МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту

«____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

РІСТ І РОЗВИТОК ПРОСА ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ПУСТОВІТ Владислав
Андрійович

Керівник: ПОЛТОРЕЦЬКА Наталія,
к. с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНА ПРОСА ПОСІВНОГО (огляд літератури). 5
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ 15
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 16
3.1. Характеристика ґрунту 16
3.2. Погодні умови..... 18
3.3. Схема досліду 19
3.4. Агротехніка вирощування проса у досліді 20
3.5. Методика проведених досліджень 21
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 23
4.1. Густота сходів та збереженість рослин за вегетацію у фітоценозі проса 23
4.2. Біометричні показники розвитку рослин за різних рівнів азотного живлення 29
4.3. Структура врожаю проса 34
4.4. Урожайність зерна проса 37
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ ПРОСА..... 39
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 41
6.1. Моделювання виробничих небезпек..... 41
6.2. Охорона навколишнього природного середовища 44
ВИСНОВКИ..... 48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 49
ДОДАТКИ..... 56

ВСТУП

За масштабами посівів у світовому землеробстві просо посідає приблизно шосту позицію серед основних зернових культур, оскільки загальна площа його вирощування перевищує 50 млн гектарів. В аграрному секторі України ця культура займає близько 250–300 тис. га, але в роки, коли спостерігається масова загибель озимих, площі під просом можуть зростати до 400–500 тис. га. Таким чином, культура виконує функцію страхового резерву. Зерно проса є цінним у харчовому використанні, однак нинішні масштаби його виробництва та недостатній рівень якості вимагають подальшого вдосконалення технологічних елементів вирощування.

Максимальний приріст урожаю за внесення добрив можливий за умови чіткого розуміння біологічних та фізіологічних особливостей рослин, їх потреби в елементах живлення на ключових етапах формування врожайності, а також впливу цих факторів на структуру врожаю, якість зерна й хімічний його склад. Це лише одна складова вирішення питання. Інша полягає в тому, що при розробленні системи удобрення необхідно детально враховувати ґрунтові характеристики кожного поля та специфіку агроландшафтних умов господарства.

Актуальність теми. Фізіологічна дія азотних добрив під просо полягає передусім у стимулюванні зростання продуктивності, підвищенні вмісту білка в ядринах, а також у покращенні технологічних параметрів зерна — зниженні плівчастості, збільшенні вирівняності та приросту круп’яного виходу. Для проса, як справжньої круп’яної культури, ці показники мають визначальне значення.

Разом з тим досі ще недостатньо досліджено комплексний вплив природних факторів і норм азотних добрив на формування фотосинтетичного апарату, структури врожаю, особливостей розвитку агроценозу та зміну технологічних властивостей зерна проса, особливо в умовах нестійкого

зволоження Правобережного Лісостепу України. Саме ці обставини й визначили напрям наукової роботи та вибір тематики дисертаційного дослідження.

Мета досліджень – виявити закономірності впливу різних норм азотних добрив на морфометричні параметри проса, динаміку росту й розвитку рослин, формування врожайності та технологічні якісні показники зерна.

Завданнями досліджень було:

- проаналізувати вплив мінеральних добрив на зміну густоти рослин, їх збереженість і фізіологічні параметри протягом усього періоду вегетації.
- установити взаємозв'язок між фотосинтетичним потенціалом агроценозу та основними фізіологічними характеристиками рослин проса.
- оцінити вплив різних схем азотного живлення на врожайність та ключові технологічні показники якості зерна.
- провести економічний аналіз ефективності вирощування проса за різних варіантів удобрення азотом.

Робота виконана відповідно до наукового плану кафедри рослинництва УНУ та є частиною комплексних досліджень, спрямованих на розробку сучасних підходів до виробництва високоякісного посівного матеріалу й товарного зерна круп'яних культур. Апробацію роботи здійснили на науковій студентській конференції в УНУ у 2025 р. (додаток А).

РОЗДІЛ 1
ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЗЕРНА ПРОСА ПОСІВНОГО
(огляд літератури)

Для того щоб результативно вирішити питання раціонального застосування азотних добрив під просо, необхідно мати чітке уявлення про біологічні особливості цієї культури, особливості дії поживних речовин мінеральних туків на процеси росту, розвитку, формування врожайності та зміни якісних характеристик зерна. Такий підхід дає можливість обґрунтувати оптимальні схеми внесення азоту в технологіях вирощування проса й забезпечити отримання високих урожаїв зерна підвищеної якості, придатного для дитячого та дієтичного харчування [1].

Особливо вагому роль у функціонуванні рослинного організму відіграє азот, оскільки він входить до складу білкових молекул, амінокислот, нуклеїнових кислот та інших біохімічних сполук, які становлять основу клітини та її органел — ядра, протоплазми, мембран, пластид і хромосом. Азот є також складником хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, ряду вітамінів, глікозидів і багатьох активних метаболітів. Практично всі ферменти, що регулюють обмін речовин у рослинах, мають білкову природу, а частка азоту в білковій фракції досягає 16–18%. Без азоту не може утворюватися білок, а отже, неможливе існування живої матерії та будь-яких форм життя [3].

Для правильного використання засобів хімізації, насамперед добрив, і для формування високого врожаю з належними якісними параметрами, необхідно враховувати взаємодію внутрішніх і зовнішніх умов живлення рослин [4].

Відомо [5], що внесення мінеральних добрив, залежно від величини норми, може як стимулювати розвиток ґрунтової мікробіоти, так і

пригнічувати її, спричиняючи зміни у напрямі біохімічних трансформацій поживних сполук. Ці процеси прямо впливають на актуальні запаси поживних елементів у ґрунті, їх доступність і мобільність.

Атмосферний азот просовидні культури майже не засвоюють, тому основним джерелом живлення для них залишаються нітратні та амонійні форми азоту. Засновник агрохімії Д.М. Прянишников підкреслював, що приблизно 30% органічних речовин у ґрунті накопичується у вигляді гумусових сполук — головного резерву азоту для рослин, тоді як 70% органічної маси поступово мінералізується за схемою:

білки → гумінові речовини → амінокислоти → аміди → аміак → нітрати [3].

Цей ланцюг перетворень здійснюється за активної участі амоніфікаторів, нітрифікаторів і денітрифікаторів, а швидкість реакцій визначається співвідношенням температури і вологості ґрунту. Амоніфікація білкових форм триває протягом усієї вегетації рослин [6]. Значна частка мінералізації залежить також від дії ферментів, які каталізують гідролітичне розщеплення органічної речовини.

Відомо, що для нормального забезпечення мікрофлори придатним органічним субстратом необхідно, щоб вміст азоту становив не менше 1,7–2,0%, а співвідношення C : N було в межах 20–25. Якщо це співвідношення зменшується, а частка азоту перевищує 2%, то рослини починають нагромаджувати надлишкові нітрати [7].

Науковці наголошують [8], що «…внесення азотних добрив істотно збільшує запаси мінеральних форм азоту завдяки посиленню процесів мінералізації. У результаті в удобреному ґрунті формується так званий “екстра-азот”. Азот добрив, закріплений у різних органічних фракціях, з часом набуває властивостей ґрунтового азоту й бере участь у його подальшій трансформації».

На думку дослідників [9], ефективність азотних добрив значною мірою залежить від фосфатного режиму ґрунту, який є базовим показником ступеня його окультурення. Доступність фосфору для рослин визначається кількістю його фракцій, рухомістю та умовами, що впливають на поглинання фосфатів.

У природних умовах ґрунтів, багатих на фосфор, практично не існує. Головним джерелом є материнська порода, але значна частина фосфору переноситься в поверхневі горизонти завдяки діяльності кореневих систем рослин. Фосфор утворює численні форми та складні комплекси, що обумовлюють велику мінливість його доступності. Це значно ускладнює оцінку забезпеченості ґрунтів фосфором, особливо щодо його засвоєння просом [5].

Розподіл різних фракцій фосфатів і визначення їхньої ролі у живленні рослин утруднені через велику кількість мінеральних сполук із різним рівнем стабільності. Та сама форма фосфору може мати різну агрономічну цінність залежно від умов ґрунтового середовища [11].

Окрім того, азот впливає на вміст обмінного калію у ґрунті. Калій, хоча й рухоміший за фосфор [12], далеко не завжди доступний для поглинання. Найбільш придатними є розчинні форми калію, а також обмінно чи необмінно зв’язані колоїдами ґрунту. Частина калію надходить також із рослинних решток та мікробної біомаси, адже він не формує стійких органічних сполук. Крім цього, просо здатне використовувати калій із мінералів типу флогопіту, мусковіту, нефеліну, якщо вони перебувають у тонкодисперсному стані [13].

Як підкреслює Г.М. Господаренко [5], швидкість поповнення запасів водорозчинного калію за рахунок інших його форм зазвичай значно поступається темпам поглинання цього елемента рослинами. Крім того, природні трав’янисті ценози щорічно засвоюють із ґрунту відчутно менші обсяги калію, ніж високопродуктивні агрокультури. Саме така невідповідність і визначає необхідність систематичного внесення калійних

добрив.

Основою азотного живлення проса є нітратні та амонійні іони [14]. Формування наукової концепції засвоєння азоту рослинами започаткував у середині XIX століття Ж.Б. Буссенго. У подальшому [15], було доведено еквівалентність амонійної та нітратної форм азоту, показавши їх повну взаємозамінність у живленні рослин і незалежно від того, у якій формі поглинається азот — нітратній, нітритній чи аміачній, перша ключова стадія його засвоєння полягає в перетворенні нітратів і нітритів на аміак, який під дією ферментних систем поєднується з органічними кислотами та послідовно включається в синтез амінокислот — вихідної основи білків.

Процес синтезу та руйнування амінокислот властивий не тільки кореневій системі: інтенсивні реакції відбуваються також у листковій тканині. У листках, як і в коренях, формуються специфічні органічні сполуки, характерні саме для певних органів. Цей факт підтверджено результатами наукових досліджень [15], в результаті чого зазначені сполуки, що належать до групи азотистих речовин, проте не є власне амінокислотами — їх відносять до так званих кінінів.

Узагальнюючи отримані дані науковці дійшов висновку [15], що нітрати можуть засвоюватися рослинами двома шляхами:

• темновим, який відбувається переважно у коренях і частково в листках;

• фотохімічним, що проходить у листковій пластинці за участі світлової енергії.

Крім того, за результатами досліджень [16], у період вегетаційного розвитку проса активність фотосинтезу та швидкість засвоєння поживних елементів істотно визначаються віковим станом рослин.

Такі особливості пов’язані із специфікою будови кореневої системи проса. Як і інші злаки, культура формує мичкувате коріння, проте його розвиток має низку характерних рис, типових для рослин із C_4-типом фотосинтезу у циклі Калвіна [17].

Встановлено [18], що «…на відміну від злакових культур першої групи, проростання насіння проса починається лише з одного зародкового корінця. Через 3–4 доби, за наявності достатньої кількості вологи (не менше 25% від маси насіння) і температури ґрунту не нижче 10–12°С, починає формуватися бокове зародкове коріння. Автори звертають увагу на те, що головний корінь у перші дні росте швидше за зародкові корінці, у яких уже на ранніх стадіях з’являються бугорки — майбутні кореневі волоски. Це свідчить про ранній початок активної абсорбційної діяльності. Паралельно формується й стеблова (вузлова) коренева система».

Основне забезпечення рослин вологою та елементами живлення здійснюється вторинною кореневою системою, яка виникає на послідовних вузлах стебла. Її розвиток має закономірності: спочатку корені з’являються на першому підземному вузлі, потім на другому, третьому тощо. За сприятливих умов перший ярус стеблового коріння формується у фазі 4–6 листків — приблизно через 15–20 днів після появи сходів [19].

Далі ріст наступних ярусів відбувається швидко, паралельно з інтенсивним розвитком надземних органів. Загальна кількість вузлів, з яких виростає коріння, може коливатись від 3–4 до 10–12, найчастіше — 6–8. Цей показник формується залежно від структурного стану ґрунту, забезпеченості елементами живлення, погодних умов, біологічних особливостей сорту тощо. З одного вузла може відростати від 3–4 до 7–10 коренів. На час достигання у проса формується потужна коренева система, здатна проникати на глибину до 1 м та засвоювати вологу на рівні, близькому до межі мертвого запасу. Проте вплив доз та строків внесення азотних добрив на коренеутворення вивчений недостатньо і потребує уточнення.

Комплексне розуміння ролі кожного елемента живлення на етапах органогенезу дозволяє науково аргументувати концепцію мінерального живлення рослин, у тому числі азотного живлення, що є передумовою раціонального й високоефективного використання добрив [20]. Знання

специфіки впливу елементів на фізіологічні процеси дає змогу керувати ростом і розвитком рослин, а відтак — і величиною та якістю урожаю.

Як наголошує низка дослідників [15, 21, 22], коли рослини проса отримують недостатні кількості азоту, у них синтезується замало білкових ферментів, що спричинює уповільнення біосинтетичних реакцій, гальмування метаболічних процесів і ослаблення інтенсивності фотосинтезу. За відсутності належного азотного живлення неможливим стає формування хромосом — ключових носіїв спадкових ознак, а також нормальна передача генетичної інформації.

За дефіциту азоту порушуються практично всі процеси синтезу органічних речовин у рослинному організмі, особливо утворення хлорофілу. У результаті листкові пластинки світлішають, набуваючи жовтуватого забарвлення, а їх розміри зменшуються порівняно з рослинами, що мають достатнє живлення. Якщо нестача азоту слабко виражена, рослини можуть виглядати зовні цілком здоровими, однак урожайність усе одно буде зниженою [23].

Водночас надмірне забезпечення азотом активізує надлишкове наростання вегетативної маси та уповільнює темп вікових перетворень в онтогенезі, продовжуючи тривалість вегетації [24]. Це узгоджується з результатами досліджень й інших дослідників [15], які підкреслювали необхідність такої системи удобрення, що забезпечує природну зміну вікових стадій розвитку. За спостереженнями встановлено, що тривалість онтогенетичних фаз проса визначається сортовими властивостями, температурно-вологісним режимом сезону, а також специфікою живлення, серед яких провідна роль належить саме азоту. Збільшуючи інтенсивність ростових процесів, азот стимулює розвиток зеленої маси та гальмує перехід рослин до наступних фаз розвитку.

