського району. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 14. С. 220–230.
171. Яшовський І. В. Досягнення та перспективи нових напрямів селекції проса в Україні. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2005. № 1. С. 12–20.
172. Agha-Alikhani M., Eshaq-Ahmadi M. Forage yield and quality of pearl millet (*Pennisetum americanum*) as influenced by plant density and nitrogen rate. *Pajouhesh & Sazandegi*. 2008. Vol. 77. P. 19–27.
173. Ali Faramarzi, Jamshidi S., Siami K. Plant density effect on yield and yield components of common millet cultivars as second crop in Miyaneh region. *Proceedings of the 2011 International Conference on Biology, Environment and Chemistry*. 2011.
174. Amadou I., Gounga M. E., Le G. W. Millets: nutritional composition, some health benefits and processing a review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 25. P. 501–508. DOI: 10.9755/ejfa.v25i7.12045
175. Andrade J., Satorre E. Single and double crop systems in the Argentine Pampas: environmental determinants of annual grain yield. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 177. P. 137–147. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.03.008.

176. Andrews D. J., Kassam A. H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. *Multiple Cropping*. ed. by R. I. Papendick et al. ASA Special Publication No. 27. 1976. P. 1–10.
177. Ausiku P. A., Annandale J. G., Steyn M. J., Sanewe A. Growth analysis of pearl millet genotypes grown under different management practices. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, No. 4. Art. 767. DOI: 10.3390/agronomy15040767.
178. Balsamo R. A. et al. Drought tolerance of selected *Eragrostis* species correlates with leaf tensile properties. *Annals of Botany*. 2006. Vol. 97, No. 6. P. 985–991.
179. Behera U. K., Sharma A. R., Pandey H. N. Sustaining productivity of wheat–soybean cropping system through integrated nutrient management practices on the Vertisols of central India. *Plant and Soil*. 2007. Vol. 297. P. 185–199. DOI: 10.1007/s11104-007-9332-3.
- 180.** Brutnell T. P. et al. *Setaria viridis*: a model for C4 photosynthesis. *The Plant Cell*. 2010. Vol. 22, No. 8. P. 2537–2544.
181. Calamai A., Masoni A., Marini L., Dell’Acqua M., Ganugi P., Boukail S., Benedettelli S., Palchetti E. Evaluation of the agronomic traits of 80 accessions of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) under Mediterranean pedoclimatic conditions. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, No. 12. Art. 578. DOI: 10.3390/agriculture10120578.
182. Chaturvedi P., Govindaraj M., Govindan V., Weckwerth W. Editorial: Sorghum and pearl millet as climate-resilient crops for food and nutrition security. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 851970.
183. Cui X. Climate change and adaptation in agriculture: evidence from US cropping patterns. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2020. Vol. 101. Art. 102306. DOI: 10.1016/j.jeem.2020.102306.
184. Dwivedi S. L., Upadhyaya H. D., Senthilvel S., Hash C. T., Fukunaga K., Diao X., Santra D. K., Baltensperger D., Prasad M. Millets: genetic and genomic resources *Plant Breeding Reviews*. 2011. Vol. 35. P. 247–375.

185. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties *Crop Science*. 1966. Vol. 6, No. 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
186. Faiz M. A., Bana R. S., Choudhary A. K., Laing A. M., Bansal R., Bhatia A., Bana R. C., Singh Y. V., Kumar V., Bamboriya S. D. et al. Zero tillage, residue retention and system intensification with legumes for enhanced pearl millet productivity and mineral biofortification *Sustainability*. 2022. Vol. 14. Art. 543. DOI: 10.3390/su14010543.
187. FAO. Fertilizer use by crop in the Democratic People’s Republic of Korea. Chapter 5: The double cropping programme [Electronic resource]. Rome : FAO, 2003. Mode of access: [www.fao.org/4/y4756e/y4756e09.htm](http://www.fao.org/4/y4756e/y4756e09.htm) (accessed: 30.05.2025).
188. FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. DOI: 10.4060/cc2211en.
189. Flajsman M., Stajner N., Ačko D. K. Genetic diversity and agronomic performance of Slovenian landraces of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) *Turkish Journal of Botany*. 2019. Vol. 43. P. 185–195.
190. Franquin P. Sorghum and millet adaptation to photoperiod, pest incidence, and soil moisture-retention capacity *Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics : proceedings of the international symposium, 15–20 Nov. 1982. Patancheru, India : ICRISAT, 1982. P. 205–217.*
191. Gammans M., Mérel P. Double cropping as an adaptation to climate change in the United States *Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting* (July 21–23, 2019, Atlanta, Georgia, USA). 2019.
192. Gao X., Zhao N., Lu Y., Han X., Yang Z. Effects of supplementary irrigation on soil respiration of millet farmland in a semi-arid region in China *Atmosphere*. 2022. Vol. 13, No. 10. Art. 1584. DOI: 10.3390/atmos13101584.

