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 ПРОДУКТИВНІСТЬ ПОСІВІВ ПРОСА ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ СІВБИ І НОРМИ ВИСІВУ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-а
спеціальності 201 Агрономія
КРУГЛОВ Антон Вадимович

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

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО (огляд літератури) 5
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ 16
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 17
3.1. Характеристика ґрунту 17
3.2. Погодні умови 18
3.3. Схема досліду 22
3.4. Технологія вирощування проса в досліді 23
3.5. Методика проведення досліджень 24
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ 26
4.1. Вплив способу сівби і норми висіву на формування щільності посіву проса 26
4.2. Вплив способу сівби і норми висіву на динаміку тривалості міжфазних періодів рослин проса 29
4.3. Фотосинтетична діяльність посівів проса залежно від площі живлення рослин 31
4.4. Урожайність зерна проса залежно від досліджуваних чинників 34
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБУ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ПРОСА 38
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 40
6.1. Моделювання виробничих небезпек 40
6.2. Охорона навколишнього природного середовища 43
ВИСНОВКИ 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48
ДОДАТКИ 56

ВСТУП

Просо належить до цінних круп’яних культур, здатних забезпечувати високі та стабільні врожаї навіть за умов посушливого клімату. За дотримання технології вирощування ця культура нерідко формує врожайність, вищу від інших зернових, що зумовлює її важливе значення у структурі зернового господарства.

В Україні просо має значну екологічну пластичність і може висіватися в пізні строки, що дозволяє ефективно використовувати літні опади. Завдяки цій властивості його широко застосовують як страхову культуру для пересіву загиблих озимих і ранніх ярих, а також для пожнивних посівів на зелений корм [1].

Просо – універсальна культура без відходів. Завдяки високому вмісту крохмалю воно використовується для виробництва спирту, а останнім часом у світі активно досліджуються можливості перетворення проса в енергетичну рослину.

Солома та полова проса за поживними якостями наближаються до лугового сіна (0,41 корм. од.), а сіно проса перевищує за якістю сіно з вівса, сорго, кукурудзи чи тимофіївки. Зелена маса проса також має вищу поживну цінність, ніж у кукурудзи та сорго, що робить його цінною кормовою культурою.

У світовому землеробстві просо займає четверте місце серед основних зернових культур. За останні десятиліття його виробництво помітно зросло в країнах Америки, Європи та Азії. Натомість в Україні спостерігається тенденція до скорочення посівних площ: за останні 5–7 років вони зменшилися майже вдвічі, що потребує перегляду підходів до технології вирощування культури.

Мета і завдання досліджень. *Метою* роботи є визначення оптимальної площі живлення рослин проса шляхом обґрунтування найдоцільнішого

способу сівби та норми висіву, які забезпечать підвищення врожайності та поліпшення технологічної якості зерна в умовах південної частини Правобережного Лісостепу України.

Завдання досліджень:

- вивчити особливості формування врожаю зерна проса залежно від способу сівби та норми висіву.
- визначити вплив агротехнічних прийомів на показники технологічної якості зерна.
- провести економічну оцінку ефективності вирощування посівів проса з різною продуктивністю.
- розробити практичні рекомендації для виробництва, спрямовані на щорічне отримання 35–40 ц/га зерна високої якості за мінімальних трудових і матеріальних витрат.

Роботу виконано відповідно до плану наукових досліджень кафедри рослинництва і вона є частиною комплексного вивчення технології отримання високоякісного посівного матеріалу та зерна круп’яних культур. Апробація роботи була на студентській науковій конференції в УНУ (додаток А).

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПОСІВНОГО (огляд літератури)

Просо належить до одних із найдавніших культурних рослин, які людина почала вирощувати ще в доісторичні часи. Археологічні знахідки й письмові джерела свідчать, що його культивували в Китаї понад 7 тисяч років тому, а з неоліту та бронзового віку просо стало поширеним і в інших регіонах Азії – Індії, Пакистані, Африці, Східній та Західній Європі.

Особливо широкого розповсюдження воно набуло у степових і лісостепових районах Причорномор'я, Північного Кавказу, Поволжя, де тривалий час було провідною зерновою культурою [1].

На американський та австралійський континенти просо потрапило значно пізніше – як культура, завезена з Євразії, і швидко пристосувалося до місцевих умов.

Широке поширення проса у минулому пояснюється комплексом його цінних господарсько-біологічних властивостей: високим коефіцієнтом розмноження і значним потенціалом продуктивності; посухо- та жаростійкістю, солевитривалістю, стійкістю до основних хвороб; невибагливістю до строків сівби; простотою технології вирощування та переробки зерна.

Просо цінується і як харчова, і як кормова культура. Його головний продукт – пшоно – має високі харчові й кулінарні властивості, а зелена маса та солома характеризуються високою кормовою цінністю.

У складі білків пшона виявлено 19 амінокислот, зокрема всі незамінні, тому за амінокислотним складом пшоно переважає рис, ячмінь, перловку, кукурудзу та сорго [2].

Інтенсифікація сільського господарства створює нові перспективи для

розширення посівів проса, особливо за рахунок післяукісних і пожнивних посівів у південних регіонах України, де за умов зрошення культура здатна формувати високі врожаї зерна.

Просо залишається традиційною культурою українського землеробства. Його посухо- та жаростійкість, а також позитивна реакція на підвищення родючості ґрунтів дозволяють вирощувати цю культуру як у нормально зволожені роки, так і за весняно-літніх посух [1].

Просо має низку специфічних біологічних рис: дрібнозерність, повільний початковий ріст до виходу в трубку, коли посіви легко пригнічуються бур’янами, чутливість до нестачі вологи у верхньому шарі ґрунту, високу реакцію на гербіциди групи 2,4-Д після виходу в трубку.

Тому на початкових етапах розвитку культура потребує чистих від бур’янів полів і оптимального вологозабезпечення.

Вибір попередника має вирішальне значення для формування врожаю проса. За даними численних досліджень [2–4], найкращими попередниками є культури, після яких: поля залишаються чистими від бур’янів, у ґрунті зберігається достатня кількість вологи, накопичуються органічні рештки, що збагачують його на елементи живлення.

У минулому просо часто висівали по пласту перелогів чи цілини, за що воно отримало назву «пластова культура». Такий прийом, навіть за низької агротехніки, забезпечував стабільно високі врожаї зерна.

Із підвищенням культури землеробства його почали висівати після зернобобових, зернових і просапних культур, які залишають чисте та родюче поле.

Строк сівби є одним із найважливіших чинників, що визначають врожайність та якість зерна. Занадто рання сівба у холодний, непідготовлений ґрунт призводить до повільного проростання насіння й забур’янення посівів.

Пізня сівба, навпаки, часто збігається з нестачею вологи, що також

негативно впливає на схожість і продуктивність.

Найкращі результати досягаються при сівбі у добре прогрітий (12–15°С) і вологий ґрунт, коли температура на глибині загортання не опускається нижче +10°С.

Оптимальний строк сівби має бути узгоджений із біологічними особливостями сорту та регіональними кліматичними умовами [5].

За даними дослідників [6–11]: у посушливій зоні оптимальні строки сівби настають у кінці квітня – на початку травня; у посушливих районах посів проводять у другій половині квітня – найвищі врожаї (27,0–26,9 ц/га) отримано за сівби 25–30 травня, тоді як ранні (5 травня) дали лише 20,5 ц/га, а пізні (5 червня) – 23,4 ц/га; Дослідженнями [12] встановлено, що «…за три роки кращим строком сівби стала третя декада травня. При цьому врожайність по сортах склала, відповідно, 44,7 і 49,3 ц/га. Значний недобір урожаю в середньому за три роки спостерігався при червневому строкові сівби (зниження склало 37,2%). В умовах недостатнього зволоження кращі результати отримані при сівбі проса в першій декаді травня [13].

Строки висіву істотно впливають і на якість зерна. На підставі результатів дослідів [14] установлено, що «…за сівби у оптимально визначені строки маса 1000 зерен збільшується на 0,3–0,4 г, а вихід пшона підвищується на 1,7–2,0%». За результатами досліджень [15], найбільш виповнене зерно (6,3 г), зі зниженою плівчастістю (13,6%) та підвищеним виходом пшона (80,4%) одержували саме за умови дотримання оптимальних строків сівби.

Урожайність проса значною мірою визначається способом сівби. Від правильного вибору цього агроприйому залежать рівномірність розміщення рослин, величина площі живлення, умови освітлення та продуктивність посіву в цілому. У практиці вирощування проса застосовують декілька способів висіву: вузькорядний, перехресний, суцільний, звичайний рядковий, широкорядний, а також стрічковий. Літературні джерела подають

досить суперечливі дані щодо переваг того чи іншого способу розміщення рослин. Частина дослідників стверджує, що широкорядна сівба забезпечує вищий урожай [16, 17]. Інші автори [9, 11, 18] підкреслюють кращі результати за звичайного рядкового та вузькорядного способів у порівнянні з широкорядним.

Дослідження, проведені в науково-дослідних установах щодо способів сівби проса, підтвердили високу ефективність саме звичайної рядкової сівби. Зокрема, випробування [19] показали, що найвищу врожайність забезпечували вузькорядний і звичайний рядковий способи. При широкорядному розміщенні рядків урожайність виявилася нижчою на 2–3 ц/га. За підсумками цих дослідів різниця на користь звичайного рядкового способу, залежно від сорту змінювалася від 5,5 до 7,1 ц/га.

У дослідах, проведених по різних попередниках і узагальнених за 13 років, установлено [20], що «…звичайні рядкові посіви за врожайністю перевищували широкорядні в середньому на 3,4 ц/га. Причому ця різниця була особливо помітною в ті роки, коли загальний рівень урожайності був високим».

Через збільшення індивідуальної площі живлення в широкорядних посівах зростає продуктивність окремої рослини [5]. Водночас відомо, що на кінцевий урожай впливає не лише продуктивність однієї рослини, а й її кількість на одиниці площі на момент збирання. Тому перевага врожайності при звичайному рядковому способі сівби зумовлюється головним чином більшою кількістю продуктивних стебел на гектар. За звичайної рядкової й вузькорядної сівби рослини краще затінюють поверхню ґрунту, ефективніше пригнічують бур’яни, повніше використовують запаси вологи та елементів живлення. Крім того, такі посіви майже не мають підгонів, що сприяє більш дружньому та ранньому достиганню урожаю.