За результатами досліджень [25], «…надлишок азоту викликає формування занадто великих обсягів листостеблової маси у злакових та

просоподібних культур і послаблює міцність стебел, що зумовлює підвищення ризику вилягання посівів. Загальна схильність рослин до вилягання посилюється зі збільшенням азотного фону та пояснюється тим, що маса надземної частини значно зростає, тоді як міцність нижніх міжвузлів та діаметр стебла збільшується недостатньо; крім того, відбуваються зміни структури соломини й кореневої системи».

Полеглі посіви відзначаються погіршенням більшості технологічних параметрів: зменшується маса 1000 насінин, знижується натура та щільність зерна, а плівчастість, навпаки, зростає. Насіннєві властивості у таких рослин також погіршуються [26].

Оскільки як недостатні, так і надмірні кількості азоту викликають суттєве погіршення параметрів урожаю, необхідно суворо дотримуватися науково обґрунтованих норм, термінів та способів внесення азотних добрив. Особлива увага має приділятися рівномірному розподілу добрив по поверхні поля, оскільки нерівномірність живлення призводить до строкатості посівів.

Крім цього, рекомендовано коригувати азотні норми на підставі результатів рослинної діагностики: листкової (за загальним вмістом азоту в молодих органах) та тканинної (за концентрацією нітратів у визначених частинах рослини) [27]. Слід пам’ятати, що така діагностика є ефективною лише тоді, коли рослини забезпечені всіма іншими поживними елементами, мають оптимальний водний режим та ростуть у добре доглянутому агрофоні без обмежувальних факторів [28].

Численні дослідження визначають, що найбільш відповідальною фазою сприйняття азотного живлення для більшості зернових культур, включаючи просо, є світлова стадія [29]. Проте інші вчені подають протилежні міркування, підкреслюючи, що саме ранні етапи розвитку є найбільш чутливими до забезпечення азотом. На їхню думку, достатній рівень азоту на початку росту стимулює формування кореневої системи, посилює накопичення органічної маси та підвищує стійкість рослин [30].

За результатами експериментальних робіт [31], для утворення 1 ц зерна та супутньої кількості побічної продукції просо в середньому засвоює з ґрунту 2,7–3,3 кг азоту.

У початкові фази розвитку рослини використовують незначні обсяги елементів живлення, але після входження в фазу кущіння їх поглинання різко збільшується, досягаючи найбільшої інтенсивності від початку виходу рослин у трубку й до початку цвітіння [32].

Просо відрізняється високою реакцією як на пряме внесення, так і на післядію органічних та мінеральних добрив. За інформацією О.І. Рудник-Іващенко [33], внесення 20 т/га гною забезпечувало приріст урожайності на 4,3 ц/га, застосування повного мінерального добрива ($N_{45}P_{45}K_{45}$) — на 8,1 ц/га, а поєднання цих двох видів удобрення давало можливість отримати майже подвоєну продуктивність — 20,8 ц/га проти 10,7 ц/га на контролі.

Схожі результати продемонстровано й у інших досліджень [34], на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся: застосування N90P90K90 спричинило підвищення урожайності на 7,1 ц/га відносно контролю (28,8 ц/га), а внесення 40 т/га гною разом із $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило приріст на 9,5 ц/га.

У багаторічних дослідах на сірих лісових ґрунтах внесення 40 т/га гною після різних попередників підвищувало урожай проса на 16,6–41,3%, а за беззмінного вирощування при дозі 20 т/га приріст становив 19,1–50,5 ц/га (28,6 ц/га порівняно з 19,0 ц/га) [35].

Відповідно до даних [34], ефективною для проса виявляється мінеральна система удобрення. За результатами ВНДІ кукурудзи, на важкосуглинкових чорноземах північно-західного Степу внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ під зяблеву оранку забезпечувало збільшення урожайності в середньому на 8,8 ц/га. На Луганській дослідній станції встановлено такі показники: без добрив — 20,1 ц/га, на фоні P_{45} — 25 ц/га, а за системи $N_{60}P_{45}K_{45}$ — 28,9 ц/га.

Досить суттєвою є і сортова реакція рослин проса на рівень удобрення, оскільки різні генотипи демонструють неоднакову відповідь на однакові

умови живлення. Це переконливо підтверджують результати досліджень, виконаних на темно-сірих лісових легкосуглинкових ґрунтах. За удосконалення елементів сортової агротехніки й однакової норми висіву найвищу врожайність формував сорт Орловський карлик при застосуванні доз $N_{60}P_{60}K_{60}$ і $N_{90}P_{90}K_{90}$, тоді як у високорослого сорту зростання кількості мінеральних добрив часто зумовлювало вилягання посівів [27].

У той же час значні норми добрив [36], не завжди забезпечують очікуване зростання продуктивності. Так, підвищення норми повного мінерального удобрення з $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ давало стабільні прибавки врожаю. Проте подальше збільшення дози хоч і підвищувало урожайність, а також валовий дохід, але зростання окупності добрив було низьким, що робило такі норми економічно менш вигідними порівняно з $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Польові досліди [37] на опідзоленому чорноземі засвідчили перевагу локального допосівного внесення $N_{25}P_{25}K_{15}$ порівняно з розкидним варіантом $N_{45}P_{45}K_{35}$. Разом з тим перенесення частини азоту з допосівного удобрення у підживлення в період кущіння не забезпечило істотного приросту урожаю.

На відміну від цього було встановлено [29], позитивний вплив поетапного (роздрібного) внесення азоту. Максимальні показники врожайності проса (31,3–40,4 ц/га) на сірих лісових ґрунтах сформувалися при внесенні азотних добрив на III–IV та VII етапах органогенезу по 30 кг/га. Учений рекомендує враховувати висоту рослин: високорослі, схильні до вилягання сорти (понад 130 см) потребують невеликих доз азоту на ранніх етапах; середньорослі (90–120 см) — підвищених норм; низькорослі (до 90 см) здатні переносити високі дози азотного живлення протягом всієї вегетації.

Коригуючи величину удобрення та обираючи оптимальні строки внесення, вдається забезпечити умови для отримання високих показників урожайності, а також покращення хімічного складу зерна, технологічних характеристик і посівних властивостей [38].

Під впливом азотного живлення закономірно змінюється і хімічний склад зерна. Так, під час експериментів з ярими культурами встановлено тісний зв'язок між рівнем загального білка та вмістом клейковини і дозами азотних добрив [39]. Дослідники підкреслюють: що «…кращими є умови живлення, то активніше перебігають біохімічні реакції, формується вищий урожай і покращуються його якісні параметри».

Аналогічні результати наведено у роботах інших науковців [40], де використання повного мінерального удобрення сприяло підвищенню вмісту протеїну та жирів у зерні.

Покращення якості зерна було встановлено експериментально [41]. Так, у варіантах P_{60}, $N_{60}P_{60}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ вміст протеїну перевищував контроль на 0,53; 1,33 і 1,50% відповідно, що однозначно свідчить про вищу ефективність повного мінерального удобрення.

Разом із тим науковці [42] вважають, що внесення малих норм азоту майже не впливає на білковість зерна, оскільки значна частина азоту спрямовується на нарощування зеленої маси, розвиток вегетативних органів і формування зерна.

Отже, аналіз літературних джерел та експериментальних даних як вітчизняних, так і закордонних учених демонструє, що в технології вирощування проса питання удобрення, особливо азотного, потребують подальшої конкретизації. На сьогодні не повністю вивченими залишаються аспекти комплексної взаємодії чинників зовнішнього середовища з нормами і строками внесення азотних добрив, їхній вплив на будову фотосинтетичного апарату, формування врожайних структур, динаміку агроценозу, біохімічні параметри зерна та посівні властивості сортів, адаптованих до умов Лісостепу України. Саме ці невирішені питання і зумовили створення концепції наших досліджень.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сорт Київське 87. Різновидність *flavum*. Сорт створений селекціонерами Українського НДІ землеробства.

Рослини мають висоту 126–143 см, що на 5–12 см перевищує стандартні зразки. Кущ прямостоячий. Стебло середнього діаметра, доволі міцне, добре забезпечене листям. Листкові пластинки темно-зеленого відтінку, видовжено-ланцетної форми, помірно опушені, широкі й без гофрованої поверхні. Волоть розлога, нещільної структури, однобоко звисаюча, завдовжки 20–25 см. На основі нижніх і середніх гілочок чітко помітні характерні потовщення-подушечки.

Зернівки овально-кулястої форми, темно-жовтого забарвлення, середнього розміру. Показник маси 1000 зерен становить 7–7,3 г. Плівчастість — близько 15%. Вирівняність зерна досягає 79%, вихід крупи — 80%. Каша яскраво-жовта, має добрі технологічні та смакові властивості. Вміст білку становить 12,5%.

Сорт належить до середньоранніх: у зонах вирощування достигає за 73–93 дні, що на 3–10 днів раніше, ніж Миронівське 51.

Проявляє високу стійкість до вилягання й осипання (4–5 балів). Добре адаптується до загущених посівів. Придатний для інтенсивних технологій та повністю відповідає параметрам механізованого збирання. Має стійкість до рас сажки 1, 4, 5, а також до меланозу.

За даними сортовипробувань у Вінницькій та Чернігівській областях середня врожайність сорту становила 52,6 ц/га, що перевищило стандарт на 2,9 ц/га. Найвищий показник — 72 ц/га — зафіксовано у 1988 році на Калинівській сортодільниці Вінниччини. У виробничих умовах середній урожай досягав 34,5 ц/га [43].

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунту

Дослідження, спрямовані на вдосконалення системи мінерального живлення посівів проса, виконувалися на дослідних ділянках Уманського національного університету в польовій сівозміні кафедри рослинництва протягом 2025 року.

Ґрунти дослідної території представлені чорноземом опідзоленим важкосуглинковим, сформованим на лесових відкладах [44]. Вони мають такі агрохімічні характеристики: вміст гумусу у шарі 0–30 см (за Тюріним) коливався в межах 2,98–3,31%; ступінь насичення основами за Хіссінком становила 89,8–92,5%; гідролітична кислотність — 1,94–2,25 смоль/кг; реакція ґрунтового розчину була слабокислою (pH у сольовій суспензії 5,50–5,75). За даними Чирикова, ґрунт належав до середньозабезпечених рухомими сполуками фосфору (109–132 мг/кг) та калію (105–120 мг/кг). Забезпеченість легкогідролізованим азотом за Корнфілдом оцінювалася як низька — 89–103 мг/кг.

Такий тип ґрунту вважається придатним для вирощування майже всіх основних польових культур, зокрема й гречки.

3.2. Погодні умови

Погодні умови року проведення експерименту характеризувалися суттєвими відхиленнями під час окремих фенологічних фаз розвитку рослин проса, що згодом позначилося на рівні формування врожайності (табл. 1).

Таблиця 1

Погодні умови в 2025 р. *(за даними метеостанції Умань)*

Сума опадів, *мм*					
Місяць	Декади			Всього за місяць	Середня багаторічна
	I	II	III		
Квітень	0,0	26,4	29,8	56,2	**41**
Травень	6,2	0,0	35,6	41,8	**52**
Червень	14,0	42,5	0,0	56,5	**81**
Липень	0,4	0,0	17,5	17,9	**68**
Серпень	17,7	0,0	0,0	17,7	**49**
Вересень	2,2	9,9	0,0	12,1	**61**
Середня температура повітря, *°C*					
Місяць	декади			Середня за місяць	Середня багаторічна
	I	II	III		
Квітень	14,3	12,8	11,8	13,0	**9,7**
Травень	14,7	12,6	18,4	15,2	**15,4**
Червень	21,6	20,3	21,8	21,2	**19,0**
Липень	24,2	27,5	21,4	24,4	**20,9**
Серпень	21,6	22,7	24,9	23,1	**20,1**
Вересень	21,2	19,9	17,9	19,7	**14,5**
Відносна вологість повітря, *%*					
Місяць	декади			Середня за місяць	Середня багаторічна
	I	II	III		
Квітень	60	70	72	67	**68**
Травень	55	55	59	56	**64**
Червень	68	77	63	69	**66**
Липень	58	54	67	60	**67**
Серпень	68	56	46	57	**68**
Вересень	45	57	64	55	**66**

Для території, де виконувалися дослідження, типовим є помірно-континентальний клімат, а за показниками вологості вона належить до підзони нестійкого зволоження.

За спостереженнями метеостанції Умань, середньомісячна температура січня становить –5,7°С, липня — +19,0°С. Річне середнє значення температури повітря сягає приблизно +7,4°С. У різні роки можливі відчутні відхилення як у бік зниження, так і підвищення температур.

Загальна кількість опадів протягом вегетаційного періоду у середньому дорівнює 291,5 мм, однак їх розподіл відзначається виразною нерівномірністю. Гідротермічний коефіцієнт становить 1,18, проте його значення значно варіює як між роками, так і між окремими фазами розвитку рослин.

Тривалість усього вегетаційного періоду дорівнює близько 205 днів, а активної вегетації (при температурі понад 10°С) — 160–165 днів.

За багаторічними даними, перехід середньодобової температури через 0°С відбувається наприкінці листопада. Початок зими зазвичай характеризується нестійкими умовами з частими відлигами, повторними таненнями снігу та короткочасними морозами. Зимовий період найчастіше м’який, з регулярними відлигами до +8…+10°С. У середньому стійкий сніговий покрив формується між 13 і 22 грудня.

У зимові місяці переважає хмарність, випадання дрібних, але регулярних опадів. На цю пору припадає приблизно 100–130 мм або 20–25% річної суми опадів.

Основні показники погодного режиму у рік проведення досліджень наведено в таблиці 1. Згідно з ними, протягом усього 2024–2025 сільськогосподарського року вологи в цілому вистачало — рік перевищив середній багаторічний рівень на 59,2 мм. Водночас у період активної вегетації, який збігався зі строками формування урожаю проса, ситуація була протилежною: дефіцит зволоження склав 31% або 88,3 мм.