193. Gomashe S. S. Proso millet, *Panicum miliaceum* (L.): genetic improvement and research needs *Millet and sorghum: biology and genetic improvement*. Ed. J. V. Patil. Chennai : John Wiley & Sons, 2017. P. 150–169.
194. Gomiero T., Paoletti M. G., Pimentel D. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2008. Vol. 27, No. 4. P. 239–254.
195. Gopi Krishna K., Singh R., Pradhan A. Growth and yield response of proso millet to varying nitrogen levels and plant spacing (*Panicum miliaceum* L.) *International Journal of Research in Agronomy*. 2025. Vol. 8, No. 5S. P. 180–182. DOI: 10.33545/2618060X.2025.v8.i5Sc.2976.
196. Gopi Krishna K., Singh R., Pradhan A. Growth and yield response of proso millet to varying nitrogen levels and plant spacing (*Panicum miliaceum* L.) *International Journal of Research in Agronomy*. 2025. Vol. 8, Special Issue 5. P. 180–182.
197. Gorlachova O. V. Cold resistance of modern varieties of proso millet of Ukrainian breeding *Seleksiia i nasinnytstvo*. 2019. No. 115. P. 33–40.
198. Grove J. H. Fertilization practices for double cropping systems *Agronomy Notes*. 1983. No. 79.
199. Habiyaremye C., Barth V., Highet K., Coffey T., Murphy K. M. Phenotypic responses of twenty diverse proso millet (*Panicum miliaceum* L.) accessions to irrigation *Sustainability*. 2017. Vol. 9, No. 3. Art. 389. DOI: 10.3390/su9030389.
200. Habiyaremye C., Matanguihan J. B., D’Alpoim Guedes J. et al. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: a review *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. Art. 1961. DOI: 10.3389/fpls.2016.01961.
201. Han L., Zhao Q., Huang H. Current states and challenges of salt-affected soil remediation by cyanobacteria *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 669. P. 258–272.

202. Hanhur V. V., Kocherha A. A., Pypko O. S. et al. The influence of mineral fertilizers on water consumption and productivity of winter wheat *Scientific Progress & Innovations*. 2020. No. 3. P. 54–60.
203. IPCBEE. *Proceedings of the International Conference on Biology, Environment and Chemistry*. Vol. 24. Singapore : IACSIT Press, 2011. P. 277–279. Available at: [www.researchgate.net/publication/274002896](http://www.researchgate.net/publication/274002896) (accessed: 30.05.2025).
204. Kawasaki K. Two harvests are better than one: double cropping as a strategy for climate change adaptation *American Journal of Agricultural Economics*. 2019. Vol. 101. P. 172–192.
205. Kooyers N. J. The evolution of drought escape and avoidance in natural herbaceous populations *Plant Science*. 2015. Vol. 234. P. 155–162.
206. Kostenko M. Biometric parameters and structure of millet yield depending on growing conditions *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26, No. 2. P. 21–26. DOI: 10.31210/spi2023.26.02.04.
207. Kucher L., Honcharova A., Kalinova D. Ecological-and-economic foundations for sustainable land management *Journal of Innovations and Sustainability*. 2021. Vol. 5, No. 1. Art. 05. DOI: 10.51599/is.2021.05.01.05.
208. Kumar I., Singh A. P., Verma S. K. Effect of nitrogen levels on growth and fodder yield of different varieties of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. under shisham (*Dalbergia sissoo*) based silvi-pastoral system *Discovery Life*. 2025. Vol. 55. Art. 32. DOI: 10.1007/s11084-025-09712-6.
209. Lesoing G., Moomaw R., Francis C. A. Two crops in one year: relay intercropping University of Nebraska–Lincoln Extension. 1991. No. G91-1024. Available at: [digitalcommons.unl.edu/extensionhist/722](http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/722) (accessed: 30.05.2025).
210. Li Y., Yin M., Li L., Zheng J., Yuan X., Wen Y. Optimized potassium application rate increases foxtail millet grain yield by improving photosynthetic carbohydrate metabolism *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Art. 1044065. DOI: 10.3389/fpls.2022.1044065.