Узагальнення наукових і виробничих матеріалів щодо способів сівби показало, що в 15 випадках із 20 приріст урожаю при звичайному рядковому

способі порівняно з широкорядним становив 2–5 ц/га [8]. Крім цього встановлено [6], що найвищі результати також були отримані при сівбі проса звичайним рядковим способом. Так, максимальна врожайність – 31,0 ц/га у степовій зоні – була забезпечена саме за використання цього способу сівби. На чорноземних ґрунтах кращими виявилися звичайний рядковий та перехресний способи розміщення посівів.

Переваги звичайного рядкового способу сівби проса підтверджені й у низці інших регіонів [22]. Вузькорядна сівба, як правило, забезпечує подібний, а інколи й дещо вищий урожай порівняно зі звичайною рядковою. Широкорядний спосіб не дає істотних переваг і щодо показників якості зерна. До того ж встановлено, що хімічний склад зерна проса більшою мірою визначається погодними умовами вегетації, а не способом сівби.

Експериментальні результати з вивчення способів сівби, отримані у понад 40 дослідах у різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах, свідчать, що для районів Полісся, Лісостепу і Степу найкращі, як правило, результати забезпечують звичайні рядкові та вузькорядні посіви [23]. Виняток становлять посушливі умови південного Степу, де найвищі врожаї формуються за широкорядної сівби з міжряддями 45 см та за стрічкових способів, які дозволяють здійснювати механізований догляд за посівами.

За результатами досліджень [24], при звичайному рядковому способі сівби було отримано 26,5 ц/га зерна, тоді як при стрічковому способі (45 × 15 см) – лише 20,5 ц/га. Разом з тим, широкорядні способи мають певну перевагу перед звичайними рядковими й вузькорядними у виробництві насіння, оскільки сприяють формуванню посівного матеріалу вищої якості. Тому їх доцільно використовувати насамперед у насінницьких посівах у всіх зонах вирощування проса. Автор зазначає, що в широкорядних посівах вміст протеїну в зерні дещо вищий, тоді як інші показники якості – маса 1000 зерен, плівчастість і вміст крохмалю – залишаються практично незмінними.

Точне встановлення норми висіву насіння має важливе значення для одержання високого врожаю доброї якості. Густота стеблостою проса може змінюватися в широких межах залежно від погодних умов року, попередника, рівня родючості ґрунту, способу й строку сівби, а також біологічних особливостей сорту.

Визначення оптимальної норми висіву в зональному розрізі за сучасного рівня агротехніки є тим внутрішнім резервом, за рахунок якого можливо додатково одержувати по 2–3 ц/га якісного зерна з кожного гектара [25]. Автор підкреслює, що в посівах з різною густотою стеблостою складаються відмінні умови температурного режиму, освітлення, концентрації вуглекислого газу та інших факторів, які безпосередньо впливають на поглинання фотосинтетично активної радіації, інтенсивність фотосинтезу й дихання рослин.

Дослідники встановили [26], що «…кожен сорт проса має власну, генетично обумовлену оптимальну густоту посіву. Вона пов’язана з цілою групою біологічних характеристик рослин: потужністю й розвиненістю кореневої системи, енергією росту, висотою стебла, коефіцієнтом кущіння, скоростиглістю. Однак точно визначити цю густоту можливо лише шляхом постановки спеціальних польових дослідів».

Просо, на відміну від багатьох інших зернових культур, характеризується зниженою польовою схожістю насіння, особливо в північних (20–47%) і лісостепових районах (35–56%). У степовій зоні півдня та південного сходу польова схожість коливається в межах 56–73% [27]. У зв’язку з цим норми висіву проса в різних регіонах досить суттєво відрізняються: при звичайній рядковій сівбі вони становлять 2,5–4,5 млн схожих насінин на гектар, а при широкорядній – 2–4 млн. Так, за даними ряду дослідників [28], при звичайній рядковій сівбі висівали від 2,5 до 5,0 млн, а при широкорядній – від 2,0 до 3,5 млн схожих насінин на гектар. За відносно зрідженого стеблостою рослини проса краще кущаться, формують

мітелки з підвищеною кількістю зерен, що дозволяє забезпечити досить високий рівень урожайності зерна.

Слід відзначити, що врожайність проса помітно зменшується у випадках, коли норма висіву занижена відносно оптимальної, причому це зниження відбувається різкіше, ніж за її перевищення. Таке явище пояснюють низькою продуктивною кущистістю культури [9]. Перевагу використання підвищених норм висіву відзначено у працях [29, 30].

Для проса, як і для більшості польових культур, надмірне загущення посівів може спричинити їх часткове пригнічення та зниження урожайності, тоді як за оптимальної густоти рослини, за сприятливих умов, формують кілька мітелок з більшою кількістю зерен і забезпечують високий рівень урожаю. На родючих ґрунтах при достатньому або зрошуваному зволоженні рекомендовано збільшувати норму висіву на 5% [10]. Якщо ж посів проводиться у пізні строки, за дефіциту вологи чи пересихання верхнього шару ґрунту, норму висіву доцільно підвищити на 6–10%. В умовах із недостатнім або нестійким зволоженням кількість висівного матеріалу, навпаки, слід дещо зменшити, а для регіонів із достатнім водозабезпеченням – збільшити на 10–15%. У степовій зоні [7] найкращі результати (25–30 ц/га) отримано при застосуванні норми висіву, запропонованої О.І. Рудник-Іващенко [31]; при цьому продуктивна кущистість навіть за мінімальної густоти стеблостою дорівнювала одиниці й практично не впливала на формування урожаю.

За результатами досліджень встановлено [32], що «…збільшення норми висіву призводить до підвищення кількості сходів на одиниці площі (хоча польова схожість при цьому дещо знижується), а також до більшої кількості продуктивних рослин на момент збирання. Проте з підвищенням густоти стеблостою спостерігається зменшення висоти рослин, зниження маси зерна з мітелки і, відповідно, маси 1000 зерен. Так, при збільшенні норми висіву з 1,8 до 4,5 млн схожих насінин на гектар висота зменшилася

з 131,6 до 116,7 см, а маса зерна з мітелки – з 3,22 до 1,74 г».

За результатами дослідів встановлено [33], що «…оптимальна норма висіву становить 20 кг/га. Подальше збільшення цієї норми призводить до зниження урожайності та погіршення якісних показників зерна. Отже, у більшості основних зон вирощування проса оптимальною вважається норма висіву 3,5–5,0 млн схожих насінин на гектар».

Відомо, що просо, більшою мірою, ніж інші злакові, страждає від надмірного загущення. Тому дотримання оптимальної густоти стояння рослин має винятково важливе значення. Норма висіву істотно впливає і на якість зерна: зі збільшенням густоти посівів до певної межі врожай підвищується, проте якісні показники знижуються – зменшується маса 1000 зерен, погіршується вирівняність, підвищується плівчастість [5].

Оскільки просо надзвичайно чутливе до забур'яненості, вибір попередників визначається насамперед ступенем чистоти поля, яке вони залишають. Це пов'язано з тим, що у період від сходів до виходу в трубку (28–30 днів) посіви проса легко пригнічуються бур'янами. Отже, правильний добір попередників є важливою передумовою отримання високих урожаїв. Крім того, культура потребує достатнього забезпечення легкодоступними поживними речовинами та вологою протягом усього періоду вегетації [23, 34].

Результати багаторічних досліджень, проведених науковими установами різних регіонів, а також виробничий досвід господарств свідчать, що найкращими попередниками проса є озима пшениця, зернобобові культури, баштанні, картопля і цукрові буряки. Високу врожайність культура забезпечує після багаторічних трав. Добрим попередником є також кукурудза на силос, зібрана у фазі молочно-воскової стиглості. У господарствах Лісостепу після такого попередника урожай проса досягає 30–40 ц/га. Проте у кукурудзи та проса спільні шкідники й хвороби, найнебезпечнішим із яких є кукурудзяний метелик. Для

запобігання його розмноженню після збирання кукурудзи слід обов’язково проводити лущення стерні та глибоку зяблеву оранку, щоб заорати пожнивні рештки і бур’яни, у яких зимують гусениці [35].

До менш придатних попередників належать соняшник, суданська трава, овес, ячмінь, сорго та кукурудза на зерно чи пізній силос. Для уникнення поширення шкідників і хвороб просо повертають на попереднє місце у сівозміні не раніше ніж через 6–8 років. Дослідження [36, 37] показують, що за вирощування проса у сівозміні його врожайність зростає у 1,5–3 рази порівняно з беззмінним вирощуванням. Розміщення культури після добрих попередників забезпечує не лише високий урожай, але й робить просо цінним попередником для інших культур сівозміни. Так, середній урожай за три роки після озимої пшениці становив 31,2 ц/га [38].

Попередники впливають не лише на рівень урожайності, а й на якість зерна. Згідно з даними [11], найбільшу масу 1000 зерен (6,2–6,4 г) просо формує після гороху, картоплі та цукрового буряка. При цьому плівчастість зерна зменшується на 0,5–0,9% у порівнянні з посівами після ячменю чи кукурудзи на силос. Вміст білка у зерні при вирощуванні після пласта багаторічних трав у середньому становив 13,6%, після сочевиці – також 13,6%, тоді як після озимої та ярої пшениці і ячменю – лише 12,8%.

Просо є культурою, дуже чутливою до внесення органічних і мінеральних добрив. Результати досліджень і практика провідних господарств підтверджують, що за правильного удобрення врожай зерна й соломи істотно зростає, підвищується маса зерна та вміст білка [38]. Біологічною особливістю культури є повільний ріст на ранніх фазах розвитку (до появи 3–4 листків), коли споживання поживних елементів мінімальне. Починаючи з фази кущіння і до цвітіння, рослини інтенсивно засвоюють поживні речовини з ґрунту. У цей короткий період (30–40 діб) вони використовують до 83% азоту, 78% калію і 64% фосфору від загального споживання. Тому для формування високих урожаїв необхідно,

щоб на час сівби ґрунт мав достатній запас легкодоступних елементів живлення. Найчастіше цей запас поповнюють за рахунок внесення мінеральних добрив, що є одним із найдієвіших чинників підвищення урожайності та поліпшення технологічних властивостей зерна [2, 8, 19].

Під час розроблення системи удобрення для посівів проса необхідно враховувати, що для формування 1 центнера зерна та відповідної кількості соломи культура споживає орієнтовно 3–3,2 кг азоту, 1,3–1,5 кг фосфору, 2–3,4 кг калію та 1–1,3 кг кальцію [39].