Розподіл опадів навесні та влітку був нерівномірний. На дату сівби та появи сходів спостерігався незначний дефіцит вологи — лише 8,4 мм (за норми травня 55 мм). У липні та серпні нестача опадів різко зросла — до 73 мм (64%). Крім того, опади мали переважно зливовий характер, через що їх засвоєння верхнім шаром ґрунту було малоефективним.

Одночасно зі зменшенням кількості опадів спостерігалося істотне підвищення температур повітря протягом усіх місяців вегетації: у травні — на 2,5°C, у червні та серпні — на 2,4°C, у липні — на 2,6°C.

Такі погодні коливання загалом негативно позначилися на інтенсивності ростових процесів та формуванні врожаю проса. Висока температура під час сівби у поєднанні з оптимальною вологістю ґрунту забезпечила дружні та рівномірні сходи. Проте рясні опади у червні, а також підвищення відносної вологості повітря — особливо в третій декаді місяця, коли випало понад місячну норму опадів — спричинили порушення нормального перебігу цвітіння та формування зернівок.

У фінальній фазі вегетації підвищення температури разом із низькою вологістю повітря призвели до появи часткового «запалу» зерна, що стало однією з ключових причин зниження врожайності культури.

3.3. Схема досліду

Однофакторний дослід передбачав чотири варіанти мінерального живлення посівів проса:

1. Без добрив (контроль).
2. $N_{30}P_{60}K_{60}$.
3. $N_{60}P_{60}K_{60}$.
4. $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Площа облікової ділянки — 10 м². Повторностей — чотири. Розміщення варіантів систематичне (двоярусне) (рис. 1).

I повторність				II повторність				III повторність			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
IV повторність				V повторність				VI повторність			

Рис. 1. Розміщення варіантів у досліді.

3.4. Агротехніка вирощування проса у досліді

Попередником проса в умовах проведених дослідів слугувала озима пшениця, технологія вирощування якої відповідала загальноприйнятим нормам для південної частини Правобережного Лісостепу.

Основний ґрунтообробіток під посіви проса розпочинали з поверхневого подрібнення та загортання стерні після збирання попередника за допомогою дискових борін БДВ-3 в один прохід. За появи нових хвиль бур’янів ділянки обробляли культиваторами КПС-4, оснащеними стрілчастими лапами. Осінню оранку на 23–25 см здійснювали у середині жовтня.

Весняний цикл підготовки ґрунту розпочинали із закриття вологи зубовими боронами БЗВС-1. Після першого розпушування приступали до закладання досліду. У цей період у ґрунт вносили фосфорні та калійні добрива в дозах по 60 кг/га кожного елемента, а азот — у нормах згідно зі схемою досліду. Передпосівну підготовку здійснювали на глибину 5–6 см.

Сорт Київське 87 висівали наприкінці третьої декади квітня. Посів виконували зерновою сівалкою СЗТ-3,6 звичайним рядковим способом із

міжряддям 15 см. Норму висіву встановлювали на рівні 4,0 млн схожих насінин на гектар, глибина загортання складала 3–5 см.

Догляд за сходами включав досходове боронування на 3–4-й день після висіву середніми зубовими боронами під кутом до напрямку сівби, зі швидкістю агрегату 5–6 км/год.

Приступали до скошування рослин тоді, коли у 80–85% волотей зернівки досягали стиглості. Збирання організовували у два етапи: спочатку скошували рослини з висотою стерні не менше 15–20 см, а підбір валків і обмолот проводили після зниження вологості зерна до 15–18%.

3.5. Методика проведення досліджень

Для реалізації поставлених наукових завдань у межах досліду виконували такі обліки, спостереження та аналітичні визначення:

• фенологічні спостереження проводили відповідно до «Методики Держсортовипробування сільськогосподарських культур» [45]. Фіксували настання ключових фаз росту й розвитку та відповідні етапи органогенезу. Початок фази реєстрували за появи ознак у 10% рослин, повне настання — у 75%;

• висоту рослин визначали у динаміці за основними етапами росту, проводячи вимірювання у двох несуміжних повтореннях у десяти рівновіддалених точках кожної ділянки [46];

• облік урожаю здійснювали суцільним способом із контролем через три пробні снопи, відібрані з попередньо визначених площадок розміром 1 м². Урожайність чистого зерна перераховували на стандартні норми вологості (14%) та чистоти (100%). Під час збирання відбирали зразки зерна для оцінки його якісних властивостей;

• аналіз елементів структури врожаю виконували за пробними снопами, визначаючи співвідношення між нетоварною й основною продукцією, масу та кількість зерен з однієї волоті, число гілочок I та II порядків, масу 1000 зерен згідно з ДСТУ 4138–2002;

• статистичне опрацювання експериментальних результатів проводили за допомогою дисперсійного аналізу та кореляційно-регресійних методів [47, 48];

• економічну результативність технологічних заходів оцінювали за показниками витрат на 1 га, сумарним прибутком, рівнем собівартості 1 ц зерна та коефіцієнтом рентабельності [49]. Виробничі витрати визначали згідно з технологічними картами у цінах 2025 року [50].

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У вітчизняній і зарубіжній літературі значення мінерального живлення і його роль у формуванні рівня врожайності і поліпшенні його якості висвітлюється досить широко [1, 24, 30, 40]. Науковими експериментами, проведеними у різних регіонах, обґрунтовано і доведено вплив різних доз азотних добрив, строків їх застосування, азотних підживлень на якісні показники насіння багатьох польових культур. Проте, переважна частина цих досліджень проводилась в інших ґрунтово-кліматичних умовах, за різних схем технологічного і агрохімічного експерименту. Тому, ідентифікувати результати цих досліджень досить важко. Крім того, на просі і, особливо його сучасних сортах, дослідження з виявлення впливу різних рівнів азотного навантаження на врожайність проса ще не проводились і інформація по цьому питанню відсутня. У зв’язку з цим нами був закладений польовий дослід з повним дотриманням властивих культурі прийомів агротехніки. Викладемо результати спостережень обліків і аналізів.

4.1. Густота сходів та збереженість рослин за вегетацію у фітоценозі проса

У системі заходів, спрямованих на зростання продуктивності проса, важливе значення приділяється створенню оптимальної індивідуальної морфоструктури рослин, які формують відповідну морфоструктуру посіву – агрофітоценоз.

Щоб правильно впливати живленням на щільність рослин в агрофітоценозі необхідно знати особливості формування структури врожаю.

У проса вона складається з наступних елементів: кількість рослин на одиниці площі; кількість волотеутворюючих стебел на одній рослині; розміри волоті і кількість зерен у ній; маса 1000 зерен. Кожний елемент продуктивності утворюється у певний період онтогенезу. Перший компонент структури формується у самий ранній період – період появи сходів.

Для проростків проса характерним є порівняно невелика фотосинтезуюча поверхня і сповільнений ріст рослин у початковий період онтогенезу, а в загальних запасах доступних поживних речовин, фосфор повинен переважати над азотом.

Проте, голодування рослин у ранній період росту і розвитку не допустиме по відношенню до будь-якого елементу. Так, встановлено [23], що «…азотне голодування проса у період від сівби до появи двох листочків викликає сильне збіднення тканин проростка на азотні сполуки, що призводить до зниження вмісту амінокислот у них. Не спростовуючи значення азоту, автор також вказує на шкодочинність високої концентрації в ґрунтовому розчині аніонів NO_3^- в зоні проростків. На її думку не лише високі, а також і помірні дози азоту, внесені локально, разом із сівбою культури, можуть бути малоефективними, або викликати токсичний вплив на польову схожість насіння. Причина полягає в тому, що проросток проса має незначну асиміляційну поверхню і містить мало вуглеводів, які не можуть використати велику кількість азоту».

Крім зазначених причин, зниження енергії проростання і польової схожості насіння проса, може відбуватися за рахунок підкислення ґрунту в зоні діяльності кореневих волосків. Навіть незначне підкислення середовища може негативно вплинути на схожість насіння, і як результат, на продуктивність агрофітоценозу.

Ґрунтово-кліматичні умови, що склалися на час сівби і появи сходів у 2025 році були досить сприятливими (див. підрозділ 3.2) – кількість опадів у цей період близька до середньобагаторічного показника забезпечила ґрунт достатньою кількістю вологи, а також оптимальний температурний режим

сприяли формуванню вирівняних сходів рослин проса і дозволили отримати достовірні дані щодо впливу різного рівня азотного живлення на формування структури посіву у початкові фази росту і розвитку. Як видно з даних табл. 2 досліджувані норми добрив здійснювали істотний вплив на формування показників густоти рослин і польової схожості насіння проса.

Таблиця 2

Вплив особливостей мінерального живлення

на польову схожість насіння і зміну густоту рослин проса у 2025 р.

Варіант досліду	Кількість рослин, шт./м^2	Польова схожість насіння, %	Кількість рослин на період збирання, шт./м^2	Виживання, %
Без добрив (контроль)	339	80,5	196	57,8
$N_{30}P_{60}K_{60}$	336	79,8	235	69,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	327	76,7	227	70,3
$N_{90}P_{60}K_{60}$	305	72,4	214	70,2
$НІР_{05}$	*10*	*3,3*		

Так, в цілому по досліду найбільш сприятливі умови для проростання насіння проса і формування ним польової схожості були у варіантах без добрив (контроль) і за мінімальної норми їх внесення у передпосівне внесення ($N_{30}P_{60}K_{60}$) – відповідно густота рослин і польова схожість були на рівні 336–339 шт./м2 і 79,8–80,5%. Подальше підвищення норми азотних добрив до середнього ($N_{60}P_{60}K_{60}$) рівня викликало певне зниження (у межах похибки) рівня даних показників – відповідно на 9 шт./м2 3,1% (при $НІР_{05}$ = 10 шт./м2 і 3,3%). Проте, за максимального рівня азотних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) таке зниження було вже істотним – відповідно на 31 шт./м2 і 7,4%.

Проведений нами аналіз одержаних результатів підтвердив твердження [23], щодо негативного впливу одноразового внесення високих доз азотних добрив.

Таким чином, з огляду на одержані результати і враховуючи біологічні

особливості проса внесення азоту понад 60 кг/га негативно впливає на формування його фітоценозу.

Особливу роль у формуванні щільності стеблостою відіграє здатність проса до кущіння. Таку особливість морфології проса слід розглядати як один із основних способів авторегулювання ним густоти ценозу. Проте, спеціальні дослідження, спрямовані на виявлення причин, що обумовлюють процеси кущіння і гілкування рослин проса, як у вітчизняній так і в зарубіжній літературі зустрічаються не часто, і вони, як правило, припадають на 30–50 роки минулого століття.

Дослідниками встановлено [22], що «…на продуктивність кущіння проса впливають біологічні особливості сорту, погодні умови року, площа живлення та забезпеченість ґрунту доступними формами мінеральних сполук, умови агротехніки (строки і способи сівби, норма висіву, глибина загортання насіння), міжвидова і внутрішньовидова конкуренція між рослинами, тощо».

Вивчення цього питання на сорті проса посівного Київське 87 показало, що за біологією воно значно відрізняється від інших зернових. Тому, за широкого діапазону застосування азоту, дози якого змінювались від 0 до 90 кг/га коефіцієнт кущіння у рослин також суттєво змінювався (рис. 1).

Встановлено, що рослини майже не кущились у варіантах без добрив (1,1). Дещо більше рослин (у межах похибки), які утворювали стебла першого порядку, було у варіантах, де вносили мінімальну норму азоту (N_{30}) на фоні $P_{60}K_{60}$. Коефіцієнт кущіння тут був вищим на 0,2 і становив 1,3 (при $НІР_{05}$ = 0,2). Значно активніше проходив цей процес при внесенні повної дози мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) одноразово під першу весняну культивацію. У цих варіантах, порівняно з іншими, коефіцієнт кущіння був істотно вищим і становив 1,6.

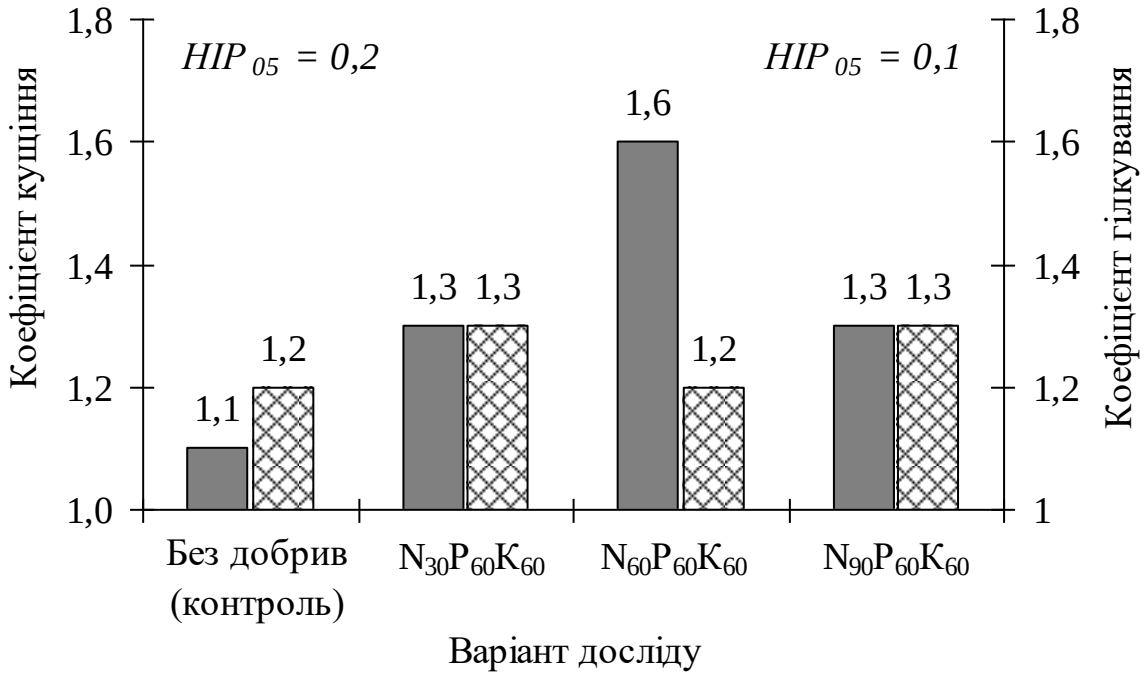


Рис. 1. **Вплив особливостей мінерального живлення на кущіння та гілкування рослин проса у 2025 р.:**

■ – кущіння; ▨ – гілкування.