211. Lofton J., Wyma N., Harris C., Ballagh A., Drendel M. The management of double-crop corn system [Electronic resource]. Mode of access: [extension.okstate.edu/fact-sheets/the-management-of-double-crop-corn-system.html](http://extension.okstate.edu/fact-sheets/the-management-of-double-crop-corn-system.html) (accessed: 30.05.2025).
212. Ludlow M. M., Ng T. T., Ford C. W. Recovery after water stress of leaf gas exchange in *Panicum maximum* var. *trichoglume* *Australian Journal of Plant Physiology*. 1980. Vol. 7, No. 3. P. 299–313.
213. Marco Polo. The description of the world. Vol. II [S. l. : s. n.], [s. a.]. P. CXXX.
214. Marschner P. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed. London : Academic Press, 2012. 651 p.
215. Marti A., Tyl C. Capitalizing on a double crop: recent advances in proso millet's transition to a food crop. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20, No. 1. P. 819–839. DOI: 10.1111/1541-4337.12681.
216. Matsuura A., et al. Effect of pre- and post-heading water deficit on growth and grain yield of four millets *Plant Production Science*. 2012. Vol. 15, No. 4. P. 323–331.
217. McKee T. B., Doesken N. J., Kliest J. The relationship of drought frequency and duration to time scales Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. Anaheim, USA, 1993. P. 179–184.
218. Miller N. M., Spengler R. N., Frachetti M. Millet cultivation across Eurasia: origins, spread, and the influence of seasonal climate *The Holocene*. 2016. Vol. 26. P. 1566–1575. DOI: 10.1177/0959683616641742.
219. Millet production by country 2025 [Electronic resource]. Available at: [worldpopulationreview.com/country-rankings/millet-production-by-country](http://worldpopulationreview.com/country-rankings/millet-production-by-country) (accessed: 30.05.2025).
220. Moomaw R., Lesoing G., Francis C. A. Two crops in one year: doublecropping University of Nebraska–Lincoln Extension. 1991. No. G91-1025. Available at: [digitalcommons.unl.edu/extensionhist/730](http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/730) (accessed: 30.05.2025).

221. Nie T., Li J., Jiang L., Zhang Z., Chen P., Li T., Dai C., Sun Z., Yin S., Wang M. Optimizing irrigation and nitrogen application to enhance millet yield, improve water and nitrogen use efficiency and reduce inorganic nitrogen accumulation in Northeast China *Plants (Basel)*. 2024. Vol. 13, No. 21. Art. 3067. DOI: 10.3390/plants13213067.
222. Nielsen D. C., Vigil M. F. Water use and environmental parameters influence proso millet yield. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 212. P. 34–44. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.06.025.
223. Optimizing nutrient delivery in agronomic crops: a review of enhanced efficiency fertilizers and precision practices *Journal of Plant Nutrition*. 2025. Article. DOI: 10.1002/jpln.12010.
224. Palchetti E., Moretta M., Calamai A., et al. Effects of nitrogen fertilization and plant density on proso millet (*Panicum miliaceum* L.) growth and yield under Mediterranean pedoclimatic conditions *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 9. Art. 1657.
225. Pelletier N., Adli E., Brodt S. та ін. Energy intensity of agriculture and food systems *Annual Review of Environment and Resources*. 2011. Vol. 36. P. 223–246. DOI: 10.1146/annurev-environ-081710-161014.
226. Pitchers J., Ferrand N., Pull M., Minette S., Abella M., Debaeke P. Opportunities and risks of double cropping in southwestern France with a focus on soybean and sunflower crops *OCL*. 2023. Vol. 30. Art. 16. DOI: 10.1051/ocl/2023016.
227. Poltoretskyi S., Riabovol L., Diordiieva I., Riabovol I., Yatsenko A. Sowing parameters influenced on proso millet quality and yielding capacity *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, No. 4. P. 606–610. DOI: 10.15421/2019\_796.
228. Pullins E. E., Myers R. L., Minor H. C. Alternative crops in double-crop systems for Missouri [Electronic resource]. Mode of access: [extension.missouri.edu/publications/g4090](https://extension.missouri.edu/publications/g4090) (accessed: 30.05.2025).
229. Raut S. K., Sharma R., Ghimire R. та ін. Evaluation of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) germplasm for yield and related traits *Contemporary*