Внесення добрив забезпечує не лише оптимальне живлення рослин, а й сприяє раціональному використанню вологи. У головних регіонах вирощування проса на чорноземних і каштанових ґрунтах найбільш ефективними виявилися фосфорні та азотні добрива, причому значення перших є переважним [11]. Високий результат дає також поєднання мінеральних добрив з органічними. Так, у Лісостеповій зоні врожай без добрив становив лише 11 ц/га, тоді як за внесення 20 т/га гною та 4 ц/га суперфосфату під зяблеву оранку урожай зріс до 29 ц/га.

Дослідження [40] показали, що внесення 10 т/га перепрілого гною підвищує урожайність проса на 2,9 ц/га, а використання його у поєднанні з суперфосфатом дає приріст на 4,5 ц/га порівняно з неудобреними ділянками, де урожай складав лише 17,2 ц/га. У районах із недостатнім зволоженням на чорноземах звичайних і каштанових ґрунтах урожайність зростає на 2 ц/га при внесенні в рядки під час сівби гранульованого суперфосфату в дозі 0,5–0,7 ц/га [41, 42].

Вибір строків і доз удобрення визначається типом ґрунту, кліматичними умовами та попередником. У посушливих районах з переважанням чорноземів органічні та мінеральні добрива доцільно вносити восени під зяблеву оранку, а азотні – під передпосівну культивацію. Дослідження показали, що за достатнього вмісту азоту після гороху ефективність фосфорних добрив значно зростає: їх застосування підвищує

урожайність проса після бобових на 1–3,2 ц/га, а після пшениці – на 0,4–2,4 ц/га [43].

Просо характеризується розтягнутим періодом споживання поживних речовин, тому підживлення є високоефективним, особливо за умов зрошення або достатньої вологи в ґрунті. Оптимальним є проведення підживлення у фазі кущіння азотними добривами в дозі N_{30} кг д.р./га [44–46]. Так, у Степовій зоні при підживленні аміачною селітрою (100 кг/га) урожай досяг 34,9 ц/га, тоді як без підживлення – лише 28,6 ц/га [3].

Добрива не лише підвищують урожайність, але й поліпшують якісні показники зерна: збільшують масу зерна з мітелки, масу 1000 зерен, натуру і вміст білка [47]. Оптимальне живлення позитивно впливає і на крупність зерна, і на вихід пшона, а також на його кулінарну якість [10].

У дослідах встановлено, що у зерні проса, удобреному гноєм і мінеральними добривами, вміст білка складав 14,1%, тоді як без добрив – лише 12,4% [48]. За даними інших авторів [49], мінеральні добрива підвищували урожайність проса на 3–6 ц/га, причому найбільший ефект давало внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 5–6 ц/га. Особливо ефективними на вилугуваних чорноземах були фосфорні добрива: внесення 1,5 ц/га суперфосфату збільшувало урожай на 3 ц/га та покращувало вихід крупи, вміст білка і крохмалю. Аміачна селітра у нормі N_{60} сприяла підвищенню білка, а суперфосфат – крохмалю.

Таким чином, узагальнюючи літературні дані щодо технології вирощування проса, можна зробити висновок, що в різних ґрунтово-кліматичних зонах параметри технології (попередники, обробіток ґрунту, удобрення, сорт, строки, способи і норми сівби, догляд і збирання) суттєво відрізняються. Тому визначення оптимального способу сівби та норми висіву для умов нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу має важливе наукове й практичне значення, що й стало підґрунтям проведених досліджень.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оригінатор: Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН» [51].

Автори: І.В. Яшовський, Л.К. Тараненко, О.В. Синицина, А.М. Проданик, Л.А. Мельник.

Сорт амілопектинового проса Чабанівське – перший в Україні восковидний сорт нового напряму використання, придатний як для харчової, так і для низки промислових галузей: фармацевтичної, текстильної, паперової, металургійної, нафтогазовидобувної, а також для виробництва біопалива.

Сорт створено шляхом індивідуального добору з гібридного матеріалу, отриманого від схрещування wx-зразка колекції ВІР (кат. № 9213) із селекційною лінією л. 372-00 складного гібридного походження власної селекції.

Біологічні особливості. Ранньостиглий, тривалість вегетаційного періоду становить 72–78 днів. Відзначається високим потенціалом урожайності – 4,8–5,5 т/га зерна.

Морфологічна характеристика. Різновидність – aureum. Рослини середньорослі, заввишки 100–120 см, добре стійкі до вилягання. Зернівка жовтого кольору, середнього розміру; маса 1000 зерен – 7,8–8,0 г, плівчастість – 17,5–18,0%, вихід крупи – 76–78%, вміст білка – 12,4–14,0%.

Господарсько-цінні ознаки. Сорт характеризується комплексом важливих господарських властивостей: амілопектиновим типом крохмалю, ранньостиглістю, посухостійкістю, підвищеною стійкістю до вилягання й осипання, стабільною урожайністю та високою якістю зерна.

Включений до Державного реєстру сортів рослин України у 2015 році.

Зона вирощування: рекомендований для умов Лісостепу України.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика ґрунту

Експериментальна частина дослідження проводилась на дослідному полі Уманського національного університету (УНУ) у 2025 році. Поле розташоване в межах Маньківського природно-господарського району Середньодніпровсько-Бузького округу Правобережного Лісостепу України, з географічними координатами: 48°46' пн. ш. та 30°14' сх. д., на висоті 245 м над рівнем моря.

Рельєф ділянки являє собою вирівняне плато вододілу з пологим схилом (близько 2°) південно-західної експозиції. За кількістю опадів цей регіон характеризується періодичними посухами (у середньому 2–3 посушливі роки за десятиріччя) і належить до зони нестійкого зволоження.

Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим малогумусним важкосуглинковим на лесі. Такі ґрунти в межах Лісостепу займають близько 2,02 млн га, з них 1,75 млн га орних земель. У Черкаській області це один із найпоширеніших типів ґрунтів: загальна площа – 116 тис. га, з яких у сільськогосподарському обробітку – 104,1 тис. га [52].

Ці ґрунти мають відносно однорідний гранулометричний і хімічний склад, характеризуються вилугованістю від легкорозчинних солей, наявністю ілювіального горизонту з нагромадженням карбонатів та високим вмістом елементів живлення у верхньому шарі. Структура ґрунту оптимальна: частка агрегатів розміром понад 10 мм становить 21–25%, фракції 10–0,25 мм – 73–76%, а дрібних часток менше 0,25 мм – 2–3%.

Велика кількість водостійких агрегатів сприяє гарному водо- і повітропроникненню, рівномірному прогріванню та вологонакопиченню, що забезпечує рослини необхідною вологою протягом вегетації.

Чорнозем опідзолений має глибоке залягання карбонатів (на глибині 115–120 см) і невисокий вміст гумусу в орному шарі (3,3%). Ґрунт насичений основами на рівні 81–97%, реакція розчину – слабокисла (pHsol 6,0). Гідролітична кислотність становить 1,8–2,0 смоль/кг ґрунту. Вміст рухомого фосфору та обмінного калію (за методом Чирикова) коливається в межах 80–112 мг/кг, а азоту лужногідролізованих сполук (за Корнфілдом) – 80–108 мг/кг.

Отже, ґрунт дослідної ділянки відзначається високим рівнем родючості, добрими фізичними й агрохімічними властивостями та є придатним для вирощування більшості районованих культур, зокрема проса.

3.2. Погодні умови

Клімат зони проведення досліджень відзначається помірно континентальним характером, з типовими для Лісостепу сезонними контрастами. Середньорічна температура повітря становить +7,0...+7,7°C. Найхолодніший місяць – січень, коли середньодобові температури знижуються до –5,6...–6,1°C, а найтепліший – липень, із показниками +19,2...+20,8°C. Абсолютний мінімум температури, зафіксований у січні–лютому, досягає –34...–38°C, тоді як літній максимум у липні–серпні піднімається до +36...+39°C.

Перехід середньодобової температури через 0°C спостерігається у середині березня та третій декаді листопада. Безморозний період триває в

межах 242–255 днів. Початок вегетаційного сезону припадає на першу декаду квітня, коли середньодобова температура перевищує +5°С, і завершується наприкінці жовтня, триваючи 200–212 днів. Сума активних температур вище +10°С становить 2550–2600°С.

Перші осінні приморозки зазвичай настають у першій декаді жовтня, іноді – вже у вересні. Весняні приморозки припиняються переважно наприкінці квітня, хоча в окремі роки спостерігаються навіть до червня. Стійкий сніговий покрив формується здебільшого в другій декаді грудня, іноді раніше або пізніше, і зникає в першій декаді березня, хоча подекуди сніг затримується до другої декади квітня.

Весняний період характеризується мінливим температурним режимом. У квітні спостерігається різке підвищення температури, яке триває до липня–серпня. Таке потепління створює сприятливі умови для початку весняно-польових робіт. Водночас кліматичні коливання та особливості атмосферної циркуляції зумовлюють появу несприятливих погодних явищ – посух, суховіїв, різких температурних перепадів, інтенсивних опадів або тривалих бездощових періодів.

Загалом клімат зони є досить складним для сільськогосподарського виробництва, оскільки зволоження непостійне, а ресурси тепла не завжди відповідають вимогам районованих культур. Це часто спричиняє зниження врожайності і її нестійкість за роками.

Землі дослідного поля Уманського НУС знаходяться в підзоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу. Річна кількість опадів становить у середньому близько 633 мм, із них 300–310 мм припадає на період активної вегетації (за температур понад +10°С). Розподіл опадів протягом року нерівномірний: найбільше – у червні–липні (90–100 мм), найменше – у січні–лютому.

Таким чином, ґрунтово-кліматичні умови регіону загалом сприятливі для вирощування проса, і за дотримання технологічних вимог у господарствах зони отримують високі врожаї – понад 45 ц/га зерна. Однак

останніми роками кліматичні умови характеризувалися посушливістю – температурний фон перевищував норму, тоді як кількість опадів була нижчою за середні багаторічні показники, що спричинило зменшення запасів ґрунтової вологи.

У 2025 році умови зволоження також оцінювалися як недостатні, що підтверджується даними таблиці 1.