Надмірно високі дози азоту (N_{90}) не стимулювали кущіння рослин проса, хоч і не викликали інгібуючого впливу. Коефіцієнт кущіння тут був на рівні контрольних варіантів (1,1–1,3).

Таким чином, кущінню проса найкраще сприяла середня норма азотного живлення (N_{60}) яку вносили на фоні $P_{60}K_{60}$.

У проса, на відміну від інших зернових культур, зустрічається гілкування стебла. І хоча це явище малопоширене, окремі дослідники спостерігали цей процес і виділили чотири типи гілкування [28, 29]. До першого відносять нижнє гілкування, коли гілки беруть початок із пазухи листової піхви двох нижніх стеблових вузлів. В цьому разі стебла не виходять з піхви, і, як правило, не формують волоті. До другої форми відноситься середній тип гілкування. При цьому воно відбувається в середній частині стебла із 3–4 стеблових вузлів. На таких пагонах утворюються невеликі волоті. При третій формі гілкування гілки відростають із бокових

вузлів. В цьому випадку волоті бувають добре розвиненими і формують зерно. Останнім типом гілкування слід вважати таке, що відбувається хаотично по всьому стеблу із піхви кожного або окремих стеблових вузлів. За такого гілкування волоті на бокових гілках розвиваються по-різному: у зростаючому порядку знизу до верхівки [34].

У наших дослідах певних закономірностей щодо гілкування рослин проса за різних норм внесення азотних добрив не встановлено. Проте, візуальне спостереження і підрахунки дають підставу стверджувати, що у рослин проса сорту Київське 87 відбувалось незначне гілкування. Із десяти рослин – дві рослини утворювали гілки. Утворення бічних гілок відбувалось із піхви листків третього-п’ятого стеблових вузлів. На цих гілках утворювались не великі волоті у яких формувалось зерно. Загальна кількість його була не значною і становила 25-40 штук.

На період збирання густота стеблостою залежала не лише від польової схожості насіння, але й від збереженості рослин. Крім цього, аналіз одержаних результатів досліджень свідчить, що значний вплив на щільність агрофітоценозу мали як погодні умови вегетаційного періоду так і умови мінерального живлення (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив особливостей мінерального живлення на збереженість рослин проса у 2025 р.

Варіант досліду	Кількість рослин на період збирання, шт./м^2	Збереженість, %
Без добрив (контроль)	196	57,8
$N_{30}P_{60}K_{60}$	235	69,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	227	70,3
$N_{90}P_{60}K_{60}$	214	70,2
$НІР_{05}$	*12*	*3,5*

Таким чином, поєднання погодних і ґрунтових чинників у досліджуваному сезоні забезпечило такі умови, за яких до завершення

вегетації в агрофітоценозі зберігалося від 57,8 до 70,2% рослин від кількості отриманих сходів. При цьому слід наголосити, що внесення мінеральних добрив позитивно позначалося на виживанні рослин проса. Порівняно з контрольним варіантом (без добрив), за їх застосування щільність збережених рослин була істотно вищою — на 18–39 шт./м² ($НІР_{05}$ = 12) або на 12,1–12,4% ($НІР_{05}$ = 3,5).

Водночас середній показник збереженості за різних варіантів азотного живлення істотно не відрізнявся, і амплітуда його коливань становила лише 0,3–0,4% ($НІР_{05}$ = 3,5).

Отже, система внесення азотних добрив не справляла відчутного впливу на частку рослин, що доживали до кінця вегетації. Значно вагоміше визначальним фактором у формуванні кінцевої густоти стеблостою була польова схожість насіння, яка фактично й задавала початковий рівень щільності посіву. Зменшення кількості рослин на час збирання, особливо на контролі, на наш погляд, пов’язане зі зниженням збалансованості елементів живлення та послабленням азотного забезпечення впродовж формування рослинного організму.

4.2. Біометричні показники розвитку рослин за різних рівнів азотного живлення

Науковці наголошують [53], що «…біометричні характеристики рослин безпосередньо відображають інтенсивність ростових процесів, які супроводжуються глибокими фізіологічними змінами, наростанням органічної маси та формуванням нових структурних елементів».

Наші експериментальні дані свідчать, що підвищене азотне навантаження (N_{90}) спричинювало тимчасове пригнічення росту на ранніх,

ювенільних стадіях розвитку культури. Так, у фазі кущіння висота рослин становила 17,6 см, що на 1,4–1,8 см менше ($НІР_{05}$ = 1,1) порівняно з варіантами, де застосовували одинарну (N_{30}) або подвійну (N_{60}) норму азоту (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка висоти та добові прирости проса залежно від системи застосування азотних добрив у 2025 р., см

Варіант досліду	Висота рослин			Добові прирости		
	кущіння	викидання волоті	дозрівання	сходи-кущіння	кущіння-викидання волоті	викидання волоті-дозрівання
Без добрив (контроль)	16,2	74	95	0,32	2,00	0,51
$N_{30}P_{60}K_{60}$	19,4	88	112	0,43	2,45	0,53
$N_{60}P_{60}K_{60}$	19,0	92	117	0,45	2,47	0,52
$N_{90}P_{60}K_{60}$	17,6	98	124	0,40	2,58	0,55
$НІР_{05}$	*1,1*	*5*	*4*			

Найсприятливіші умови для стартового формування надземної маси спостерігались за внесення низьких і помірних доз азоту ($N_{30–60}$) на фоні $P_{60}K_{60}$: у цей період висота рослин становила 19,0–19,4 см. Значне відставання у рості фіксували у контрольному варіанті без добрив — мінус 2,8–3,2 см відносно попередніх варіантів. Добові прирости на етапі кущіння залишалися низькими як за внесення N_{90}, так і на контролі — 0,32–0,40 см.

У подальші фази онтогенезу, зі зростанням структурної складності рослин та активним поділом меристем, чутливість культури до рівня азотного живлення зростала.

Найінтенсивніше просо нарощує біомасу в період від початку стеблування до появи волоті. Саме тоді культура поглинає найбільші обсяги елементів живлення, насамперед азоту. Тому у фазі викидання волотей

контраст між варіантами різних доз азоту значно посилився: максимальна різниця у висоті рослин сягала 24 см. Мінімальні значення зафіксовано на контролі без удобрення. За внесення $N_{30–60}$ рослини досягали 88–92 см, тоді як підвищене азотне навантаження (N_{90}) забезпечувало висоту 98 см, що на 5–10 см більше ($НІР_{05}$ = 5) порівняно з нижчими дозами. Добові прирости також різнилися: від 2,0 см без добрив до 2,58 см у варіанті з N_{90}.

Після появи волотей ріст проса тривав, хоча інтенсивність дещо зменшувалась. У цей час істотно збільшувалися розміри прапорцевого листка, довжина останнього міжвузля та морфометрія волоті, що супроводжувалось активним споживанням поживних елементів, особливо азоту.

У фазі дозрівання висота рослин, порівняно з фазою викидання волотей, збільшилася на 21–26 см. За середнього азотного забезпечення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) рослини досягали 117 см, що відповідало приросту майже 26%. Добовий приріст становив 0,52 см. За низьких доз азоту (N_{30}) висота рослин була меншою — 112 см. Натомість максимальна доза N_{90} сприяла потужному розвитку вегетативної маси, збільшенню висоти на 26 см та найвищому добовому приросту — 0,55 см.

Одним із ключових біометричних критеріїв є кількість міжвузлів та їх довжина. Число вузлів має спадкову природу, тоді як довжина міжвузлів визначається інтенсивністю ростових процесів. У наших дослідах рослини сорту Київське 87 формували 6–7 стеблових вузлів (табл. 5). Простежувалась характерна закономірність: зі збільшенням дози азоту зменшувалась тенденція до формування більшої кількості вузлів. Так, у контролі рослини мали в середньому 7,4 вузла, а за внесення добрив їх кількість зменшувалась на 0,8–1,2 шт.

Внесення азотних добрив спричиняло помітні фізіологічні зрушення та прискорювало темпи ростових процесів у рослин, однак чіткої лінійної залежності між кількістю вузлів на стеблі та рівнем азотного забезпечення

встановити не вдалося. Ймовірно, ця взаємодія має більш складний характер, механізм якого поки що залишається недостатньо з'ясованим.

Таблиця 5

Кількість міжвузлів, їхня довжина і вилягання рослин проса залежно від особливостей мінерального живлення (середнє з 10 рослин)

Варіант досліду	Кількість міжвузлів, шт.	Довжина міжвузлів, см			Вилягання, балів
		I	II	останнього	
Без добрив (контроль)	7,4	4,5	9,5	17,6	0
$N_{30}P_{60}K_{60}$	6,4	5,4	10,7	16,2	1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	6,6	6,0	11,3	17,3	1
$N_{90}P_{60}K_{60}$	6,2	6,3	9,8	18,5	3
$НІР_{05}$	*0,2*	*0,5*	*0,3*	*0,5*	–

Регулювання норм азоту дозволяло частково впливати на довжину стеблових міжвузлів та змінювати гістологічні властивості соломини. Вкорочення міжвузлів супроводжувалося підвищенням стійкості стебла до навантажень. Зокрема, за внесення $N_{60–90}$ в основне удобрення відстань між вузлом кущення та першим стебловим вузлом становила 6,0–6,3 см, тоді як за одинарної дози азоту (30 кг/га) вона зменшувалася до 5,4 см, а на контролі (без добрив) була мінімальною — 4,5 см.

Аналогічну тенденцію виявлено і при оцінюванні довжини останнього міжвузля — продовження головної осі генеративного органу. За збільшення азотного навантаження від N_{30} до N_{90} на фоні $P_{60}K_{60}$ довжина верхнього міжвузля зростала істотно — на 1,1 та 1,2 см ($НІР_{05}$ = 0,3).

Спільним для всіх варіантів удобрення було те, що перше міжвузля у проса завжди формувалося найкоротшим, а останнє — найдовшим. Міжвузля середньої частини стебла видовжувалися поступово, відповідно до порядку стеблових вузлів.

У технологічному аспекті біометричні характеристики стебла тісно пов'язані з явищем вилягання посівів, яке є досить типовим для проса. Наші

спостереження показали, що під впливом сукупності факторів вертикальна орієнтація стебел може порушуватись уже у фазі стеблування. Таке відхилення проявлялося у формах тимчасового або стійкого нахилу рослин.

Короткочасне вилягання найчастіше фіксується на ранніх етапах репродуктивного розвитку — до фази викидання волоті – цвітіння. За такої деформації рослини зазвичай не зазнають структурних пошкоджень і здатні відновлювати вертикальне положення, хоч це частково й позначається на майбутній урожайності та якості зерна. Водночас такі рослини частіше переходять у фазу стійкого вилягання.

Постійне вилягання зазвичай спостерігається в період інтенсивного наливання зерна, коли маса волотей різко збільшується. У таких випадках відбувається перегин або перелом стебла у першому чи другому міжвузлі. Попри можливість певного вирівнювання за рахунок верхніх міжвузлів, урожайність таких рослин помітно знижується.

У наших умовах досліду стійкість посівів до вилягання істотно змінювалася залежно від дози азоту. У 2025 році, коли лише протягом третьої декади червня випало 107,5 мм опадів при середній нормі 87 мм, у варіанті з максимальним азотним навантаженням спостерігалося поникання і короткочасне вилягання рослин (див. табл. 5).

Оцінка вилягання здійснювалася за стандартною п’ятибальною шкалою. При низьких і середніх дозах азоту (N_{30}, N_{60}) вилягання було короткотривалим та слабким (1 бал). Натомість підвищена доза N_{90} істотно збільшувала ризик стійкого вилягання — до 3 балів.

Узагальнюючи, можна зазначити: різні рівні азотного навантаження суттєво змінювали біометричні характеристики стебла. Найпомітніший стимулювальний вплив азоту відзначався у період кущіння – викидання волоті. Разом із тим збільшення дози азоту з 30 до 90 кг/га підвищувало ймовірність вилягання, особливо за поєднання з екстремальними погодними умовами.

4.3. Структура врожаю проса

Головними складовими, що визначають рівень продуктивності проса, є кінцева густота стояння рослин на момент збирання та їх індивідуальна здатність формувати зерно.

Особисту продуктивність кожної рослини ми характеризували за морфометрією волоті, рівнем її озерненості та масою зерна. Волоть проса — складний за структурою репродуктивний орган, у якому на головній осі формується система розгалужень 1–4 порядків. Ступінь гілкування та довжина гілочок залежать не тільки від біологічних особливостей сорту, а й від агротехнічних умов. У наших дослідженнях формування бічних гілочок завершувалося на четвертому порядку.

На кінцях кожної гілочки утворюються колоски. У типовому колоску міститься дві квітки: нижня, як правило, редукується до двох дрібних лусок, а верхня — повноцінна, з добре розвиненими тичинками та маточкою, з якої формується зернівка. У літературі інколи згадується, що за дуже сприятливих умов, особливо за збалансованого азотного живлення, може розвиватися і друга квітка [34]. Проте це є радше поодиноким винятком: у наших дослідах двозернівкових колосків не виявлено.

Параметри волоті — її довжина, кількість порядків гілкування, маса зерна — визначаються якістю диференціації меристемних тканин конуса наростання у ключові міжфазні періоди, передусім між III і VII етапами органогенезу. Оптимальне азотне живлення у цей час істотно підсилювало формування репродуктивних органів та задавало потенціал урожайності.

У наших умовах варіанти мінерального живлення значно впливали на морфологію волотей і змінювали структурні параметри врожаю, включно з масою зерна (табл. 6).

Таблиця 6

Зміна основних показників архітектоніки волоті залежно від особливостей мінерального живлення у 2025 р.