- Research: An Interdisciplinary Academic Journal*. 2024. Vol. 7, No. 2. P. 228–241.
230. Rudik O., Vozhehova R., Lykhovyd P., Serhieiev L., Chuhan V. Agrotechnological and economic importance of the heat supply forecasting for the post-harvest period in the dry steppe zone of ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* Vol. 24, Issue 3, 2024 Pp.759-765. [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24\\_3/volume\\_24\\_3\\_2024.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_3/volume_24_3_2024.pdf).
231. Rural Development Report 2016: fostering inclusive rural transformation. International Fund for Agricultural Development (IFAD). Rome : IFAD, 2016. 299 p. Available at: <https://www.ifad.org/documents/48415603/49812817/Rural+development+report+2016.pdf> (accessed: 30.05.2025).
232. Sanon M., Hoogenboom G., Traoré S. B., Sarr B. Photoperiod sensitivity of local millet and sorghum varieties in West Africa *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*. 2014. Vol. 68. P. 29–39. DOI: 10.1016/j.njas.2013.11.004.
233. Seghatoleslami M. J., Kafi M., Majidi E. Effect of drought stress at different growth stages on yield and yield components of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2008. Vol. 11, No. 19. P. 2245–2249.
234. Shanahan J. F., Anderson R. L., Greb B. W. Productivity and water use of proso millet grown under three crop rotations *FAO AGRIS*. 1988.
235. Sheffield J., Wood E. F., Roderick M. L. Little change in global drought over the past 60 years *Nature*. 2012. Vol. 491, No. 7424. P. 435–438.
236. Shewry P. R., Halford N. G. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization *Journal of Experimental Botany*. 2002. Vol. 53, Iss. 370. P. 947–958. DOI: 10.1093/jexbot/53.370.947.
237. Sultanbaeva V., Batykova A., Osmonkanov T., Mamatov N., Askaraliev B. Technologies for adaptation of agriculture to climate change in Kyrgyzstan *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28, No. 2. P. 104–115. DOI: 10.48077/scihor2.2025.104.

238. Tadele Z. Drought adaptation in millets Abiotic and biotic stress in plants – recent advances and future perspectives. eds. A. K. Shanker, C. Shanker. InTech, 2016. P. 639–662. DOI: 10.5772/61929.
239. Talwar H. S. Variations in drought tolerance components and their association with yield components in finger millet (*Eleusine coracana*) *Functional Plant Biology*. 2020. Vol. 47. P. 1–12.
240. Talwar H. S., Kumar S., Madhusudhana R., Nanaiah G. K., Ronanki S., Tonapi V. A. Variations in drought tolerance components and their association with yield components in finger millet (*Eleusine coracana*) *Functional Plant Biology*. 2020. Vol. 47, No. 7. P. 659–674. DOI: 10.1071/FP19274.
241. Tang L. Nutrient requirements and fertilizer management strategies in plant cultivation *Plants*. 2025. Vol. 14, No. 19. Art. 2981. DOI: 10.3390/plants14192981.
242. Thierfelder C., Mhlanga B., Nyagumbo I., Kalala K., Simutowe E., Chiduwa M., MacLaren C., Silva J. V., Ngoma H. Two crops are better than one for nutritional and economic outcomes of Zambian smallholder farms, but require more labour. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 361. Art. 108819. DOI: 10.1016/j.agee.2023.108819.
243. Tiwari A., Rastogi A., Singh V., Arunachalam A. Water stress effects on nutritional values and relative water content of barnyard and finger millet crops *International Journal on Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 10, No. 1. P. 23–28.
244. Tripathi T., Vyas S. From ancient grains to modern solutions: a history of millets and their significance in agriculture and food security 2023. Vol. 9. P. 72–78.
245. Turgut I., Duman A., Wietgreffe G. W., Acikgoz E. Effect of seeding rate and nitrogen fertilization on proso millet under dryland and irrigated conditions *Journal of Plant Nutrition*. 2006. Vol. 29. P. 2119–2129.
246. Ventura F., Vignudelli M., Poggi G. M., Negri L., Dinelli G. Phenological stages of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) encoded in BBCH scale