Таблиця 1

Сума опадів за 2025 рр., мм

(за даними метеостанції Умань)

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

Упродовж 2024–2025 сільськогосподарського року кількість опадів становила 692 мм, що на 59 мм (або 9%) перевищує середньобагаторічний показник. Водночас розподіл їх протягом періоду вегетації був нерівномірним, що вплинуло на умови росту проса. Уже в квітні спостерігалися інтенсивні опади, які до часу весняної сівби (друга декада травня) забезпечили оптимальну вологість орного та посівного шарів ґрунту.

Температурний режим цього періоду був сприятливим і близьким до середньобагаторічних показників – 14,5–15,5°С, що сприяло появі дружних і вирівняних сходів, а також нормальному перебігу початкових ростових процесів у рослин проса (табл. 2).

Таблиця 2

Середня температура повітря за 2025 рр., °С

(за даними метеостанції Умань)

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

У другій декаді червня спостерігався також сприятливий температурний фон (19,5–20,5°С), який позитивно вплинув на подальший розвиток посівів. Однак, за першу декаду червня випало лише 1,1 мм опадів, тоді як друга декада відзначалася зливовими дощами (65,1 мм при середньобагаторічній нормі 87 мм). Такі короткочасні, але інтенсивні опади супроводжувалися поривчастими вітрами, що призвело до часткового вилягання посівів.

Надалі, у генеративний період, умови стали посушливими: дефіцит опадів у липні становив близько 34 мм, а в серпні – 42 мм порівняно із середніми багаторічними даними.

Загалом, температурний режим вегетаційного періоду 2025 року перевищував кліматичну норму. Під час сівби та формування сходів (друга декада травня) середньодобові температури були вищими від середніх на 0,5–3,3°С. У червні перевищення становило 0,6–2,8°С. Липень характеризувався помірно жаркою погодою (в середньому 21,3°С), однак посушливість та низька відносна вологість повітря частково погіршували процеси цвітіння, запилення та формування зерна.

Серпень відзначався спекотною і сухою погодою: температура часто

сягала +30°С і вище, а середньомісячне перевищення над багаторічною нормою становило приблизно +4°С. Незважаючи на це, завдяки біологічним особливостям культури рослини проса достатньо стійко переносили такі умови, і відчутного зниження урожайності не спостерігалося (табл. 3).

Таблиця 3.3

Відносна вологість повітря за 2025 рр.,%

(за даними метеостанції Умань)

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**

У цілому погодні умови вегетаційного періоду 2025 року були малосприятливими, що спричинило деяке зрідження посівів, уповільнення генеративного розвитку на початкових етапах росту та зменшення продуктивності рослин проса у всіх варіантах досліду.

3.3. Схема досліду

Двохфакторний дослід був закладений за схемою представленою в таблиці 4.

Таблиця 4

Схема досліду

Спосіб сівби (фактор А)	Норма висіву (фактор В)
Широкорядний, з шириною міжряддя 30 см	2,5 млн/га
	3,5 млн/га
Широкорядний, з шириною міжряддя 45 см	2,5 млн/га
	3,5 млн/га

Загальна і облікової площа однієї ділянки відповідно – 86 і 45 м². Повторностей – три, розміщення варіантів послідовне.

3.4. Технологія вирощування проса в досліді

У проведеному досліді попередником проса була пшениця озима, а передпопередником – горох, що забезпечило достатнє очищення поля від бур’янів і збагачення ґрунту біологічним азотом.

Основний обробіток ґрунту складався з післязбирального лущення стерні дисковими лущильниками на глибину 10–12 см, після чого виконували зяблеву оранку на 22–25 см, що сприяло нагромадженню вологи та зниженню забур’яненості поля.

Весняно-передпосівний обробіток включав боронування зябу важкими боронами у два сліди поперек оранки, а також дві культивації з одночасним боронуванням – першу на глибину 8–10 см, другу – на 5–6 см (глибина загортання насіння).

Система удобрення передбачала внесення фосфорних і калійних добрив під основний обробіток у вигляді суперфосфату гранульованого та калійної солі, а азотних – навесні під передпосівну культивацію у

формі аміачної селітри. Загальна норма внесення складала $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Для посіву використовували насіння еліти сорту Чабанівське, надане ННЦ «Інститут землеробства» УААН.

Строк сівби – перша декада травня. Спосіб сівби та норми висіву відповідали схемі досліду.

Догляд за посівами включав прикочування поля одразу після сівби, досходове боронування легкими боронами, а також два міжрядні обробітки ґрунту на широкорядних посівах для знищення бур'янів і збереження вологи.

Збирання врожаю проводили у другій декаді серпня, коли близько 70% зерен досягли воскової стиглості. Висоту зрізу встановлювали на рівні 12–15 см. Підбір і обмолот валків здійснювали після підсушування зерна до вологості 15–18%, використовуючи комбайн «Єнісей».

3.5. Методика проведення досліджень

Для визначення інтенсивності проростання насіння та кількості пророслих зерен застосовували стандартні лабораторні показники, серед яких – енергія проростання, лабораторна схожість, швидкість і дружність проростання, а також сила росту. Для зернових культур ці параметри оцінювали за кількістю нормально пророслого насіння відповідно через 3–5 та 6–10 днів після початку досліду [53, 54].

У польових умовах визначали такі показники, як польова схожість, густота стояння рослин, збереженість рослин до збирання та повнота сходів [53].

В умовах лабораторії досліджували технологічні властивості зерна проса – вирівняність, масу 1000 зерен і натуру зерна [53].

Облік урожаю здійснювали суцільним методом, контролюючи результати за допомогою трьох пробних снопів, відібраних з попередньо визначених ділянок площею по 1 м² на кожному варіанті досліду [53].

Отримані експериментальні дані піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу [55].

Економічну ефективність вирощування проса оцінювали за системою основних економічних показників, рекомендованих для аграрних досліджень [56].

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив способу сівби і норми висіву на формування щільності посіву проса

Раціональне кількісне та просторове розміщення насіння на певній площі є одним із ключових і найдавніше досліджуваних питань у землеробстві. Його оптимізація охоплює кілька взаємопов'язаних аспектів:

– біологічний, що враховує продуктивний потенціал сорту, його скоростиглість, кущистість, стійкість до вилягання та інші морфо-фізіологічні особливості;

– агротехнічний, пов'язаний із попередниками, системою удобрення, строком і способом сівби, особливостями догляду за посівами;

– природний, який визначається родючістю ґрунтів, їх фізико-хімічними властивостями, рельєфом місцевості;

– господарський, що враховує ступінь забур'яненості посівів, напрямок використання культури (на зерно, насіння, зелений корм тощо);

– агрометеорологічний, який характеризується забезпеченістю світлом, теплом і вологою [30].

Площа живлення рослин, їх рівномірність розміщення, доступність елементів живлення, освітленість посівів і, відповідно, продуктивність насіння залежать від способу сівби, що є одним із головних факторів, який визначає рівень урожайності проса.

На практиці найчастіше використовують звичайний рядковий, широкорядний і стрічковий способи сівби, рідше – вузькорядний і перехресний [5].

Як свідчать дані численних досліджень [5, 8], проведених у різні роки та в різних ґрунтово-кліматичних умовах, широкорядний спосіб сівби (із

різною шириною міжрядь) має певні переваги. У таких посівах збільшується площа живлення, покращуються умови освітлення рослин, що сприяє кращому кущінню. Крім того, міжрядні обробітки ґрунту не лише забезпечують знищення бур'янів, але й активізують діяльність ґрунтової мікрофлори, посилюючи ріст і розвиток культурних рослин.

У дослідженні для сівби використовували насіння сорту Чабанівське, яке характеризувалося високими показниками якості: лабораторна схожість – 99,0%; сила росту – 98,0%; енергія проростання – 97,0%; дружність проростання – 19,5 шт./добу; маса 1000 насінин – 8,1 г.

Ці параметри повністю відповідали категорії оригінального насіння.

Беручи до уваги дані літератури [27, 34], де зазначено, що варіювання цих показників у проса є значним і суттєво залежить від ґрунтово-кліматичних умов, у наших дослідженнях було приділено особливу увагу аналізу впливу досліджуваних факторів на їх рівень.

Після появи повних сходів, що спостерігалося на шостий день після сівби, було проведено облік густоти стояння рослин і розраховано польову схожість насіння (табл. 5).

Таблиця 5

Вплив способу сівби і норми висіву на формування густоти рослин проса посівного

Спосіб сівби	Норма висіву, млн. шт/га	Кількість рослин у фазу повних сходів, шт/м^2	Польова схожість насіння, %	Кількість рослин на час збирання, шт/м^2	Збереженість рослин, %
Широкорядний (30 см)	2,5	185	75,1	151	81,6
	3,5	270	78,3	231	85,4
Широкорядний (45 см)	2,5	187	75,7	160	85,9
	3,5	275	79,8	204	74,2
НІР$_{05}$		*6*	*1,0*	*7*	*3,8*

За результатами проведеного аналізу встановлено, що польова схожість насіння проса у межах варіантів досліду варіювала незначно. Її рівень коливався від 75,1% – у варіанті з міжряддям 30 см і нормою висіву 2,5 млн схожих насінин/га, до 79,8% – при ширині міжрядь 45 см і нормі висіву 3,5 млн шт/га.

Кількість рослин на одиниці площі змінювалася відповідно до норми висіву: при 2,5 млн насінин/га густота становила 185–187 шт./м², при 3,5 млн насінин/га – 270–275 шт./м².

При цьому спосіб сівби істотного впливу на цей показник не виявив, тобто в умовах достатнього зволоження та оптимального температурного режиму густота посівів визначалася виключно нормою висіву, а інші досліджувані фактори не мали помітного впливу на польову схожість.

Наприкінці вегетації ситуація змінилася – відмінності в густоті посівів стали більш вираженими залежно від поєднання ширини міжрядь і норми висіву. Найвищу збереженість рослин відмічено у варіантах: 30 см × 3,5 млн насінин/га – 85,4%, 45 см × 2,5 млн насінин/га – 85,9%, що на 4,3–11,2% перевищувало інші варіанти (при $НІР_{05}$ = 3,8).

При аналізі окремого впливу кожного фактора чіткої закономірності не виявлено. Так, при нормі 2,5 млн насінин/га перевагу мала ширина міжряддя 45 см, де густота становила 160 шт./м², що на 9 шт. більше, ніж у варіанті з 30 см. Навпаки, при 3,5 млн насінин/га кращий результат отримано при 30 см – 231 шт./м², що на 27 шт. перевищувало показники іншого варіанту ($НІР_{05}$ = 8 шт.).