Варіант досліду	Розміри волоті, см	Кількість гілочок у волоті, шт.	
		I порядку	II порядку
Без добрив (контроль)	26	16,1	65,5
$N_{30}P_{60}K_{60}$	29	18,0	74,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	30	18,3	75,2
$N_{90}P_{60}K_{60}$	31	19,3	84,1
$НІР_{05}$	*3*	*2,2*	*9,5*

Так, в цілому по досліду довжина центральної осі волоті змінювалась від 26 до 31 см, або на 19%. Як і у випадку з наростанням вегетативної маси і формування висоти рослин розмір волоті на пряму залежав від особливостей мінерального живлення і зі збільшенням норми внесеного азоту рівень даного показника також збільшувався.

Азот у невисоких дозах (N_{30}) порівняно з контролем (без добрив), а також варіантом подвійної його норми (N_{60}) сприяв оптимізації умов азотного живлення, позитивно впливав на формування і розвиток генеративних органів – кількість гілочок I і II порядку у цьому варіанті була відповідно 18,0 і 74,4 шт. Проте, істотної залежності між розмірами волоті і кількістю гілочок різних порядків, за цієї норми азоту не встановлено.

Збільшення дози азоту до 60 кг/га сприяло незначному покращенню лінійних і кількісних показників архітектоніки волоті. У цьому варіанті довжина зросла до 30 см, збільшилась кількість гілочок першого (18,3 шт.) і другого (75,2 шт.) порядків.

Збільшення дози азоту до 90 кг/га, стимулювало процеси формування волотей. Ступінь гілкування волоті невід'ємно впливала на зростання структурних показників продуктивності, але прямої залежності між кількістю гілочок і масою зерна у волотях не спостерігалось (табл. 7).

Таблиця 7

Структура врожаю проса залежно від особливостей мінерального живлення у 2025 р.

Варіант досліду	Індивідуальна продуктивність		Маса 1000 зерен, г
	кількість зерен, шт.	маса зерна, г	
Без добрив (контроль)	305	1,86	6,09
$N_{30}P_{60}K_{60}$	339	2,17	6,53
$N_{60}P_{60}K_{60}$	407	2,85	7,25
$N_{90}P_{60}K_{60}$	411	2,89	7,04
HIP_{05}	*29*	*0,65*	*0,18*

У середньому по досліду озерненість волоті у досліді змінювалась у від 305 шт./рослину у варіанті без добрив до 411 шт./рослину у варіанті з внесенням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Збільшення кількості азоту з 30 до 60 кг/га д.р. сприяло істотному покращенню структури врожаю і індивідуальної продуктивності рослин. Так, озерненість волоті і маса зерна склала відповідно 407 шт. і 2,85 г, що на 16,7% більше, ніж за внесення N_{30}, а маса 1000 зерен була на 0,21–1,16 г істотно більшою порівняно з іншими варіантами, при НІР05 = 0,18 г.

Подальше збільшення норми азоту до 90 кг/га також позитивно впливало на показники структури врожаю, проте істотної переваги порівняно з середньою нормою внесення азоту тут встановлено не було. Так, озерненість і маса зерна у волоті становили 411 шт. та 2,89 г відповідно, а маса 1000 зменшилася на 0,21 г.

Отже, особливості внесення мінеральних добрив істотно впливали на показники структури врожаю. Основну роль у формуванні врожайності проса відігравали озерненість волоті та індивідуальна продуктивність рослин, а розгалуженість і розміри волоті не мали істотного впливу на її рівень.

4.3. Урожайність зерна проса

Удосконалення технології вирощування проса, крім агротехнічних заходів, передбачає забезпечення рослин протягом життєвого циклу елементами живлення, серед яких вагоме значення надається азоту. Щоб одержувати високі і сталі врожаї проса необхідно виходити із особливостей біології цієї культури та значення азоту у формуванні структури врожаю і його якості [1].

Як видно з даних табл. 8 особливості мінерального живлення здійснювали істотний вплив на формування врожаю зерна посівами проса.

Так, у середньому по досліду рівень даного показника залежно від варіантів основного удобрення варіював у досить широких межах (22,9%) – від 32,2 ц/га у контролі (без добрив) і до 52,7 ц/га за потрійної норми азоту на фоні фосфорно-калійного удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$). При цьому, нами було встановлено чітку залежність – зі збільшенням норми азоту врожайність посівів також збільшувалася. Проте, необхідно відмітити, якщо за подвійної норми азоту (N_{60}) порівняно з одинарною (N_{30}) приріст до врожаю був істотним – 3,2 ц/га або 6,3%, то за потрійної він був у межах $НІР_{05}$ – відповідно 1,5 ц/га або 2,8% при $НІР_{05}$ = 2,2 ц/га (додаток А).

Крім цього необхідно відмітити, що в 2025 році досить значний вплив на формування врожаю мали і погодні умови. Так, грозові дощі у супроводі зі шквалистим вітром у червні спричинили часткове „вибивання” і поникання молодих рослин, що в подальшому мало негативний вплив на формування загальної продуктивності посіву.

Таблиця 8

Урожайність проса посівного залежно від особливостей мінерального живлення у 2017 році

Варіант досліду	Урожайність, ц/га	Прирости врожаю по відношенню до:							
		контролю		$N_{30}P_{60}K_{60}$		$N_{60}P_{60}K_{60}$		$N_{90}P_{60}K_{60}$	
		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Без добрив (контроль)	32,2	–	–	-15,8	-32,9	-19,0	-37,1	-20,5	-38,9
$N_{30}P_{60}K_{60}$	48,0	+15,8	+49,1	–	–	-3,2	-6,3	-4,7	-8,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	51,2	+19,0	+59,0	+3,2	+6,7	–	–	-1,5	-2,8
$N_{90}P_{60}K_{60}$	52,7	+20,5	+63,7	+4,7	+9,8	+1,5	+2,9	–	–
Середнє	*46,0*								
$НІР_{05}$	*2,2*								

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ПОСІВІВ ПРОСА

Ефективною для проса вважається така система удобрення, зокрема й азотного живлення, яка забезпечує максимальний вихід продукції з 1 га та високу окупність вкладених ресурсів. Саме тому нами було проведено економічну та енергетичну оцінку впливу різних норм азотних добрив на фоні $P_{60}K_{60}$. Розрахунки здійснювали з урахуванням загальних витрат, валового виходу продукції (ВВП), собівартості одиниці виробництва та прибутку з площі 1 га [50].

Беручи до уваги суттєве подорожчання зерна круп'яних культур, у тому числі проса, та продуктів його перероблення (пшона), у цьому підрозділі наведено розрахункові приклади економічних показників, отримані на основі врожайності 2025 року в порівняльних цінах кінця того ж року. Економічні параметри визначали за типовими технологічними картами (з урахуванням вартості добрив, додаток Б). При обрахунку приймали реалізаційну ціну одного центнера насіння проса — 200,00 грн.

Проведений аналіз економічної результативності вирощування проса засвідчив, що у 2025 році рівень ефективності суттєво залежав як від кон'юнктури ринку круп'яних культур, так і від вартості мінеральних добрив. Різке подорожчання пшона стало причиною того, що навіть за відсутності внесення мінеральних добрив і порівняно низької врожайності (32,2 ц/га) рентабельність виробництва була досить високою — 115% (табл. 9).

Однак очевидно, що у виробничій практиці такий спосіб господарювання є неприйнятним, оскільки урожайність за подібної системи досягається виключно за рахунок потенціалу природної родючості ґрунту,

що неминуче призводить до його виснаження.

Таблиця 9

Економічна ефективність способів мінерального живлення під час вирощування проса в умовах 2025 р.

Показник	Варіант досліду			
	Без добрив (контроль)	$N_{30}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{60}K_{60}$
Урожайність, ц/га	32,2	48,0	51,2	52,7
Вартість продукції з 1 га, грн	4186,00	6240,00	6656,00	6851,00
Затрат на 1 га, грн	928,56	2436,04	2778,98	3111,96
Собівартість 1 ц основної продукції, грн	27,99	50,18	53,74	58,53
Прибуток на 1 га, грн	3257,44	3803,96	3877,02	3739,04
Рівень рентабельності, %	151	56	40	20

Порівнюючи економічну результативність різних рівнів азотного забезпечення на фоні $P_{60}K_{60}$, слід наголосити, що найвищий економічний ефект забезпечило внесення подвійної норми азоту (N_{60}) у передпосівну культивацію. Прибуток за даним варіантом становив 3877,02 грн/га, що перевищувало показники варіантів з одинарною нормою (N_{30}) та потрійною (N_{90}) відповідно на 73,06 та 137,99 грн. Висока економічна віддача цього варіанту пояснювалася істотно більшою врожайністю й невисокою собівартістю продукції — 51,2 ц/га та 53,74 грн/ц.

Збільшення дози азоту до N_{90} хоча й забезпечило формування більшої кількості врожаю, проте за економічними критеріями цей варіант виявився невиправданим: собівартість продукції зросла до 58,53 грн/ц, тоді як прибуток і рівень рентабельності знизилися до 3739,04 грн/га та 20% відповідно..

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Моделювання виробничих небезпек

У нинішніх умовах, коли в аграрному секторі активно впроваджуються сучасні технології, модернізовані технічні засоби та індустріальні методи виконання виробничих операцій, питання охорони праці набуває особливої актуальності [51].

Будь-який вид сільськогосподарської продукції створюється внаслідок функціонування певних складових виробничого процесу, які у різних поєднаннях формують цілісні технологічні системи.

Аналізуючи специфіку умов праці й заходів безпеки механізаторів, задіяних у внесенні мінеральних добрив під посіви проса, можна стверджувати, що це певною мірою штучно сформована система, впорядкована за визначеними правилами та побудована з обмеженої кількості елементів. Дослідження стану охорони праці під час механізованого внесення добрив підтверджують наявність характерних особливостей і специфічних факторів впливу на умови роботи.

У проведених дослідах застосовувався гранульований суперфосфат. Його дія на організм людини обумовлюється концентрацією фосфорного ангідриду та кількістю вільної фосфорної кислоти у складі добрива. Потрапляння парів фосфорного ангідриду може викликати подразнення слизових оболонок носоглотки, трахеї та бронхів. Пари фосфорної кислоти спричиняють сухість у носі та горлі, іноді — кровотечі. Пил суперфосфату подразнює очі, а контакт зі шкірою часто призводить до появи запальних реакцій і навіть хімічних опіків. Негативно можуть впливати й фтористі

домішки, провокуючи зміни у кістковій тканині.

Враховуючи наявність реальних небезпечних факторів під час застосування мінеральних добрив, організацію робіт необхідно вибудовувати так, щоб максимально зменшити їх шкідливий вплив на працівників та довкілля.

Безпечність виконання операцій при внесенні добрив, у першу чергу, залежить від належної організації праці. У більшості господарств формують спеціальні механізовані загони для проведення внесення добрив. Такі групи не є постійними і створюються на період конкретного технологічного циклу. Їх забезпечують технікою для підготовки, транспортування і завантаження добрив, а також розкидачами. Усі роботи здійснюються відповідно до вимог НДОП 22.00-2.02-84 «Заготування твердих і рідких мінеральних добрив» під наглядом агронома — керівника загону. Для внесення застосовують розкидачі МВУ-0,5А, агрегатовані з трактором МТЗ-80.

Технічний стан агрегатів перед початком роботи перевіряється спеціальною комісією, до якої входять інженер з охорони праці, агроном і тракторист. До експлуатації допускають лише ті машини, що відповідають вимогам ГОСТ 12.2.019-88 ССБТ «Трактори і самохідні сільськогосподарські машини». Розкидачі обов’язково повинні мати системи керування, доступні з кабіни трактора.

Усі працівники проходять медогляд, навчання та інструктаж відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Під час первинного інструктажу агроном-агрохімік пояснює можливі небезпеки та способи запобігання аварійним ситуаціям у процесі роботи.

Під час внесення добрив працівникам видають спецодяг, комбінезон та гумові чоботи. Для захисту органів дихання застосовують протипилові респіратори «Лепесток-40» або «Астра-2М». Якщо у повітрі присутні разом із пилом шкідливі гази або пари, використовують універсальні респіратори

РУ-6ОМ із патроном марки «А» або «Б».

Перед початком виконання робіт агрохімік оглядає поле. Визначають місце для заправки розкидача — на відстані не менше 100 м від зони відпочинку й приймання їжі. Облаштовують точку, де має бути вода, умивальник, рушник, мило, а також закритий бачок із питною водою.

Відстань між агрегатами встановлюють з урахуванням напряму і сили вітру, а також конфігурації поля. Добрива, що розкидаються попереду, не повинні потрапляти на техніку, що працює позаду. Якщо одночасно працює кілька агрегатів, призначають старшого, відповідального за дотримання правил безпеки.

Після завершення роботи з добривами працівники обов’язково приймають душ. Для спецодягу та засобів захисту передбачають окремі приміщення.

Режим праці та відпочинку регламентується статутом підприємства.

Для покращення умов праці при роботі з мінеральними добривами та усунення виявлених недоліків необхідно:

– підвищити якість проведення інструктажів і систематичної перевірки знань;

– забезпечити контроль за технологічною та трудовою дисципліною;

– організувати належне знешкодження, прання спецодягу, очищення та зберігання агрегатів і механізмів, задіяних у процесі внесення добрив.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища

Добре відомо, що на стан агропромислового виробництва значною мірою впливають численні забруднювачі довкілля: промислові комплекси, теплові й атомні електростанції, транспортні засоби та інші антропогенні джерела впливу. Водночас і сам аграрний сектор є одним із помітних чинників деградації навколишнього середовища [52].

Нераціональна експлуатація земель у поєднанні з недосконалими технологіями вирощування культур зумовлює істотні втрати родючого шару внаслідок різних форм ерозійних процесів. У результаті не лише знижується якість самого ґрунтового покриву, а й проявляються інші негативні явища – розширення ярів і ерозійних улоговин, замулення водоймищ, забруднення повітря, засипання лісових смуг продуктами ерозії.