- International Journal of Biometeorology*. 2020. Vol. 64, No. 7. P. 1167–1181. DOI: 10.1007/s00484-020-01891-3.
247. Vetriventhan M., Upadhyaya H. D. Diversity and trait-specific sources for productivity and nutritional traits in the global proso millet (*Panicum miliaceum* L.) *The Crop Journal*. 2018. DOI: 10.1016/j.cj.2018.04.002.
248. Vischi M., Zorzini N., Bernhart M. та ін. Morphophysiological and molecular characterization of millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties for crop improvement in Western Europe *CABI Agriculture and Bioscience*. 2021. Vol. 2. Art. 27. DOI: 10.1186/s43170-021-00047-6.
249. Waha K., Dietrich J. P., Portmann F. T., Siebert S., Thornton P. K., Bondeau A., Herrero M. Multiple cropping systems of the world and the potential for increasing cropping intensity *Global Environmental Change*. 2020. Vol. 64. Art. 102131. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2020.102131.
250. World Meteorological Organization; Global Water Partnership. *Handbook of drought indicators and indices*. M. Svoboda, B. A. Fuchs. Geneva : WMO; GWP, 2016. (Integrated Drought Management Programme (IDMP). Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series ; 2).
251. Yang Q., Wang K., Luo Y., Vus N., Feng B. Plant-type characteristics and seed yield of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) response to plant density *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2020. Vol. 98, No. 2. P. 152–160. DOI: 10.18551/rjoas.2020-02.18.
252. Yin M., Li Y., Hu Q., Yu X., Huang M., Zhao J., Dong S., Yuan X., Wen Y. Potassium increases nitrogen and potassium utilization efficiency and yield in foxtail millet *Agronomy*. 2023. Vol. 13, No. 9. Art. 2200. DOI: 10.3390/agronomy13092200.
253. Yue H., Banerjee S., Liu C., Ren Q., Zhang W., Zhang B., Tian X., Wei G., Shu D. Fertilizing-induced changes in the nitrifying microbiota associated with soil nitrification and crop yield *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 841. Art. 156752. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156752.

254. Zhang Z., Lu Q., Yang Y. Yield formation and yield components of proso  
*Agronomy Journal*. Vol. 111, No. 2. P. 726–734.
255. Zohary D., Hopf M. *Domestication of plants in the Old World: the origin  
and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. Oxford :  
Clarendon Press, 1988. IX, 249 p.
256. FAO. International Year of Millets 2023 : электрон. ресурс. Режим  
доступу: <https://www.fao.org/millets-2023/en> (дата звернення: 01.10.2025).
257. United Nations [Назва документа]. : электрон. ресурс. Режим доступу:  
<https://digitallibrary.un.org/record/3904090> (дата звернення: 01.10.2025)

## **ДОДАТКИ**



## Акт

апробації наукової розробки Інституту кліматично-орієнтованого сільського господарства НААН

22 жовтня 2025 р.

по завданню 05.00.01.02.Ф Агробіологічне обґрунтування технологій з гарантованого отримання урожаю післяживних зернових і технічних культур на зрошуваних землях Півдня України, № ДР-0121U107690-в ТОВ «РИС БЕССАРАБІЇ Ізмайльського району Одеської області.

Тема впровадження «Оптимізація елементів технології післяживного вирощування проса посівного (*Panicum miliaceum*-L.) на зрошуваних землях Південного Степу України

Акт складений представниками:

- від ТОВ «Рис БЕССАРАБІЇ»: директор Олег ОБРАЗЕНКО

- відповідальний за впровадження д.с.-г.н. професор Рудік О.Л. та Чуган В.В. Разрыв раздела (на текущей странице)

Опис наукової розробки	Площа, га	Короткий зміст розробки	Результати впровадження та економічна ефективність розробки		
			просо	соя	
Агротехнологічні моделі закономірностей впливу агроекологічних факторів та сучасних технологій вирощування на продукційні процеси нових сортів соняшника, проса і сої у післяживних посівах на зрошуваних землях	12,0	Просо: сорт Миронівське 51 нормою висіву 3,5 млн/га, внесення N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га. Соя: сорт Діона, норма висіву 0,9 млн/га, обробка насіння інокулянтом ХіСтік 1,2 л/т, N <sub>45</sub> P <sub>40</sub> +позакореневе внесення органічного добрива Soil algae 5 л/га.	Базова для порівняння, т/га	2,40	1,80
			Фактична врожайність, т/га	2,59	2,02
			Приріст врожаю, т/га	0,19	0,22
			Виробничі витрати, грн/га	14680	29300
			Додатковий прибуток з 1 га грн.	1615	3960