На нашу думку, таку тенденцію можна пояснити тим, що саме при поєднанні міжрядь 30 см і норми 3,5 млн, а також 45 см і 2,5 млн схожих насінин/га, у рослин сорту Чабанівське створювалися найсприятливіші умови для формування індивідуальної площі живлення. Це сприяло зменшенню внутрішньовидової конкуренції у фітоценозі та забезпечувало оптимальне співвідношення щільності й продуктивності рослин.

4.2. Вплив способу сівби і норми висіву на динаміку тривалості міжфазних періодів рослин проса

Для забезпечення високих і стабільних урожаїв важливо використовувати сорти, рекомендовані для конкретної агрокліматичної зони, із застосуванням сортової технології вирощування, що дає змогу максимально реалізувати генетичний потенціал сорту.

При доборі сорту для певного регіону слід враховувати фізіолого-біохімічні особливості фотосинтетичної діяльності, як основи синтезу органічної речовини і формування врожаю. Ключовими є ознаки, що формуються у процесі взаємодії генотипу з умовами довкілля та забезпечують ефективне використання вологи, поживних речовин і сонячної радіації. Найважливішими серед них є механізми адаптації до лімітуючих факторів середовища, а також ознаки, що сприяють формуванню високого врожаю [9].

До таких адаптивних характеристик належать:

– оптимальна тривалість вегетаційного періоду й окремих міжфазних періодів, що дає змогу культурі проходити критичні етапи органогенезу в найбільш сприятливих погодних умовах;

– фотоперіодична нейтральність, яка забезпечує пластичність до змін тривалості дня;

– інтенсивний розвиток листкової поверхні та кореневої системи, що покращує використання ґрунтових і атмосферних ресурсів [5].

Одним із ефективних способів керування умовами вегетації є оптимізація площі живлення шляхом поєднання способу сівби та норми висіву.

У результаті аналізу експериментальних даних встановлено, що тривалість вегетаційного періоду у 2025 році загалом відповідала біологічним особливостям сорту Чабанівське (табл. 6).

Таблиця 6

Тривалість фаз росту і розвитку рослин проса посівного залежно від способу сівби і норми висіву

Спосіб сівби	Норма висіву насіння, млн. шт./га	Міжфазний період, днів					Сівба – дозрівання
		сівба – сходи	сходи – кущіння	кущіння – викидання волоті	викидання волоті – цвітіння	цвітіння – дозрівання	
Широкорядний (30 см)	2,5	9	31	12	10	25	87
	3,5	9	32	12	11	27	91
Широкорядний (45 см)	2,5	9	31	12	11	26	89
	3,5	9	30	12	10	23	84

Водночас зафіксовано певні відмінності залежно від поєднання ширини міжрядь і норми висіву.

Так, найдовше вегетували рослини за ширини міжрядь 30 см і норми висіву 3,5 млн насінин/га – 91 доба. Дещо коротшою (на 2 доби) була вегетація за 45 см × 2,5 млн насінин/га. В інших варіантах спостерігалося скорочення вегетації на 2–5 діб, а найменшу тривалість (84 доби) зафіксовано при максимальних показниках ширини міжрядь і норми висіву.

Аналіз окремих міжфазних періодів розвитку показав істотну залежність їх тривалості від елементів технології вирощування та біологічних властивостей культури. Найдовшим був період «сходи – кущіння», який тривав 30–32 доби, що підтверджує властиву для проса повільну початкову динаміку росту.

У подальших фазах розвиток культури прискорювався – періоди «кущіння – викидання волоті – цвітіння» скорочувалися до 10–12 діб. Водночас чіткої закономірності впливу ширини міжрядь чи норми висіву на тривалість цих фаз не виявлено, що свідчить про високу стабільність фенологічних ознак сорту в умовах досліджень.За результатами наших спостережень, у середньому по досліду цей період становив від 23 до 27 діб. Дещо тривалішим він був у варіантах, де поєднувалися ширина міжрядь 30 см із нормою висіву 3,5 млн насінин/га, а також 45 см із 2,5 млн насінин/га – відповідно на 1–4 доби довше, ніж у решті варіантів.

4.3. Фотосинтетична діяльність посівів проса залежно від площі живлення рослин

Просо належить до найдавніших культурних рослин, які були одомашнені ще в прадавні часи й донині зберігають важливе значення у

харчуванні, кормовиробництві та промисловості. Таку універсальність визначають унікальні фізіолого-біохімічні особливості фотосинтезу, завдяки яким просо за механізмом засвоєння вуглекислого газу близьке до сорго, кукурудзи та цукрової тростини. Культура відзначається високою ефективністю використання CO_2, теплової енергії сонця, стійкістю до посухи, спеки та засолення, опором грибковим захворюванням, високим вмістом білка та цінністю вегетативної маси. Крім того, просо є невибагливим до строків сівби й має лікувальні властивості продуктів переробки.

Однією з визначальних особливостей культури є здатність зберігати активну фотосинтетичну діяльність листків і стебел упродовж другої половини вегетації. Це свідчить, що налив зерна забезпечується тривалою роботою асиміляційного апарату. Так, якщо у ярої пшениці на формування одного грама зерна під час наливу припадає близько 8,3 дм²/добу фотосинтезуючої поверхні, то у проса – 15,8 дм²/добу [5]. Однак ефективність продукційного процесу визначається не лише розмірами листкової поверхні, а й характером синтезу вуглеводів та здатністю зернівок активно залучати продукти фотосинтезу.

За результатами наших досліджень встановлено чітку залежність між площею листкової поверхні та досліджуваними факторами (табл. 7). Зокрема, у середньому за вегетацію більшу листкову поверхню формували посіви з шириною міжрядь 30 см – 24,5 тис. м²/га, що на 0,5 тис. м²/га більше, ніж при ширині 45 см. Найвищі показники зафіксовано у варіанті 30 см × 3,5 млн насінин/га, де площа листкової поверхні перевищувала інші варіанти на 0,7–1,2 тис. м²/га ($НІР_{05}$ = 0,41 тис. м²/га).

Динаміка формування асиміляційної поверхні показала, що максимум фотосинтетичної активності припадав на фазу цвітіння, коли площа листків досягала 37,8–41,2 тис. м²/га. У подальшому, в період дозрівання, спостерігалося поступове зниження активності фотосинтезу, однак у

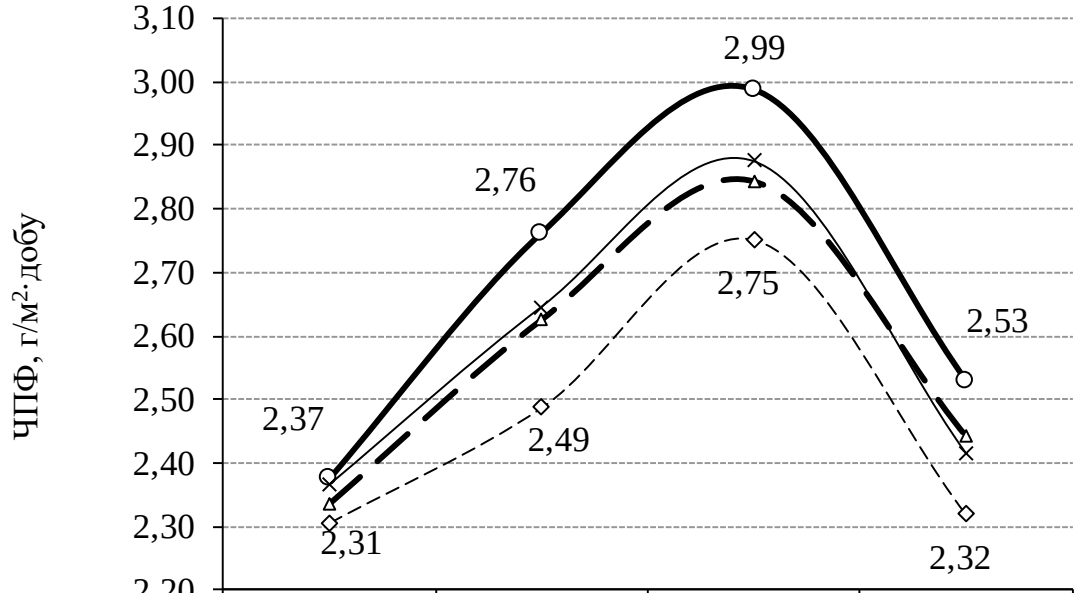
варіантах 30 см × 3,5 млн і 45 см × 2,5 млн насінин/га процес старіння проходив повільніше. У цих посівах листкова поверхня під час дозрівання становила 17,9–18,0 тис. м²/га, що на 0,8–1,1 тис. м²/га більше порівняно з іншими варіантами ($НІР_{05}$ = 0,32 тис. м²/га).

Таблиця 7

Динаміка наростання площі листової поверхні рослин проса залежно від способу сівби і норми висіву у 2025 р., тис. м²/га

Спосіб сівби	Норма висіву насіння, млн. шт/га	Фаза розвитку				
		вихід у трубку	викидання волоті	цвітіння	дозрі-вання	Середня за вегетацію
Широкорядний (30 см)	2,5	3,1	35,1	39,2	17,9	23,8
	3,5	3,3	37,4	41,2	19,1	25,2
Широкорядний (45 см)	2,5	3,2	35,3	38,9	18,7	24,0
	3,5	3,3	35,8	37,8	18,0	23,7
$НІР_{05}$		*0,18*	*0,37*	*0,43*	*0,22*	*0,41*

Подібна закономірність простежувалася і щодо чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). У середньому за вегетацію найвищі значення ЧПФ відзначено у фазі цвітіння – 2,75–2,99 г/м²·добу. Протягом усього періоду росту поєднання 30 см × 3,5 млн і 45 см × 2,5 млн насінин/га сприяло ефективнішому перетворенню сонячної енергії у продукти фотосинтезу (рис. 1).



	вихід у трубку	викидання волоті	цвітіння	дозрівання
Широкорядний (30 см) 2,5 млн	2,31	2,49	2,75	2,32
Широкорядний (30 см) 3,5 млн	2,37	2,76	2,99	2,53
Широкорядний (45 см) 2,5 млн	2,34	2,62	2,84	2,44
Широкорядний (45 см) 3,5 млн	2,36	2,65	2,88	2,41

Рис. 1 **Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів проса залежно від способу сівби і норми висіву у 2025 р.**

Таким чином, збільшення площі листкової поверхні та підвищення фотосинтетичної продуктивності у цих варіантах забезпечували формування більш високої врожайності проса порівняно з іншими досліджуваними комбінаціями.