Специфіка технологій вирощування багатьох культур передбачає застосування мінеральних добрив і засобів хімічного захисту, що дають можливість суттєво підвищувати врожайність. Водночас ці препарати створюють ризики для екологічної безпеки. Частина шкідливих сполук може потрапляти в рослини, накопичуватися в них і далі мігрувати харчовими ланцюгами до організму людини. Хімічні речовини, потрапляючи в ґрунт, взаємодіють із ґрунтовим розчином, вбирним комплексом і мікробіотою, а наслідки цих процесів не завжди сприяють формуванню бажаних властивостей ґрунту та вирощуваної продукції.

Агрохімікати, нанесені на поверхню поля, можуть переміщуватися разом із продуктами водної та вітрової ерозії до водойм, спричиняючи їх евтрофікацію. Засоби хімічного захисту нерідко знищують не лише фітопатогени чи шкідників, а й корисну ентомофауну та мікроорганізми, погіршуючи екологічну рівновагу агроценозу.

Попри активний пошук альтернативних варіантів удобрення і

біологічного захисту рослин, агрохімічні препарати ще тривалий час залишатимуться важливим інструментом інтенсифікації землеробства. Тому мінімізація негативного впливу добрив і пестицидів можлива лише за умов:

– удосконалення складу агрохімікатів і зниження їх токсичності;

– розроблення екологічно виважених способів їх застосування.

Серйозної шкоди довкіллю можуть також завдавати відходи тваринницьких комплексів, особливо рідкі стоки. Потрапляючи у водойми, вони так само, як і мінеральні добрива, провокують інтенсивну евтрофікацію. Органічні добрива (гній, гноївка, послід), за неправильної підготовки й зберігання, стають джерелом поширення насіння бур’янів і шкідників.

В аграрному виробництві експлуатується значний машинно-тракторний парк: трактори, вантажівки, комбайни, стаціонарні агрегати. Їх екологічна небезпека полягає у забрудненні ґрунту й води нафтопродуктами, а також вихлопними газами, що погіршують якість повітря.

Отже, у системі організації агропромислового виробництва слід враховувати всі потенційні ризики та вживати дієвих заходів щодо їх зменшення до безпечних рівнів.

Сучасні вимоги до виробництва екологічно безпечної і «чистої» харчової продукції роблять цю проблему однією з ключових у світовому аграрному секторі. Вирішувати її рекомендують шляхом поєднання організаційних та агротехнічних заходів, збільшення різноманіття культур, створення умов для розвитку корисної ентомофауни, використання мікробіологічних препаратів та рослинних екстрактів.

Екологічно безпечна продукція характеризується тим, що концентрація токсикантів (нітрати, важкі метали, залишки пестицидів, радіонукліди) не перевищує встановлені гранично допустимі норми. Екологічно «чиста» продукція містить мінімальні сліди таких речовин і призначається, зокрема, для дитячого та дієтичного харчування.

На якість вирощеної продукції значною мірою впливає місце

розташування полів. Отримати екологічно повноцінну сировину складно на ділянках, розташованих ближче ніж за 10 км від великих промислових об’єктів або за 0,5 км від жвавих автомагістралей.

У практиці зустрічаються випадки, коли рівень токсикантів у ґрунті нижчий за ГДК, але в рослинному матеріалі він виявляється вищим; і навпаки – навіть при відносно високому забрудненні ґрунту продукція може відповідати нормативам. Це вимагає комплексної оцінки агроекологічного стану ґрунтів з урахуванням міграційної здатності токсичних елементів, властивостей ґрунту, видової специфіки культур і погодних умов.

За даними досліджень Інституту агроекології та біотехнології УААН, коефіцієнти накопичення важких металів відрізняються у 2–5 разів залежно від культури і у 2–10 разів залежно від ґрунтово-кліматичних зон. Найвищі показники характерні для Полісся. Аналогічну закономірність виявлено для радіонуклідів, нітратів та залишків пестицидів. Вміст нітратів у овочах Полісся, за тривалими спостереженнями, у 1,10–4,45 раза вищий, ніж у Лісостепу. За здатністю накопичувати важкі метали овочеві культури розміщуються так: картопля > столовий буряк > морква > капуста (для свинцю: буряк > капуста > картопля > морква).

Міграція токсикантів із ґрунту в рослини помітно інтенсивніша на дерново-підзолистих, супіщаних і торфових ґрунтах, ніж на чорноземах.

Для отримання стабільних урожаїв екологічно безпечної продукції потрібно дотримуватись кількох базових умов: забезпечити рослинам оптимальний розвиток, добирати стійкі види і сорти, використовувати здорове насіння та дотримуватися санітарно-гігієнічних норм у всіх технологічних операціях.

Людина, створюючи одноманітні агроценози з однієї культури, суттєво знижує їх природну стійкість до шкідливих організмів, що зменшує врожайність і одночасно змушує застосовувати хімічні засоби захисту, погіршуючи якість продукції. Тому активно розвивається біоценотичний

напрям захисту рослин, заснований на формуванні умов, що знижують чисельність шкідливих організмів без застосування токсичних препаратів.

Незважаючи на ризики, повна відмова від агрохімікатів у найближчі десятиліття неможлива. Серед основних небезпек мінеральних добрив — наявність у їх складі небажаних домішок. Наприклад, разом із тонною суперфосфату в ґрунт надходить близько 160 кг фтору, який впливає на перебіг хімічних та біологічних процесів у ґрунтовому середовищі.

Щоб мінімізувати погіршення якості врожаю під впливом мінеральних добрив, необхідно:

– дотримуватися науково обґрунтованих доз і співвідношень елементів живлення;

– надавати перевагу роздрібним і локальним методам внесення добрив, що дозволяє зменшити їх кількість на 25–30%;

– формувати азотне живлення рослин шляхом добору сортів і гібридів із високою здатністю до засвоєння атмосферного азоту, а також застосування асоціативних мікроорганізмів.

ВИСНОВКИ

Однорічні дослідження, спрямовані на вдосконалення системи мінерального живлення проса в умовах нестійкого водозабезпечення південної частини Правобережного Лісостепу, дав можливість сформулювати такі узагальнені висновки.

1. З урахуванням отриманих даних та біології культури, застосування азоту в обсягах понад 60 кг/га д.р. справляло негативний вплив на формування фітоценозу проса на початкових етапах вегетації.
2. Підвищені дози азоту (N_{90}) викликали короткочасне пригнічення ростових процесів на ранніх етапах органогенезу. У фазі кущіння висота рослин становила 17,6 см, що на 1,4–1,8 см менше ($НІР_{05}$ = 1,1), ніж у варіантах зі стандартною (N_{30}) та подвійною (N_{60}) нормою азоту.
3. За дослідом врожайність проса у межах різних систем удобрення коливалася досить широко (22,9%) – від 32,2 ц/га у контрольному варіанті до 52,7 ц/га за $N_{90}P_{60}K_{60}$. При цьому перехід від N_{30} до N_{60} забезпечив достовірне підвищення врожайності на 3,2 ц/га (6,3%), тоді як збільшення дози до N90 дало приріст у межах похибки досліду – 1,5 ц/га (2,8%) за $НІР_{05}$ = 2,2 ц/га.
4. Найвищу економічну віддачу серед варіантів азотного живлення на фоні $P_{60}K_{60}$ забезпечувало внесення подвійної норми азоту (N_{60}) у передпосівну культивацію. Прибуток 3877,02 грн/га перевищував відповідні показники за N_{30} та N_{90} на 73,06 і 137,99 грн відповідно. Висока економічна ефективність цього варіанту зумовлювалась поєднанням істотно більшої врожайності (51,2 ц/га) та низької собівартості продукції (53,74 грн/ц).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудник-Іващенко О.І. Адаптивний потенціал проса. О.І. Рудник-Іващенко. К.: Насінництво, № 1, 2015. С. 5–12.
2. Агробіологічні та екологічні основи насіннєзнавства проса. Частина І. Добір попередників і оптимізація системи удобрення: монографія [Текст]. С. П. Полторецький, В. Я. Білоножко, Н. М. Полторецька, А. П. Березовський; за ред. С. П. Полторецького. Умань: Видавничо-поліграфічний центр "Візаві", 2016. 256 с.
3. Агробіологічні та екологічні основи насіннєзнавства проса. Частина ІІ. Оптимізація параметрів сівби та умов збору врожаю: монографія [Текст]. С. П. Полторецький, В. Я. Білоножко, Н. М. Полторецька, А. П. Березовський; за ред. С. П. Полторецького. Умань: Видавничо-поліграфічний центр "Візаві", 2016. 224 с.
4. Драган М. Круп’яні культури: сучасні аспекти технології вирощування. М. Драган, Р. Грищенко, О. Любчич. Пропозиція, 2010. 278 с.
5. Основи інтегрованого застосування добрив / Г.М. Господаренко. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2002. 344 с.
6. Біологізована технологія вирощування просоподібних злаків (просо посівне, сорго зернове, сориз): рекомендації виробництву. В. П. Карпенко, С. П. Полторецький, З. М. Грицаєнко та ін.; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр “Візаві”, 2016. 24 с.
7. Полторецький С. П. Вплив агроекологічних умов вирощування на формування посівних якостей та врожайних властивостей насіння проса. С. П. Полторецький. Зб. наук. пр. Подільського ДАТУ «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». Кам’янець-Подільський, 2013. С. 229 − 232.
8. Полторецький С. П. Вплив способу сівби та особливостей мінерального живлення на формування посівних якостей та врожайних властивостей

насіння проса. С. П. Полторецький. Зб. наук. пр. «Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків». К., 2013. Вип. 17. С. 253–261.

9. Нікітенко М. П. Вплив біопрепаратів на урожайність проса посівного. М. П. Нікітенко. Агроном, 2020. № 2. С. 34–38.
10. Коваленко Л. В., Сидоренко В. М. Енергетична оцінка елементів технології вирощування проса посівного. Л. В. Коваленко, В. М. Сидоренко. Таврійський науковий вісник. Серія: Агрономія і екологія, 2024. Т. 137. С. 156–162.
11. Liu Y., Zhang H., Wang J. та ін. Nitrogen fertilizer affects the cooking quality and starch properties of proso millet (Panicum miliaceum L.). Y. Liu, H. Zhang, J. Wang, X. Li, Y. Zhao. Food Science & Nutrition, 2023. Vol. 11. № 12. P. 7562–7573.
12. Li Y., Wang Z., Zhang J. та ін. The efficient use of radiation, water, and nitrogen uptake by low-nitrogen-tolerant proso millet genotypes. Y. Li, Z. Wang, J. Zhang, X. Liu, H. Chen. Agricultural and Forest Meteorology, 2021. Vol. 311. Art. 108692.
13. Foth D. D., Ellis R. Effect of Seeding Rate and Nitrogen Fertilization on Proso Millet Seed Yield and Crude Protein. D. D. Foth, R. Ellis. Journal of Plant Nutrition, 2007. Vol. 30. № 2. P. 309–319.
14. Zhang L., Liu Y., Wang H. та ін. The Impact of Varied Fertilizers on the Yield and Quality of Panicum miliaceum under Low Nitrogen Conditions. L. Zhang, Y. Liu, H. Wang, J. Chen. Phyton-International Journal of Experimental Botany, 2024. Vol. 93. № 10. P. 2385–2400.
15. Kumar S., Singh V., Kumar A. Growth and yield response of proso millet to varying nitrogen levels and plant spacing. S. Kumar, V. Singh, A. Kumar, R. Sharma. International Journal of Plant & Soil Science, 2025. Vol. 8. Issue 5S. P. 749–756.
16. Aydin A., Bostanci B. Effects of Nitrogen Doses on Yield and Some Traits of Proso Millet (Panicum miliaceum L.) in Highlands. A. Aydin, B. Bostanci.

Turkish Journal of Field Crops, 2019. Vol. 24. № 1. P. 45–52.

17. Драган М.І., Любчич О.Г. Формування кореневої системи проса на сірих лісових ґрунтах // Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. Вип.1−2. К.:Фітосоціоцентр, 2012. С.87−91.
18. Драган М.І., Любчич О.Г., Крупельницька І.М. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса в Лісостепу. // Вісник аграрної науки. 2013. №9 С. 19−25.
19. Nielsen D. C., Unger P. W. Nitrogen and water interactions in proso millet yield formation. D. C. Nielsen, P. W. Unger. Agronomy Journal, 1999. Vol. 91. № 5. P. 845–850.
20. Poltoretskyy S. Kształtowanie siewnych jakości i urodzajnych właściwości nasienia prosa zależnie od sposobu siejby i właściwości mineralnego żywienia. S. Poltoretskyy, I. Mostowiak, W. Karpenko. Episteme czasopismo naukowo-kulturalne. Krakow, Nr 20/2013. Tom I. P. 177−187.
21. Полторецкий С. П. Урожайность семенных посевов проса посевного в зависимости от сроков и способов сева в условиях Правобережной Лесостепи Украины. С. П. Полторецкий. Сб. научн. тр. «Земледелие и селекция в Беларуси». Минск, 2013. Вып. 49: «Земледелие и растениеводство». С. 182–192.
22. Полторецький С. П. Значення та перспективи культури проса в світі та Україні. С. П. Полторецький. Мат. Всеукр. наук. конф. молодих вчених. Умань, 2009. Ч. 1: Агрономія. С. 17–19.
23. Полторецкий С. П. Оценка степени зависимости уровня урожайности и качества семян проса. С. П. Полторецький. «Научная дискуссия: инновации в современном мире»: материалы VII международной заочной научно-практической конференции. Часть I. (05 декабря 2012 г.). Москва: Изд. «Международный центр науки и образования», 2012. С. 102–107.
24. Poltoretskyi S.P. Influence estimation of predecessors and fertilization on sowing qualities and yielding properties of millet seeds. S.P. Poltoretskyi. Формування нового обліку вітчизняної науки: Мат. Міжнарод. конф. К.:

Центр наукових публікацій, 2014. С. 58–61.