Даний акт участі у фінансових операціях не приймає

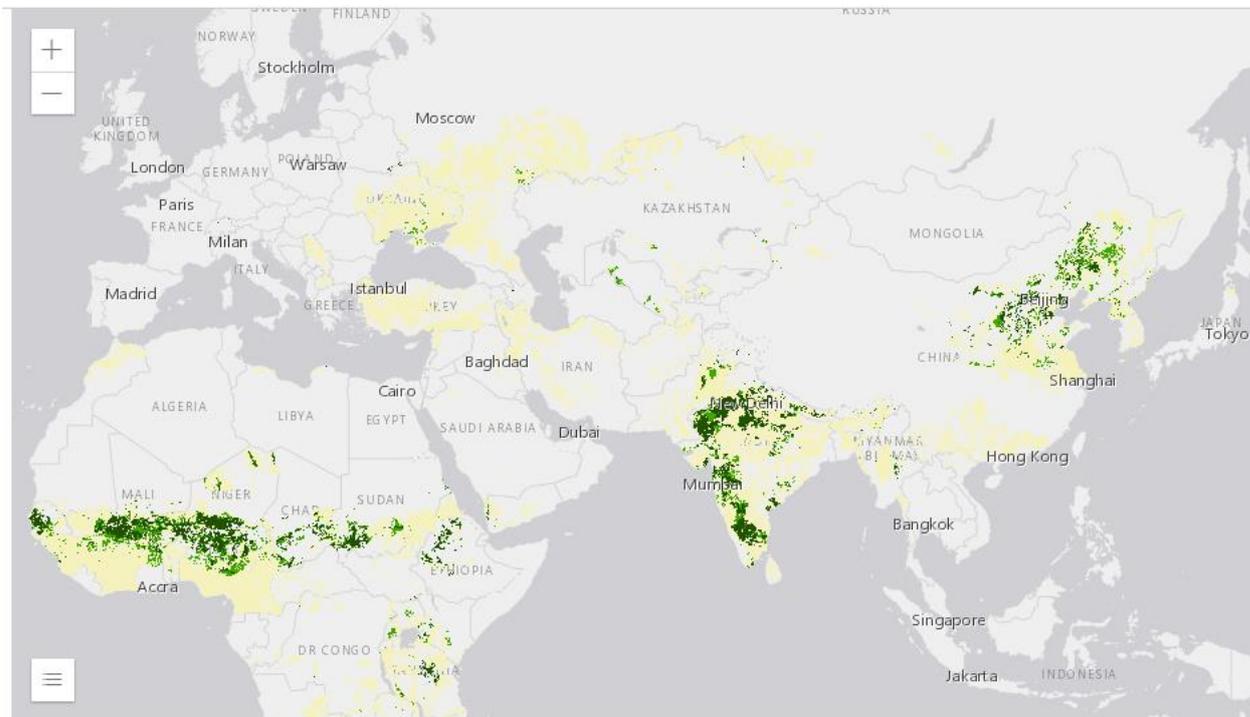
Акт підписали:  
від ТОВ «Рис Бессарабія», директор



Олег ОБРАЗЕНКО

## ДОДАТОК Б

**Світове виробництво проса у 2024 році, (за даними USDA Foreign Agricultural service U.S. Department of agriculture)**



## ДОДАТОК Б

## Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Період, роки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сер
Середньомісячні температури повітря, °С													
1990-2020*	-1,6	-0,6	4,1	10,6	16,7	21,2	23,8	23,3	17,5	10,9	4,7	0,4	10,9
2021*	0,1	-0,6	3,4	8,9	16,0	20,7	25,3	24,4	16,0	10,1	6,5	1,9	11,1
2024*	0,9	4,8	6,0	15,1	16,1	24,0	28,3	25,4	21,4	13,1	4,5	2,7	13,5
2025.*	4,1	-2,9	8,1	10,7	15,1	22,2	27,0	24,0	18,2	11,3	9,8	2,5	12,5
1990-2020**	-0,4	0,4	4,3	10	16,2	20,8	23,4	23,1	17,8	12	6,3	1,5	11,3
2023**	3,0	2,4	6,2	9,8	16,5	21,3	23,8	25,3	21,4	16,2	8,5	4,7	13,3
Опади, мм													
1990-2020*	32	30	31	30	45	54	45	32	33	32	34	34	432
2021*	71,6	18,9	40,3	43,4	97,7	91,1	77,3	7,1	12,6	5,1	33,3	64,4	562,8
2024*	22,8	10,5	27,6	16,7	19,1	18,3	28,0	20,0	45,9	63,6	32,8	26,0	331,3
2025*	10,6	30,5	5,5	28,6	27,4	6,2	0,0	14,9	35,6	59,1	40,0	25,0	283,4
1990-2020**	43	35	34	28	39	48	45	40	42	37	39	36	466
2023**	26,7	10,5	20,5	118	5,3	33,2	47,8	14,4	0	3,5	135,8	16,2	431,9
Примітка: * данні Херсонської гідрометеостанції													
** данні Одеської гідрометеостанції													

**ДОДАТОК В****Водно-фізичні властивості ґрунту дослідного поля с.  
Надніпрянське Херсонської обл.**

Шар ґрунту, см	Щільність складення, г/см <sup>3</sup>	НВ, %	Вологість стійкого в'янення, %		Потенціал продуктивної вологи, мм
			сухого ґрунту	від НВ	
0-10	1,32	23,5	9,3	39,6	18,7
10-20	1,35	23,5	9,3	39,6	19,2
20-30	1,38	23,7	9,6	40,5	19,5
30-40	1,35	22	10,2	46,4	15,9
40-50	1,38	21,5	10,4	48,4	15,3
50-60	1,39	20,7	9,6	46,4	15,4
60-70	1,42	20,2	9,4	46,5	15,3
70-80	1,42	19,8	9,1	46,0	15,2
80-90	1,49	19,7	9	45,7	15,9
90-100	1,48	19,9	9,3	46,7	15,7
0-30	1,35	23,6	9,40	39,9	57,4
0-60	1,36	22,5	9,73	43,5	104,0
0-100	1,40	21,5	9,52	44,6	166,2