4.4. Урожайність зерна проса залежно від досліджуваних чинників

Урожайність проса є результатом взаємодії комплексу морфолого-фізіологічних ознак рослин із умовами зовнішнього середовища, які визначають особливості їх росту, розвитку та формування врожаю [57].

Дослідження впливу способу сівби та норми висіву дало змогу виявити певні відмінності у морфоструктурі рослин проса посівного, що підтверджується біометричними показниками і змінами у структурі елементів індивідуальної продуктивності (табл. 8).

Таблиця 8

Біометричні показники рослин та структура врожайності посівів проса залежно від способу сівби і норми висіву у 2025 р.

Спосіб сівби	Норма висіву	Висота рослин, см	Маса зерна з однієї волоті, г	Кількість зерна з однієї волоті, шт.	Маса 1000 зерен, г
Широкорядний (30 см)	2,5 млн	101	1,80	184	9,8
	3,5 млн	105	1,55	165	9,4
Широкорядний (45 см)	2,5 млн	110	1,78	184	9,7
	3,5 млн	106	1,49	162	9,2

Так, максимальної висоти рослини досягали за ширини міжрядь 45 см, де їх зріст перевищував варіанти з мінімальною шириною (30 см) на 5–10 см. Найвищі рослини формувалися за поєднання 45 см × 2,5 млн насінин/га, що свідчить про позитивний вплив меншої густоти на ріст надземної маси.

При аналізі структури врожайності встановлено, що найвищу індивідуальну продуктивність і озерненість волотей формували ті самі варіанти – ширина міжрядь 45 см при нормі висіву 2,5 млн насінин/га. У цьому разі маса зерна з однієї рослини становила 1,78 г, а кількість зерен – 184 шт. Зі збільшенням норми висіву до 3,5 млн насінин/га та зменшенням ширини міжрядь спостерігалося зниження цих показників – до 1,49–1,80 г і 162–184 зерен/волоть, що пояснюється підвищеною внутрішньовидовою конкуренцією.

Маса 1000 зерен у середньому перебувала в межах, характерних для сорту Чабанівське – 9,2–9,8 г. Дещо більші значення зафіксовано при

мінімальних параметрах сівби (30 см × 2,5 млн насінин/га) – на 1,4–2,8% вище, тоді як максимальні параметри (45 см × 3,5 млн насінин/га) зумовлювали зменшення маси до 9,2 г.

Однак остаточну оцінку ефективності поєднання способу сівби та норми висіву слід робити на підставі врожайних даних.

Згідно з результатами (рис. 2), найвищу врожайність проса сорту Чабанівське у 2025 році забезпечило поєднання 30 см × 3,5 млн насінин/га – 35,8 ц/га, що на 5,5–8,7 ц/га більше, ніж за широкорядної сівби 45 см. Ця різниця є статистично достовірною (див. додаток А). Високий урожай зумовлений оптимальною густотою стояння (231 рослина/м²) і високими показниками індивідуальної продуктивності – 1,55 г зерна/рослину та 165 зерен/волоть (див. табл. 5 і 8).

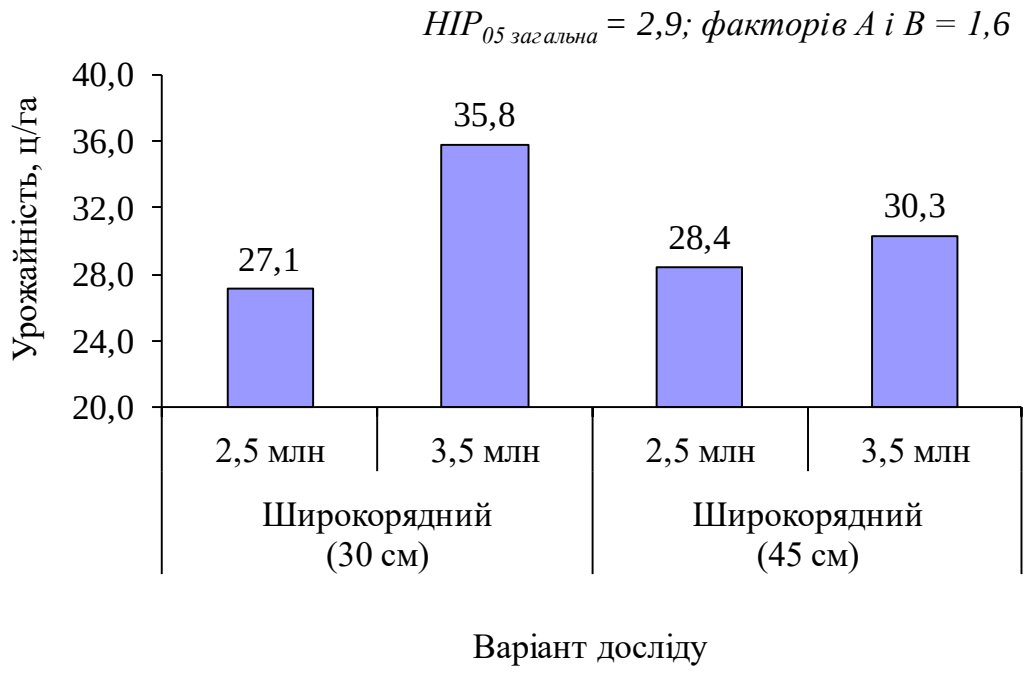


Рис. 2 **Урожайність проса посівного сорту Чабанівське залежно від способу сівби та норми висіву**

При цьому окремий вплив кожного з факторів (спосіб або норма сівби) не був істотно значущим, однак їхнє поєднання мало синергічний ефект (рис. 3).

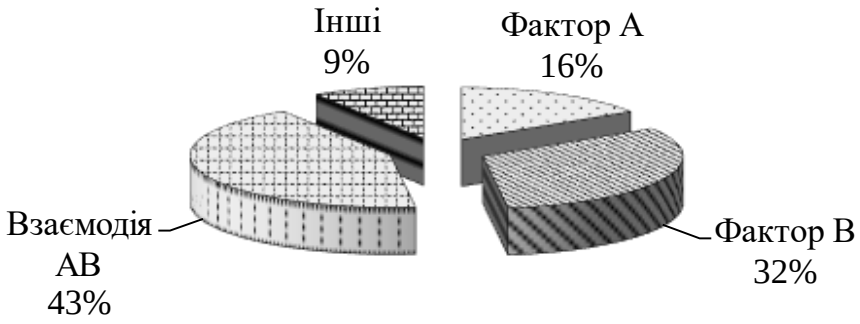


Рис. 3 **Частка впливу факторів на рівень врожайності зерна проса посівного**

За даними статистичного аналізу, частка впливу способу сівби (фактор А) становила 16%, тоді як норми висіву (фактор В) – 32%. Найвагомішим виявився комбінований вплив обох чинників (А×В) – 43%, що підтверджує важливість взаємної оптимізації ширини міжрядь і норми висіву. Водночас вплив погодних умов у 2025 році становив 9%, що свідчить про відносну стабільність формування врожаю за різних кліматичних коливань.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБУ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА ПРОСА

В умовах сучасного агровиробництва ключовою вимогою до елементів технології вирощування є не лише забезпечення високої врожайності, а й зниження енергетичних витрат, собівартості продукції та підвищення рентабельності. За умов обмежених ресурсів сільське господарство потребує оновлення підходів до планування й використання виробничих затрат, які раніше формувались у межах планової економіки [56].

сновою економічного зростання аграрного сектору виступає впровадження високопродуктивних і ресурсоощадних технологій, що сприяють оптимізації виробничих процесів, зменшенню собівартості продукції та підвищенню прибутковості господарств. Метою будь-якої технологічної системи має бути отримання якісного врожаю при максимальній економічній ефективності.

Економічна результативність вирощування проса визначається насамперед ринковою ціною продукції, рівнем урожайності та розміром виробничих витрат. Для її оцінки здійснювали розрахунки порівняльної ефективності різних способів сівби та норм висіву насіння. При цьому використовували технологічні карти й чинні методичні рекомендації [57].

У ході аналізу обчислювали такі показники:

- урожай зерна з 1 га посівної площі;
- вартість отриманої продукції з урахуванням середніх ринкових цін 2025 року;
- виробничі витрати на 1 га;
- чистий дохід (різниця між вартістю врожаю та витратами);
- собівартість 1 ц зерна;
- рівень рентабельності, який визначали як відсоткове відношення

чистого доходу до загальних витрат.

Отримані результати засвідчили, що економічна ефективність вирощування проса істотно залежала як від способу сівби, так і від норми висіву (табл. 9, додаток В).

Таблиця 9

Економічна ефективність вирощування зерна проса залежно від способу сівби і норми висіву в 2025 р.

Показник	Спосіб сівби			
	широкорядний		широкорядний	
	(30 см)		(45 см)	
	Норма висіву, млн шт/га			
	2,5	3,5	2,5	3,5
Урожайність, т/га	2,71	3,58	2,84	3,03
Вартість продукції з 1 га, грн	5420,00	7160,00	5680,00	6060,00
Затрат на 1 га, грн	3963,90	3974,34	3965,46	3967,74
Собівартість 1 т основної продукції, грн	1462,69	1110,15	1396,29	1309,49
Прибуток на 1 га, грн	1456,10	3185,66	1714,54	2092,26
Рівень рентабельності, %	37	80	43	53

Найвищі показники були зафіксовані у варіанті 30 см × 3,5 млн насінин/га, який забезпечив урожайність 3,58 т/га, максимальний чистий прибуток 3185,66 грн/га та рівень рентабельності 80%. Таке поєднання технологічних елементів виявилось найдоцільнішим для умов 2025 року.

В інших варіантах спостерігалося зростання собівартості продукції – до 1309,49–1462,69 грн/т, а також зменшення прибутковості на 1093,40–1729,56 грн/га та зниження рівня рентабельності до 27–43%.

Отже, оптимізація способу сівби та норми висіву має не лише агротехнічне, а й економічне значення, оскільки дозволяє підвищити ефективність виробництва проса та його конкурентоспроможність у сучасних ринкових умовах.