25. Poltoretskyi S. P. Crop capacity and quality of millet seeds depending on the terms and methods of sowing under conditions of Right-Bank Forest-Steppe. S. P. Poltoretskyi. Мат. Міжнар. науково-практ. конф. «Актуальні питання сучасної науки». Умань, 2014. Ч. 1: Агрономія. С. 74−75.
26. Полторецький С. П. Різноякісність насіння проса посівного залежно від особливостей строку збору врожаю. С. П. Полторецький. Мат. Міжнар. науково-практ. конф. «Актуальні питання сучасної науки». Умань, 2015. Ч. 1: Агрономія. С. 96−98.
27. Emendack Y., Fulvia R., Tetteh A. Mid-Season Nitrogen Stress on Yield and Nutrient Use of Millet (Panicum miliaceum). Y. Emendack, R. Fulvia, A. Tetteh. Journal of Crop Improvement, 2011. Vol. 25. № 6. P. 620–632.
28. Рудник-Іващенко О.І. Продуктивність фотосинтезу в рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального живлення / О.І. Рудник-Іващенко. — К.: Наукові доповіді НУБіП, №3(15), 2009. — 10 с.
29. Драган М.І. Оптимізація азотного живлення проса // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. 2011. №1. С. 77−79.
30. Karam D., Westra P., Nissen S. J. та ін. Nitrogen fertilization impact on genetic diversity and yield stability in proso millet biotypes. D. Karam, P. Westra, S. J. Nissen, S. M. Ward. Weed Science, 2004. Vol. 52. № 5. P. 707–714.
31. Lágler R., Gyulai G., Humphreys M. та ін. Molecular analysis of nitrogen-responsive traits in historical proso millet cultivars. R. Lágler, G. Gyulai, M. Humphreys, Z. Szabó. Euphytica, 2005. Vol. 146. № 1–2. P. 77–85.
32. Lu H., Zhang J., Liu K. B. та ін. Ancient fertilization practices and yield in early domesticated proso millet. H. Lu, J. Zhang, K. B. Liu, N. Wu. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2009. Vol. 106. № 18. P. 7367–7372.
33. Рудник-Іващенко О.І. Вплив мінерального живлення на фотосинтез проса посівного (Panicum miliaceum L. / О.І. Рудник-Іващенко. Харків: Зб. вісника центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, вип.

№8, 2016. — С. 138–147.

34. 28. Полторецький С. П. Насіннєва продуктивність проса посівного залежно від параметрів площі живлення рослин. С. П. Полторецький. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (3 листопада 2016 р., м. Київ). М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2016. С. 213–215.
35. Полторецкий С. П. Взаимозависимость уровня урожайности и качества семян проса. Мат. Міжнар. науково-практ. конф. «Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)». Умань, 2017. С. 35−38.
36. Полторецький С. П., Дяченко В. В. Сортовий добір проса посівного для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу. Новітні системи землеробства та шляхи підвищення еколого-біологічної ефективності використання земель в сучасному агрокомплексі: матеріали Міжнар. науково-практ. конф. (25–27 травня 2017 р. м. Дніпро). Дніпро: ДДАЕУ, 2017. С. 176–177.
37. Полторецький С. П. Умови мінерального живлення та формування посівних якостей і врожайних властивостей насіння проса. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Ефективність використання екологічного аграрного виробництва». 2 листопада 2017 р. Київ, 2017. С. 110–112.
38. Драган М.І., Любчич О.Г., Камінський В.Ф. Спосіб застосування азотних добрив під просо: Деклараційний патент на винахід №65799А від 15.04.2004 року. К., 2004. 6с.
39. Блащук М. І., Полторецький С. П., Білоножко В. Я. Формування технологічної якості зерна проса залежно від особливостей збору врожаю. Вісник аграрної науки. 2017. № 10. С. 61–66.
40. Драган М. Круп'яні культури: сучасні аспекти технології вирощування / М. Драган, Р. Грищенко, О. Любчич. Пропозиція, 2010. 278 с.
41. Білоножко В. Я., Бурдига В. М., Полторецький С. П. Як отримати якісне

насіння проса. Технології та інновації GrowHow.in.ua. Жовтень 12, 2017. Режим доступу: http://www.growhow.in.ua/yak-otrymaty-yakisne-nasinnya-prosa.

42. Біляєцька Л. Г., Чекалін М. М. Вплив мінеральних добрив на продуктивність проса. Л. Г. Біляєцька, М. М. Чекалін. Агробізнес сьогодні, 2016. № 3. С. 28–32.
43. Каталог сортів крупяних та зернобобових культур: просо, соя, горох / УААН. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юрєва. Харків, 2021. 20 с.
44. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агроекономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. Зб. наук. пр. Уманського НУС. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 6–16. DOI 10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16.
45. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Методи визначення показників якості рослинницької продукції. Вип. 7. К. 2000. 144 с.
46. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і грунтів. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. К.: ЗАТ „НІЧЛАВА”, 2003. 320 с.
47. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз; За ред. В.О. Єщенка. К.: Дія. 2014. 288 с.
48. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Е.Р. Ермантраут, Л.М. Карпук, С.П. Вахній, та ін. Біла Церква, 2018. 104 с.
49. Збарський В.К. Економіка сільського господарства. Навч. посібник. В.К. Збарський, В.І. Мацибора, А.А. Чалий та ін. К.: Каравела, 2010. 280 с.
50. Білоножко В. Я. Аграрна економіка: навчальний посібник. В. Я. Білоножко, І. І. Мостов’як, В. П. Карпенко, С. П. Полторецький, А. П. Березовський; За ред. В. Я. Білоножка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр "Візаві", 2016. 418 с.
51. Мороз П. І., Косенко І. С Екологічні основи природокористування. Умань УДАА, 2001. 456 с.

52. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. К.: ІАЕ УААН, 2018 764 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК СТУДЕНТСЬКИХ
НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ



приурочений 125-річчю від дня народження видатного вченого і педагога у галузі землеробства, професора С. С. Рубіна

Факультет агрономії

Умань 2025

УДК 330(063)

Рекомендовано до друку вченою радою факультету агрономії Уманського національного університету, протокол № 7 від 29 травня 2025 року

Редакційна колегія:

С. П. Полторецький – доктор с.-г. (*відповідальний редактор*);
Л. О. Рябовол – доктор с.-г. наук;
Г. М. Господаренко – доктор с.-г. наук;
В. О. Єщенко – доктор с.-г. наук;
П. Г. Копитко – доктор с.-г. наук;
Я. С. Рябовол – доктор с.-г. наук;
В. В. Яценко – доктор с.-г. наук;
А. О. Яценко – кандидат с.-г. наук;
І. П. Діордієва – кандидат с.-г. наук;
С. П. Сержук – кандидат с.-г. наук;
С. О. Третьякова – кандидат с.-г. наук (*відповідальний секретар*).

Автори вміщених матеріалів висловлюють свою думку, яка не завжди збігається з позицією редакції.

Збірник студентських наукових праць Уманського національного університету. Факультет агрономії / Редкол.: С. П. Полторецький (відп. ред.) та ін. Умань: 2025. 89 с.

Збірник містить доповіді студентів ОР бакалавр, магістр та доктор філософії, які були розглянуті на студентській науковій конференції, приуроченій 125-річчю від дня народження видатного вченого і педагога у галузі землеробства, професора Симона Самійловича Рубіна, що відбулася 24 квітня 2025 року в м. Умань.

Розраховано на студентів, аспірантів, викладачів, наукових співробітників та фахівців, які працюють у АПК України.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. РОСЛИННИЦТВА

БАЙДА Ю., КОВАЛЕНКО В., БОНДАР О. GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUGAR SORGHUM DEPENDING ON THE DENSITY OF STANDING PLANTS..... 5
КРАВЧУК М., БРУС В., МУЛЬНИК В. THE REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF SUGAR HYBRIDS DEPENDING ON THE EFFECT OF SOIL FERTILITY AND FERTILIZER..... 6
ВАРИЧ Д. INNOVATIONS IN AGRICULTURE OF UKRAINE: DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL SECTOR IN CONDITIONS OF CLIMATIC CHANGES..... 7
БАБІЙ В. DEPENDENCE OF BUCKWHEAT HARVESTING TIME ON SEED YIELD AND QUALITY INDICATORS..... 12
БЕРЕЗОВСЬКИЙ В. MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL SPECIFICS OF BUCKWHEAT CULTURE..... 14
КОБЕРНИК Б. THE IMPACT OF MINERAL NUTRITION CONDITIONS ON THE FORMATION OF BUCKWHEAT GRAIN YIELD..... 17
КРУГЛОВ А. PECULIARITIES OF SOWING PARAMETERS IN MILLET CULTIVATION TECHNOLOGY..... 20
ПОДОГОВ В. SPECIFICS OF MILLET YIELD DEVELOPMENT UNDER VARIOUS SOWING PERIODS..... 22
ПОЛТОРЕЦЬКИЙ Д. CHARACTERISTICS OF MILLET HARVESTING..... 24
ПУСТОВІТ В. THE ROLE OF FERTILIZATION IN THE FORMATION OF COMMON MILLET GRAIN YIELD..... 26
ШАЙТАН Є.THE IMPACT OF PRECEDING CROPS ON COMMON MILLET YIELDS..... 28
ЩЕРБЕНКО Р. CURRENT UNDERSTANDING OF THE EFFECTS OF SOWING TIME AND METHOD ON BUCKWHEAT GRAIN YIELDS..... 30
ВОРОПАЙ Н. ПОХОДЖЕННЯ, АРЕАЛ ТА ІНТРОДУКЦІЯ ЛЮПИНУ БІЛОГО..... 31
ГОРОВА І. ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ТА ФІТОСАНІТАРНЕ ЗАСТОСУВАННЯ НІКАНДРИ ФІЗАЛІСОПОДІБНОЇ..... 34
ЧАБАНЮК Я., МАЗУР Р., КОЛЕДА Д. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ПОШИРЕННЯ ЧИНИ ПОСІВНОЇ..... 35
КРАВЕЦЬ А., ВІТАНОВ Є. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТНЯКА ГРЕБІНЧАСТОГО..... 36
ПИТЕЛЬ М., ІВАСЮК І., КОШЕЦЬ В. ІСТОРІЯ ПОШИРЕННЯ СОЧЕВИЦІ..... 38
ТЕЛЯТНИК І., ЧОКАЛЬ Н., ВИШНЕВСЬКИЙ М. COMPARATIVE ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY OF SUGAR BEET OF SUGAR OF DIFFERENT ORIGIN..... 40
ШЕВЧУК В., ЛОГВІНЕНКО М., БОНДАРЕНКО Р. ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ КОВИЛА ЛЕССІНГА (Stipa lessingiana)..... 41
АНДРІЯШ Д., БАБІЙ К. CORN HYBRID PRODUCTIVITY OF CROSS 221M DEPENDING FROM MINERAL NUTRITION AND SOWING DENSITY IN RIGHT BANK FOREST STEPPE..... 44
БУТЕНКО С. FORMATION OF VARIETAL PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT DEPENDING ON THE PREDECESSOR AND VARIETY IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE..... 45
КИШИК В. FEATURES OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF HYBRIDS OF SORGHUM OF GRAIN DEPENDING ON THE DENSITY OF SOWING IN RIGHT BANK FOREST STEPPE.... 47
ОСІПОВ А. FEATURES OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SUGAR CORN DEPENDING ON FERTILIZER AND SOWING DENSITY IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE..... 49
САДОВА А. БІОЛОГІЧНИЙ ЗАХИСТ РОСЛИН: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ..... 50

THE ROLE OF FERTILIZATION IN THE FORMATION OF COMMON MILLET GRAIN YIELD

ПУСТОВІТ Владислав, студент факультету агрономії
Керівник – доцентка кафедри рослинництва УНУ **Полторецька Н. М.**

Effective resolution of challenges related to nitrogen fertilizer use in millet cultivation necessitates a comprehensive understanding of the crop's biological characteristics, the effects of active fertilizer ingredients on physiological and developmental processes, and their subsequent influence on yield formation and grain quality parameters. This serves as the basis for designing optimal nitrogen fertilization strategies and securing maximum yields of high-quality grain suitable for dietary and pediatric nutrition.

Nitrogen assumes a pivotal role in plant morphogenesis and metabolism. As an integral part of proteins, nucleic acids, and various essential biomolecules, nitrogen is fundamental to cellular structure and function, including critical organelles such as nuclei, plastids, membranes, and chromosomes. It is also embedded within chlorophyll molecules, alkaloids, phosphatides, several vitamins, and glycosides. Notably, all enzymatic systems driving metabolic reactions in plants are protein-based, with nitrogen comprising approximately 16–18% of protein mass. The absence of nitrogen precludes protein synthesis, the basis for the existence of living organisms.

Maximizing the outcomes of agrochemical interventions, particularly fertilizer use, requires an intricate understanding of the interaction between internal plant processes and external environmental conditions.

Research demonstrates that mineral fertilizer application, depending on quantity, can either stimulate or suppress soil microbial communities, altering biochemical pathways associated with nutrient cycling, thus impacting the availability and mobility of essential elements for crops.

Atmospheric nitrogen uptake by millet species is negligible, making nitrate and ammonium ions the principal sources of nitrogen.

According to D. M. Pryanishnikov, approximately 30% of organic residues are stabilized as humus, a primary nitrogen reservoir, while 70% undergo mineralization through the sequential transformation: proteins → humic compounds → amino acids → amides → ammonia → nitrates.

Such processes are mediated by specialized microbial groups, including ammonifiers, nitrifiers, and denitrifiers, and are governed by soil thermal and moisture regimes.

Optimal decomposition of organic materials by soil microorganisms requires a nitrogen content of at least 1.7–2.0% and a carbon-to-nitrogen (C:N) ratio between 20 and 25.

When the C:N ratio is below 20 and nitrogen concentrations exceed 2%, nitrate accumulation in plant tissues becomes likely.

Application of nitrogen fertilizers significantly amplifies soil nitrogen pools and accelerates mineralization rates, generating surplus mineral nitrogen ("extra-

nitrogen") compared to unfertilized soils. Moreover, fertilizer-derived nitrogen, once incorporated into organic matter, gradually acquires the stability characteristic of native soil nitrogen. The efficiency of nitrogen fertilizers and the productive capacity of soils are intricately tied to the phosphate regime. Soil phosphorus status acts as a critical determinant of fertility, and its enhancement is an indicator of improved soil management. Plant phosphorus supply depends not only on total reserves but also on nutrient mobility and a suite of factors influencing phosphorus availability from both soil reserves and applied fertilizers.