## ДОДАТОК Г

**Складові водоспоживання проса при післязливному вирощуванні  
на різних фонах живлення в роки досліджень, мм.**

Система живлення	Складові сумарного водоспоживання, мм			Сумарне водоспоживання, мм
	ґрунтова волога	корисні опади	норма зрошення	
	2021 р.			
Без добрив (контроль)	31,7	19,4	120,0	171,1
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	32,0	19,4	120,0	171,4
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	32,0	19,4	120,0	171,4
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	32,3	19,4	120,0	171,7
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	32,3	19,4	120,0	171,7
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	32,6	19,4	120,0	172,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	32,6	19,4	120,0	172,0
	2023 р.			
Без добрив (контроль)	16,2	38,6	130,0	184,8
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	16,3	38,6	130,0	184,9
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	16,3	38,6	130,0	184,9
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	16,4	38,9	130,0	185,2
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	16,4	38,9	130,0	185,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	16,4	40,3	130,0	186,6
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	16,4	40,3	130,0	186,6
	2024 р.			
Без добрив (контроль)	12,2	52,7	150,0	214,9
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	12,7	52,7	150,0	215,4
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	12,7	52,7	150,0	215,4
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	12,8	53,1	150,0	215,9
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	12,8	53,1	150,0	215,9
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	13,0	53,1	150,0	216,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	13,0	53,1	150,0	216,0

## ПРОДОВЖЕННЯ ДОДАТКУ Г

1	2	3	4	5
	2025 р.			
Без добрив (контроль)	15,0	39,0	120,0	173,9
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	15,4	39,0	120,0	174,4
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	15,4	39,0	120,0	174,4
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	15,9	42,4	120,0	178,3
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	15,9	42,4	120,0	178,3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	16,0	43,8	120,0	179,8
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	16,0	43,8	120,0	179,8
	СЕРЕДНЄ			
Без добрив (контроль)	18,8	37,4	130,0	186,2
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	19,1	37,4	130,0	186,5
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	19,1	37,4	130,0	186,5
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	19,3	38,4	130,0	187,8
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	19,3	38,4	130,0	187,8
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	19,5	39,1	130,0	188,6
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	19,5	39,1	130,0	188,6

## ДОДАТОК Д

**Коефіцієнт водоспоживання проса посівного сорту Миронівське 51  
в післяжнивних посівах залежно від фону живлення.**

Система живлення	Коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т					Коефіцієнт варіації, %
	2021 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.	серед нє	
Без добрив (контроль)	950	1081	1221	887	1035	14,3
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	705	804	1041	671	805	20,7
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	621	703	966	597	722	23,4
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	596	678	911	608	698	21,0
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	556	626	878	577	659	22,6
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	562	648	875	590	669	21,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	543	622	854	575	648	21,7

## ДОДАТОК Е

**Варіабельність міжфазних та вегетаційного періодів проса посівного сорту Миронівське 1 за різних систем живлення в роки досліджень**

Система живлення	Міжфазні періоди					
	посів - сходи	сходи - кущення	кущення - поява волоті	поява волоті - воскова стиглість	воскова - технічна стиглість	вегетаційний період
Без добрив (контроль)	6 0,96	11 1,26	22 1,41	25 0,96	18 1,29	76 1,91
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	6 0,96	11 1,26	22 0,96	26 0,50	18 1,29	76 1,71
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6 0,96	11 1,26	22 0,96	26 0,82	18 1,26	77 2,22
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	6 0,96	11 1,26	23 1,26	26 0,96	19 1,29	78 2,06
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6 0,96	11 1,26	23 1,26	26 0,96	19 1,29	78 2,06
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	6 0,96	11 1,26	23 1,41	27 0,52	19 1,29	79 2,36
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	6 0,96	11 1,26	23 1,41	27 0,52	19 1,29	79 2,36

*Примітка: чисельник – середня тривалість періоду, діб; знаменник – стандартне відхилення, діб.*