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Моделювання виробничих небезпек

Прискорення науково-технічного прогресу в агропромисловому комплексі, зростання рівня інтенсифікації виробництва та впровадження енергонасичених технологій зумовлюють необхідність посиленої уваги до забезпечення безпечних і здорових умов праці. Сучасне сільське господарство характеризується наявністю значної кількості шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть призвести до професійних захворювань або травм працівників.

Законодавчою основою системи охорони праці в Україні є Конституція України, Закони України “Про охорону праці”, “Про пожежну безпеку”, Кодекс законів про працю та інші нормативні акти [59, 60].

З огляду на активне використання у рослинництві сільськогосподарської техніки, мінеральних добрив і пестицидів, які належать до потенційно небезпечних чинників, виникає необхідність удосконалення системи охорони праці на всіх етапах технологічного процесу. Безпечні умови роботи тісно пов’язані з належним рівнем санітарно-побутового та медичного забезпечення, організацією відпочинку і харчування, що сприяє зниженню фізичного навантаження і збереженню працездатності працівників.

Значних економічних збитків аграрним підприємствам завдають виробничий травматизм і професійні хвороби, уникнути яких можливо лише за умови дотримання вимог чинного трудового законодавства, нормативних актів, а також впровадження у виробництво передових наукових розробок і

технічних рішень у сфері охорони праці [61].

До роботи на сільськогосподарській техніці допускаються особи віком від 17 років, які мають посвідчення тракториста-машиніста, пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж із техніки безпеки. Особи віком до 18 років не можуть залучатися до робіт із важкими або шкідливими умовами праці. Тривалість робочого дня для підлітків 16–18 років становить 6 годин.

Випускники шкіл, яким присвоєно кваліфікацію механізатора та видано посвідчення на право керування сільськогосподарськими машинами, можуть працювати під наглядом досвідчених наставників до досягнення 17-річного віку [62].

Перед початком роботи тракторист-машиніст повинен перевірити справність усіх вузлів і агрегатів трактора, а також наявність захисних огороджень і необхідного інструменту. Усі сільськогосподарські агрегати мають бути повністю укомплектованими та відрегульованими.

Перед оранкою або культивацією перевіряють технічний стан плугів, культиваторів, стояків і штанг, усувають зайві люфти й осьові переміщення коліс, які не повинні перевищувати 2 мм. У групах машин призначають старшого механізатора, який відповідає за організацію роботи в загінці, контролює інтервали між тракторами (30–40 м) та дотримання техніки безпеки [59].

Перед початком польових робіт поле обстежують, усувають небезпечні предмети, вирівнюють поверхню, засипають ями. Заборонено здійснювати круті повороти під час культивації, щоб уникнути поломок. Під час роботи у запилених умовах або при використанні ґрунтообробних машин необхідно застосовувати захисні окуляри, рукавиці, респіратори. У разі грози трактор слід зупинити, вимкнути двигун, зафіксувати гальма і відійти на відстань 15–20 м.

Перед сівбою перевіряють справність механізмів, а також нагадують працівникам, що насіння протруєне і має токсичні властивості. Всі мішки з

таким насінням маркують написами «Протруєно» або «Отруйно!». Працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки і мати засоби індивідуального захисту (рукавиці, окуляри, респіратори). Забороняється сидіти на мішках з протруєним насінням, перевозити його разом із продуктами харчування або залишати без нагляду.

Під час збирання врожаю поле готують заздалегідь: розбивають на загінки до 50 га, обкошують краї, усувають перешкоди. Керувати комбайном можуть лише закріплені за ним особи, які несуть персональну відповідальність. При поворотах швидкість руху не повинна перевищувати 4–4,5 км/год. Заборонено перебувати в кузові транспортного засобу під час вивантаження зерна або розрівнювати зерно вручну під працюючим шнеком.

Комбайни мають бути оснащені двома вогнегасниками, лопатою, піском, брезентом і швабрами. Трактори та автомобілі обладнують іскрогасниками й вогнегасниками. Для відпочинку працівників на полі встановлюють пересувні вагончики або спеціально відведені місця, про які всіх завчасно інформують [63].

Для поліпшення умов праці та підвищення рівня безпеки рекомендовано:

- не допускати до роботи з добривами і пестицидами осіб без медогляду;
- проводити обов’язковий інструктаж з охорони праці перед кожним видом робіт;
- обладнати спеціальні пункти для приготування робочих розчинів;
- вчасно оновлювати засоби індивідуального захисту;
- дотримуватись трудового розпорядку і регламенту робочого часу;
- посилити контроль за виконанням вимог з охорони праці.

Таким чином, дотримання вимог безпеки та своєчасна профілактика виробничих ризиків є необхідною умовою ефективного, стабільного і безпечного функціонування сільськогосподарських підприємств.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору дедалі більш очевидним стає те, що єдиним ефективним шляхом розв’язання глобальної продовольчої проблеми є інтенсифікація рослинництва [65]. Саме вона забезпечує зростання врожайності на одиницю площі без істотного розширення посівних угідь, що особливо важливо в умовах обмежених земельних і ресурсних можливостей.

У розвинутих країнах завдяки високому науково-технічному потенціалу цей шлях був швидко реалізований через упровадження інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, побудованих на прогресивних системах землеробства. Синтез досягнень біології, селекції, хімії добрив і засобів захисту рослин, а також упровадження сучасної техніки призвів до справжньої аграрної революції. Рівень урожайності основних зернових культур – пшениці, рису, кукурудзи – за останні десятиліття подвоївся, і навіть у країнах, що розвиваються, досягнув безпрецедентних показників. Так, у більшості розвинутих держав урожайність озимої пшениці становить 60–70 ц/га і більше [66].

Разом з тим індустріальна інтенсифікація виявила і низку гострих екологічних і соціально-економічних проблем. Безконтрольне використання хімічних засобів, надмірна експлуатація ґрунтів, водних і енергетичних ресурсів, вузька спеціалізація господарств, а також зростання техногенного навантаження призвели до деградації природного середовища й зниження екологічної безпеки продукції. Це поставило під сумнів абсолютну прийнятність інтенсивних технологій у їх класичному вигляді.

Однак це не заперечує самої ідеї інтенсифікації, а лише висуває нові вимоги до її змісту. Сучасні інтенсивні технології мають бути гармонізованими – тобто такими, що забезпечують високу продуктивність,

але при цьому зберігають екологічну рівновагу. Пріоритетом залишається збільшення виробництва продукції шляхом раціонального використання інтенсивних факторів, проте акцент зміщується на отримання екологічно чистої, безпечної і якісної продукції при оптимальному використанні природних і трудових ресурсів.

Відтак, у сучасній аграрній науці сформувалася інтегрована концепція екологічної прийнятності інтенсифікації рослинництва, що передбачає адаптацію технологічних процесів до вимог охорони довкілля. Особливу увагу приділяють збереженню родючості ґрунту, підтриманню рівноваги між інтенсивністю виробництва і відновлюваністю природних ресурсів.

Розвиток інтенсивних технологій нині набуває диференційованих форм – ґрунтозахисних, ресурсозберігаючих, енергозберігаючих, біологізованих, адаптивних тощо. Проте справжньо інтенсивною вважається лише така технологія, у якій усі ці складові поєднані в єдину гармонійну систему.

Як показує досвід, ігнорування екологічного аспекту інтенсифікації призводить до зниження якості продукції, накопичення шкідливих речовин і втрати суспільної довіри до інтенсивних технологій. Це викликало появу альтернативних підходів – біологічного землеробства та біологічного рослинництва, у межах яких відмовляються або мінімізують використання хімічних засобів. Проте численні дослідження, зокрема в США та Німеччині, довели, що біологічні системи дають урожайність на 25–30% нижчу, ніж інтенсивні технології, а собівартість продукції у них істотно вища.

Водночас, за умови раціонального застосування інтенсивних технологій – із оптимальним дозуванням мінеральних добрив і засобів захисту – можна підтримувати вміст шкідливих речовин у межах санітарно допустимих норм. Тому біологічні системи доцільно розглядати не як абсолютну альтернативу, а як доповнення до інтенсивних технологій – передусім у виробництві дитячого або дієтичного харчування.

Таким чином, перспективним напрямом розвитку сучасного землеробства є біологізовані інтенсивні технології, що поєднують високу продуктивність із екологічною збалансованістю. Саме такий підхід є «золотою серединою» між інтенсивним та біологічним рослинництвом, забезпечуючи стабільне зростання виробництва екологічно чистої зернової продукції при збереженні природних ресурсів.

Особливої актуальності ці питання набувають щодо зернових культур, зокрема пшениці, ячменю та проса, які є основою продовольчої безпеки. Для проса, як цінної дієтичної культури, поєднання інтенсивних та біологізованих технологічних елементів відкриває можливість підвищити врожайність, якість зерна та екологічну безпеку продукції, що є пріоритетним завданням сучасного рослинництва.

ВИСНОВКИ

Однорічні дослідження з вивчення впливу способів сівби та норм висіву на урожайність і якість зерна проса посівного сорту Чабанівське в умовах нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України дали можливість сформулювати такі попередні висновки:

1. Збереженість рослин проса до збирання значною мірою залежала від поєднання ширини міжрядь і норми висіву. Найкращі показники зафіксовано у варіантах з шириною міжрядь 30 см і нормою висіву 3,5 млн шт./га та 45 см і нормою 2,5 млн шт./га – відповідно 85,4% і 85,9%. Це свідчить про оптимальне співвідношення площі живлення і щільності стояння рослин у цих варіантах.
2. Тривалість вегетаційного періоду у рослин проса змінювалась залежно від параметрів сівби. Найдовший період вегетації (до 91 доби) відзначено у варіанті з шириною міжряддя 30 см і максимальною нормою висіву 3,5 млн схожих насінин/га. Серед усіх міжфазних періодів найбільш тривалим виявився «сходи – кущіння», що підтверджує властиву культурі проса повільність росту на початкових етапах онтогенезу, подібно до інших хлібних злаків другої групи.
3. Фотосинтетична діяльність посівів також істотно залежала від досліджуваних факторів. У середньому за вегетаційний період найбільшу площу листкової поверхні (25,2 тис. м²/га) сформували рослини, висіяні при ширині міжрядь 30 см і нормі висіву 3,5 млн схожих насінин/га. Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) відзначено у фазі цвітіння цього ж варіанту – 2,99 г/м²·добу, що свідчить про високу інтенсивність асиміляційних процесів.
4. Найвища врожайність зерна проса сорту Чабанівське (35,8 ц/га), а

також максимальний прибуток (3185,66 грн/га) і рівень рентабельності (80%) отримано за поєднання ширини міжрядь 30 см і норми висіву 3,5 млн схожих насінин/га. Це свідчить про економічну й агротехнічну доцільність саме такого поєднання елементів технології вирощування в умовах досліджуваної зони.