Unlike nitrogen, phosphorus-rich soils are extremely rare. Phosphorus primarily originates from parent geological material and accumulates in surface horizons via biological cycling. Phosphorus's complex chemistry leads to its existence in multiple soil forms, complicating assessments of its accessibility for millet nutrition. In agrochemical research, the soil's capacity to retain phosphate fertilizers represents a pivotal focus, directly influencing phosphorus availability to plants. Given the diversity of phosphorus forms and their conditional stability, it is challenging to assess their precise contribution to plant nutrition without considering dynamic soil-environment interactions. Nitrogen application also modulates exchangeable potassium levels within soils.

Although potassium exhibits greater mobility than phosphorus, it remains less readily accessible to plants. The most bioavailable forms are those present in the soil solution and potassium weakly bound to soil colloids or derived from organic residues. Certain minerals – such as phlogopite, hydrophlogopite, muscovite, and nepheline – serve as secondary potassium sources when present in finely divided states.

According to G. M. Hospodarenko, the replenishment rate of water-soluble potassium from less accessible forms typically lags behind the rate of plant uptake.

Natural herbaceous vegetation assimilates significantly less potassium annually compared to cultivated high-yielding crops, emphasizing the necessity for potassium fertilization. Amino acid synthesis and degradation occur not only in roots but also actively within leaf tissues. Distinct organ-specific metabolic pathways highlight the dual modes of nitrate assimilation: dark assimilation occurring in roots and partly in leaves, and photochemical assimilation exclusively dependent on photosynthesis in foliage.

Unlike major cereals of the first group, millet germinates with a single primary root. Under optimal conditions (seed moisture ≥25% and soil temperature ≥10–12°C), lateral embryonic roots emerge within three to four days. The primary root elongates rapidly, exceeding the development of lateral roots, which soon exhibit the formation of root hairs, signifying the onset of active nutrient uptake. Simultaneously, stem-derived (nodal) root systems begin to form. Secondary roots arising from lower stem nodes predominantly mediate water and nutrient absorption.

Under favorable conditions, nodal root initiation occurs between the fourth and sixth leaf stages or approximately 15–20 days after sowing. The number of root-bearing nodes per plant ranges typically from 6 to 8, but varies from 3 to 12 depending on genotype, soil properties, climatic conditions, and agronomic practices.

Each node supports 3–4 roots initially, increasing to 7–10 roots at upper nodes. At physiological maturity, millet roots often penetrate up to one meter deep, enabling access to residual soil moisture. However, detailed studies on how nitrogen fertilizer dosages and timing influence millet root architecture remain scarce and warrant further investigation. In summary, analysis of national and international research indicates that fertilization practices in millet cultivation–particularly nitrogen fertilization–require further refinement.

Comprehensive studies on the combined effects of environmental conditions, fertilizer dosages, and application timing on photosynthetic capacity, yield structural elements, agroecosystem dynamics, grain biochemical properties, and seed quality of regionally adapted millet cultivars remain a critical priority.

THE IMPACT OF PRECEDING CROPS ON COMMON MILLET YIELDS

ШАЙТАН Євген, студент факультету агрономії
Керівник – професор кафедри рослинництва УНУ **Полторецький С. П.**

Millet placement within crop rotations is a decisive factor for securing substantial grain yields. According to accumulated research, the foremost requirement of millet regarding its predecessors is ensuring fields are free from weeds. Historically, millet was typically cultivated after fallow or virgin soils, earning it the designation of a “fallow crop.” Even under limited agronomic practices, such placements facilitated consistently high yields.

As agricultural methodologies advanced, millet began to be planted following crops that both suppressed weed infestations and supported soil moisture conservation. Numerous scholars also highlight that, beyond controlling weeds, optimal predecessors contribute significantly more organic residues and essential nutrients compared to other crops.

Extensive, long-term studies in agronomy have now firmly established that crop rotations influence not only harvest quantity but also product quality. Certain species tolerate repeated cultivation without major yield loss–classified as low-sensitivity crops–whereas others, such as millet, are highly sensitive to crop monoculture practices.

Adhering to sound rotational systems, and preferably fruit rotations, substantially improves the qualitative characteristics of harvests. For instance, investigations by the Ukrainian Agricultural Academy demonstrate that millet sown after sugar beets and potatoes produced a 1,000-grain weight of 6.2–6.4 grams, along with a 0.5–0.9% reduction in husk content compared to millet following spring barley or silage corn. Additionally, seed protein content was higher after perennial grasses and lentils (13.6%) than after winter or spring wheat and spring barley (12.8%).

Effective application of agronomic measures–including the selection of predecessors, soil fertilization programs, sowing timings and methods, and attentive crop maintenance–optimizes the seed production process, improving both sowing quality and yield attributes for millet and other crops.

Додаток Б

Приклад статистичної обробки даних за методом дисперсійного аналізу

Урожайність зерна проса залежно від особливостей мінерального живлення у 2025 р.

Кількість факторів 1

Середнє по досліду 46,03 ц/га

Розсіювання	Сума квадратів	Ступінь вільності	Дисперсія	Критерій Фішера (F)		
				фактичний	0,05	0,01
Загальне	822,19	11				
Повторень	0,77	2				
Варіантів	664,43	3	221,48	8,47	4,76	9,78
Похибки	156,98	6	26,16	t	2,45	3,71

Характеристика впливу та НІР

Показник	Сила впливу	$НІР_{05}$	
		абсолютна	відносна
Варіанти	80,8%	2,20	4,78%
Повторення	0,1%		
Похибка	19,1%		
Всі фактори	100%		

Похибки, точність і коефіцієнт варіювання

Узагальнена	E	1,95
Різниці	S_d	2,18
Відносна	S_x	3,4%
Точність	T	96,6%
Коефіцієнт варіювання	V	22,9%

Комплексний норматив витрат на вирощування проса (контроль, без добрив) **Розрахункова площа 100 га** **N P K** **Додаток Б**

Урожай основної продукції, ц/га 32,2 Вал основної продукції, ц 3220 0 0 0

Урожай побічної продукції, ц/га 64,4 Вал побічної продукції, ц 6440 0 0 0

№ п/п	Види робіт	Од. Виміру	Об'єм роботи			Марка і склад агрегату		Обслугов. персонал		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати людино-годин		Тарифний коефіцієнт		Оплата за весь об'єм робіт						Нарахування на ОП	Всього оплат	ПММ			Добрива, ядохімікати та гербіциди			Автотранспорт		Насіння		Електроенергія	Амортизація, грн	Поточний ремонт, грн	Інші затрати		Всього затрат
			в фізичних одиницях	В умовних сталонних га	Коефіцієнт переводу	Трактори чи автомашини	С.-г. машини та інвентар	механізатори	інші робітники			механізатори	інші робітники	механізатори	інші робітники	По тарифу: механізатори	По тарифу: інші робітники	Доплата: За клас-ність 18%	Доплата: Посів трактористі 50%	За шкідливість: ЯДИ !!! 100%	За шкідливість: Мінодобрива 30%			на одиницю роботи, кг	на весь об'єм, ц	вартість, грн	Назва препарату	Витрата на 1га, кг	Витрата на всю площу, кг, т	вартість, грн	т-км	вартість, грн	Витрата на всю площу, ц	вартість, грн				Вид затрат	Вартість, грн	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1	Лущення в 2 сліди	га	200	36	11,6	Т-150	ЛДГ-15	1	0	63,3	3,2	22	0	1,55	0	34,28	0,00	6,17	0,00	0,00	0,00	1,01	41,46	2,7	5,4	972			0		0	0				432	360			1805,46
2	Підготовка мінеральних добрив	т	0	0	0	Вручну	-	0	1	8	0,0	0	0	0	1,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	аміачна селітра	0	0	0	0	0				0	0	Обіди 1.5	50	50,00
3	Навантаження мінеральних добрив	т	0	0	4,2	ЮМЗ-6	ПЭ-08	1	0	90	0,0	0	0	1,35	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3	0	0	суперфосфат	0	0	0	0	0				0	0	МБП	100	100,00
4	Вивіз і внесення міндобрив	га	100	19	4,9	МТЗ-80	1-РМГ-4	1	0	26	3,8	27	0	1,09	0	29,35	0,00	5,28	0,00	0,00	8,80	1,09	44,52	1,6	1,6	288	калійна сіль	0	0	0	0	0				228	190			750,52
5	Оранка	га	100	143	11,6	Т-150	ПЛП 6-35	1	0	8,1	12,3	86	0	1,80	0	155,56	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00	4,59	188,14	13,5	13,5	2430			0		0	0				1716	1430			5764,14
6	Боронування	га	200	27	11,6	Т-150К	21 БЗТС-1.0	1	0	85,2	2,3	16	0	1,35	0	22,18	0,00	3,99	0,00	0,00	0,00	0,65	26,83	1,6	3,2	576			0		0	0				324	270			1196,83
7	Культивація	га	200	45	7,7	ДТ-75М	2КПГ-4, С-11У	1	0	34,2	5,8	41	0	1,35	0	55,26	0,00	9,95	0,00	0,00	0,00	1,63	66,84	2,9	5,8	1044			0		0	0				540	450			2100,84
8	Вирівнювання площі	га	100	13	7,7	ДТ-75М	ШБ-2,5+ЗОР-07	1	0	57,1	1,8	12	0	1,35	0	16,55	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,49	20,02	7,3	7,3	1314			0		0	0				156	130			1620,02
9	розвантаження насіння	т	10	0	0	Вручну	-	0	1	3,0	3,3	0	23	0,00	1,2	0,00	24,00	4,32	0,00	0,00	0,00	0,71	29,03	0	0	0			0		0	0				0	0			29,03
10	Висипка з мішка	т	10	0	0	Вручну	-	0	1	10,0	1,0	0	7	0,00	1,2	0,00	7,20	1,30	0,00	0,00	0,00	0,21	8,71	0	0	0			0		0	0				0	0			8,71
11	Протруювання	т	10	0	0	-	Мобітокс	1	6	12,0	0,8	6	35	1,80	1,8	10,50	54,00	11,61	0,00	64,50	0,00	3,52	144,13	0	0	0	Раксил	0,4	4	1120	0	0			10	5	0			1279,13
12	навантаження насіння	т	10	0	0	Вручну	-	0	1	5,0	2,0	0	14	0,00	1,35	0,00	16,20	2,92	0,00	0,00	0,00	0,48	19,59	0	0	0			0		0	0				0	0			19,59
13	Вивіз насіння	т/км	100	0	0	ГАЗ-53А	-	0	0	0,0	0,0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0			0		100	50				0	0			50,00
14	Заправка агрегату	т	10	0	0	Вручну	-	0	1	2,0	5,0	0	35	0,00	1,2	0,00	36,00	6,48	0,00	0,00	10,80	1,33	54,61	0	0	0			0		0	0				0	0			54,61
15	Сівба	га	100	34	11,6	Т-150	3 СЗ-3.6	1	3	34,0	2,9	21	62	1,55	1,35	31,91	71,47	18,61	31,34	0,00	0,00	3,83	157,16	4,8	4,8	864			0		0	0	100	10000		408	340			11769,16
16	Коткування	га	100	15	7,7	ДТ-75М	С-11 У, ЗКВГ-1,4 (3)	1	0	51,5	1,9	14	0	1,2	0	16,31	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,48	19,73	1,9	1,9	342			0		0	0				180	150			691,73
17	Скошування у валки	га	100	0	0	СК-5	ЖРБ-4.2	1	1	14,2	7,0	49	49	1,55	1,55	76,41	65,49	25,54	0,00	0,00	0,00	4,19	171,63	4,7	4,7	846			0		0	0				2000	1800			4817,63
18	Обмолот валків	га	100	0	0	СК-5	ПУН-5	1	1	6,5	15,4	108	108	1,8	1,8	193,85	166,15	64,80	0,00	0,00	0,00	10,62	435,42	11,7	11,7	2106			0		0	0				2500	2000			7041,42
19	Відвезення зерна на тік	т/км	3220	0	0	ГАЗ-53А	-	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0			0		3220	1610				0	0			1610,00
20	Відвезення соломи	га	100	66	4,2	ЮМЗ-6	2-ПТС-4	1	0	6,4	15,6	109	0	1,35	0	147,66	0,00	26,58	0,00	0,00	0,00	4,36	178,59	1,6	1,6	288			0		0	0				792	660			1918,59
21	Подача соломи	га	100	20	4,9	МТЗ-80	СНУ-0.5	1	0	25	4,0	28	0	1,55	0	43,40	0,00	7,81	0,00	0,00	0,00	1,28	52,49	1,2	1,2	216			0		0	0				240	200			708,49
22	Укладання в скирту	га	100	0	0	Вручну	-	0	1	10	10,0	0	70	0	1,35	0,00	81,00	14,58	0,00	0,00	0,00	2,39	97,97	0	0	0			0		0	0				0	0			97,97
	РАЗОМ	x	x	382	76	x	x	x	x	x	95,24	517,3	403,1	x	x	798,93	521,52	237,68	31,34	64,50	19,60	41,84	1715,41	x	57,30	10314,00	x	x	x	1120	3320	1660	100	10000	10	9089	7620	x	150	**41678,41**

Зведена по затратах, грн

Оплата праці, всього	1823,69	Засоби захисту	1120
в т.ч. оплата основна	1320,45	Автотранспорт	1660
- за шкідливість	84,10	Амортизація	9089
- доплата за класність 18%	237,68	Ремонти	7620
- доплата за продукцію	31,34	ПММ	10314,00
- відпускні (8,2%)	108,28	Обіди, МБП	150
Нарахування на оплату праці 2,5%	41,84	Електроенергія	10
Насіння	10000,00	Затрати на 1 га	928,56
Добрива	0,00	С.в. 1 ц осн. прод., грн	**27,99**
Страхування продукції	24069,5	С.в. 1 ц дод прод., грн	**0,42**
Орендна плата + зем податок	27000	**Разом затрат**	**92856,19**
		Вартість продукції грн/га	**4186**
		Затрати на 1 га	**928,56**
		Прибуток на 1 га грн.	**3257,44**
		Рентаб,%	**350,80**