## ДОДАТОК Ж

**Варіювання врожайності післяживного проса посівного сорту  
Миронівське 51 залежно від системи живлення**

Система живлення	Урожайність, т/га				S	V, %
	2021	2023	2024	2025		
Без добрив (контроль)	1,8	1,71	1,76	1,96	0,11	5,98
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub>	2,43	2,3	2,07	2,6	0,22	9,51
N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	2,76	2,63	2,23	2,91	0,29	11,1
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub>	2,88	2,73	2,37	2,93	0,25	9,28
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	3,09	2,96	2,46	3,09	0,30	10,3
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub>	3,06	2,88	2,47	3,05	0,28	9,63
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> + підживлення Soil algae 5 л/га	3,17	3	2,53	3,13	0,29	9,44
НІР <sub>05</sub> , т/га	0,20	0,19	0,12	0,10		

## ДОДАТОК 3

**Варіювання врожайності сортів проса посівного сорту при  
післяжнивному вирощуванні залежно від норми висіву**

Сорт (А)	Норма висіву, млн шт./га	Урожайність у роки, т/га				S	V, %
		2021	2023	2024	2025		
Вітри ло	3,5	2,56	2,36	2,99	3,09	0,35	12,6
	4,0	2,41	2,25	2,69	2,49	0,18	7,4
	4,5	2,39	2,15	2,30	2,32	0,10	4,4
Денві кське	3,5	2,49	2,32	1,91	2,80	0,37	15,6
	4,0	2,32	2,19	2,02	2,67	0,28	12,0
	4,5	2,28	2,14	2,11	2,47	0,16	7,3
Мироні вське 51	3,5	3,11	2,82	2,15	2,92	0,42	15,2
	4,0	2,81	2,53	2,18	2,72	0,28	10,9
	4,5	2,75	2,51	2,14	2,68	0,27	10,8
Полто	3,5	2,64	2,45	2,23	2,84	0,26	10,3
	4,0	2,55	2,28	2,31	2,82	0,25	10,1
	4,5	2,47	2,24	2,00	2,57	0,25	11,0
Сонечк о слобідс	3,5	2,64	2,44	1,90	2,18	0,32	14,0
	4,0	2,53	2,31	1,92	2,16	0,26	11,5
	4,5	2,46	2,24	1,91	2,27	0,23	10,3
НІР <sub>05</sub> для часткових відмінностей А і В :		0,22	0,12	0,18	0,09		
для головних ефектів		A=0,13 B=0,1	A=0,06 B=0,07	A=0,11 B=0,08	A=0,05 B=0,04		

## Додаток І

**Екологічна пластичність сортів проса в післяжнивних посівах  
залежно від норми висіву**

Сорти	Середня урожайність по фактору В				Ефект генотипу, т/га	Розмах варіації, т/га	Коефіцієнт варіації, V, %	Гомеостатичність, Ном	Коефіцієнт агростабільності, As,%
	I	II	III	сер					
Вітрило	2,75	2,46	2,29	2,50	0,08	0,46	9,30	10,7	90,7
Денвікське	2,38	2,3	2,25	2,31	-0,11	0,13	2,84	35,2	97,2
Миронівське	2,75	2,56	2,52	2,61	0,19	0,23	4,71	21,2	95,3
Полто	2,54	2,49	2,32	2,45	0,03	0,22	4,71	21,2	95,3
Сонеч слоб	2,29	2,23	2,22	2,25	-0,18	0,07	1,69	59,3	98,3
Середнє	2,54	2,41	2,32	2,42		0,222	4,61	21,7	95,4

Застосування біологічних препаратів у поєднанні з помірними нормами азотного та фосфорного живлення забезпечує позитивний енергетичний баланс вирощування льону олійного, підвищує енергетичний коефіцієнт, знижує енергоємність продукції та оптимізує використання ресурсів відповідно до принципів енергоощадного та екологічно орієнтованого агровиробництва.

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:30:13 12.03.2026

Назва файлу з підписом: Дисертація Чуган В.В..pdf.asice  
Розмір файлу з підписом: 2.1 МБ

Перевірені файли:  
Назва файлу без підпису: Дисертація Чуган В.В..pdf  
Розмір файлу без підпису: 2.5 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: Чуган Віктор Вікторович  
П.І.Б.: Чуган Віктор Вікторович  
Країна: Україна  
РНОКПП: 2921500295  
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:30:06  
12.03.2026  
Сертифікат виданий: "Дія". Кваліфікований надавач електронних довірчих послуг  
Серійний номер: 382367105294AF9704000000D87E1400117AB104  
Тип носія особистого ключа: ЗНКІ криптомодуль ІІТ Гряда-301  
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145  
Тип підпису: Кваліфікований  
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)  
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)  
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.25 13:00