5. Таким чином, результати досліджень підтверджують, що оптимальним варіантом для вирощування проса посівного сорту Чабанівське в умовах Правобережного Лісостепу є широкорядна сівба (30 см) з нормою висіву 3,5 млн схожих насінин/га, що забезпечує найвищу продуктивність агроценозу, ефективність фотосинтезу та економічну віддачу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Драган М. Круп’яні культури: сучасні аспекти технології вирощування.[М. Драган, Р. Грищенко, О. Любич] // К.: Пропозиція, 2011. №5. [електронний ресурс: http://www/prpozitsia.com].
2. Wietgrefe, J. B., Shanahan, J. F., Brunkhorst, K. J., Heim, B. A., Lyon, D. J., Nielsen, D. C., Timm, D. A. Seeding rate and nitrogen management effects on proso millet. Journal of Plant Nutrition. 2006. DOI: 10.1080/01904160600972605.
3. Habiyaremye, C.; Matanguihan, J.B.; D’Alpoim Guedes, J.; Ganjyal, G.M.; Whiteman, M.R.; Kidwell, K.K.; Murphy, K.M. Proso Millet (Panicum miliaceum L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. Front. Plant Sci. 2017, 7: 19–61.
4. Zhang, Y.Y.; Han, H.K.; Zhang, D.Z.; Li, J.; Gong, X.W.; Feng, B.L.; Xue, Z.; Yang, P. Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. Field Crop. Res. 2017, 213, 65–74.
5. Рудник-Іващенко О. І. Управління процесом формування врожайності зерна проса посівного: автореф. дис... докт. с.-г. наук: 06.01.09. Рудник-Іващенко О. І. ; Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ. 2010. 45 с.
6. Baltensperger, D.D.; Lyon, D.J.; Anderson, R.; Holman, T.; Stymieste, C.; Shanahan, J.; Nelson, L.A.; DeBoer, K.L.; Hein, G.L.; Krall, J. EC95-137 Producing and Marketing Proso Millet in the High. Plains; University of Nebraska-Lincoln Extension: Lincoln, NE, USA, 2015; p. 709.
7. Grašič, M.; Golob, A.; Vogel-Mikuš, K.; Gaberščik, A.; Mikuš, V. Severe Water Deficiency during the Mid-Vegetative and Reproductive Phase has Little Effect on Proso Millet Performance. Water 2019, 11, 2155.

8. Calamai, A.; Masoni, A.; Marini, L.; Dell'acqua, M.; Ganugi, P.; Boukail, S.; Benedettelli, S.; Palchetti, E. Evaluation of the Agronomic Traits of 80 Accessions of Proso Millet (Panicum miliaceum L.) under Mediterranean Pedoclimatic Conditions. Agriculture 2020, 10, 578.
9. Seghatoleslami, M.J.; Kafi, M.; Majidi, E. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five proso millet (Panicum miliaceum L.) genotypes. Pak. J. Bot. 2008, 40, 1427–1432.
10. Seghatoleslami, M.J.; Kafi, M.; Majidi, E. Effect of deficit irrigation on yield, WUE and some morphological and phenological traits of three millet species. Pak. J. Bot. 2008, 40, 1555–1560.
11. Ventura, F.; Vignudelli, M.; Poggi, G.M.; Negri, L.; Dinelli, G. Phenological stages of Proso millet (Panicum miliaceum L.) encoded in BBCH scale. Int. J. Biometeorol. 2020, 64, 1167–1181.
12. Anderson, R.L. Planting date effect on no-till Proso Millet. J. Prod. Agric. 1994, 7, 454–458.
13. Gong, X.W.; Liu, C.J.; Ferdinand, U.; Dang, K.; Zhao, G.; Yang, P.; Feng, B.L. Effect of intercropping on leaf senescence related to physiological metabolism in proso millet (Panicum miliaceum L.). Photosynthetica 2019, 57, 993–1006.
14. Caruso, C.; Maucieri, C.; Berruti, A.; Borin, M.; Barbera, A.C. Responses of Different Panicum miliaceum L. Genotypes to Saline and Water Stress in a Marginal Mediterranean Environment. Agronomy 2018, 8, 8.
15. Kumari, S. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. Agron. J. 1988, 57, 480–487.
16. Anderson, R.L. No-till proso millet production. Agron. J. 2010. 82: 577–580.
17. Anderson, R.L., Shanahan, J.F., Greb, B.W. Effect of tillage systems on proso millet production. Agron. J. 2016. 78: 589–592. https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800040007x.
18. Полторецький С. П. Урожайність насіння сортів проса залежно від фону мінерального живлення в умовах Правобережного Лісостепу України. С.

П. Полторецький. Зб. наук. пр. Уманського НУС. Умань, 2011. Вип. 77. Ч. 1: Агрономія. С. 115–127.

19. Полторецький С. П. Посівні якості та врожайні властивості насіння проса посівного залежно від фону мінерального живлення. С. П. Полторецький. Зб. наук. пр. Уманського НУС. Умань, 2012. Вип. 78. Ч. 1: Агрономія. С. 131–145.
20. Habiyaremye C., Matanguihan J. B., D'Alpoim Guedes J., Baltensperger D., Tilley M., Verhoeven M. N., ... (2017). Proso Millet (Panicum miliaceum L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. Frontiers in Plant Science. Vol. 7: 1961. DOI: 10.3389/fpls.2016.01961.
21. Gresta F., Rouphael Y., Giosuè S., Nardo E., Iannotti M., D'Amico M. A., & V. Z. C. (2023). Effects of Nitrogen Fertilization and Plant Density on Proso Millet (Panicum miliaceum L.) Growth and Yield. Agriculture. Vol. 13. Is. 9. Art. 1657. DOI: 10.3390/agriculture13091657.
22. Agdag M., Nelson L., Baltensperger D., Frickel G., Anderson R. (2006). Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. Journal of Crop Production. Vol. 9. Iss. 1-2. P. 139-152. DOI: 10.1081/CSS-120000266.
23. Graybosch R. A., Baltensperger D. D. (2009). Evaluation of the waxy endosperm trait in proso millet (Panicum miliaceum). Plant Breeding. Vol. 128. Is. 1. P. 70–73. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2008.01511.
24. Sahoo S. B., Singh J., Swain P., Nayak B. B., Sahoo R. R., Sahoo R. K. (2023). Millet Seeds - Production Technology, Harvesting and Post Harvesting Harvest Management, Processing, and Storage. Chapter 2 in: Millets: Traditional, Sustainable and Future Foods. Springer, Singapore. P. 21-45. DOI: 10.1007/978-981-99-4284-5_2.
25. Araki, M., Numaoka, A., Kawase, M., and Fukunaga, K. (2012). Origin of waxy common millet, Panicum miliaceum L., in Japan. Genet. Res. Crop Evol. 59, 1303–1308. doi: 10.1007/s10722-011-9755-9.
26. Bettinger, R. L., Barton, L., and Morgan, C. (2010a). The origins of food

production in north China: a different kind of agricultural revolution. Evol. Anthropol. 19, 9–21. doi: 10.1002/evan.20236.

27. Gong, X.W.; Liu, C.J.; Feng, B.L. Effect of intercropping on leaf senescence related to physiological metabolism in proso millet (Panicum miliaceum L.), 2019, Photosynthetica, 57(4), pp. 993-1006.
28. Gong, X.W.; Li, J.; Feng, B.L. Nitrogen deficiency induced a decrease in grain yield related to photosynthetic characteristics, carbon-nitrogen balance and nitrogen use efficiency in proso millet (Panicum miliaceum L.). Feb, 23, 2020. Archives Of Agronomy And Soil Science, 66(3), pp.398-413.
29. Gong, X.W.; Ferdinand, U.; Feng, B.L. Boosting proso millet yield by altering canopy light distribution in proso millet/mung bean intercropping systems. Apr, 2020. Crop Journal, 8(2), pp. 365-377.
30. Wang, Y.; Wang, J.S.; Diao, X.M. Foxtail millet [Setaria italica (L.) P. Beauv.] grown under nitrogen deficiency exhibits a lower folate contents. Jan, 18, 2023. Frontiers in nutrition, 10, pp. 399-409.
31. Рудник-Іващенко О.І. Адаптивний потенціал проса..О.І. Рудник-Іващенко // Насінництво. Київ. 2010. № 1. С. 5-12.
32. Liu, M.X.; Xu, Y.; Lu, P. Genetic Diversity and Population Structure of Broomcorn Millet (Panicum miliaceum L.) Cultivars and Landraces in China Based on Microsatellite Markers. Mar, 2016. International Journal Of Molecular Sciences, 17(3): 1236-1242.
33. Yuan, Y.H.; Liu, C.J.; Feng, B.L. Proso millet (Panicum miliaceum L.): A potential crop to meet demand scenario for sustainable saline agriculture. Oct, 15, 2021. Journal Of Environmental Management, 296: 1126-1132.
34. Kalinova, J. and Moudry, J. Content and quality of protein in proso millet (Panicum miliaceum L.) varieties. Mar, 2016. Plant Foods For Human Nutrition, 61(1), pp.45-49.
35. Gong, X.W.; Liu, C.J.; Feng, B.L. Effect of intercropping on leaf senescence related to physiological metabolism in proso millet (Panicum miliaceum L.). Photosynthetica, 2019, 57(4), pp.993-1006.

36. Іващенко О.О. Бур’яни в агрофітоценозах. О.О. Іващенко. К.: «Світ», 2001. 234 с.
37. Changmei, S. (2014). Millet-the frugal grain. Int. J. Sci. Res. Rev 3, pp.75-90.
38. Habiyaremye, C.; Matanguihan, J.B.; Murphy, K.M. Proso Millet (Panicum miliaceum L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U. S.: AReview. Jan, 9, 2017. Frontiers In Plant Science 7: 1961. DOI10.3389/fpls.2016.01961.
39. Sahoo S. B., Singh J., Swain P., Nayak B. B., Sahoo R. R., Sahoo R. K. (2023). Millet Seeds - Production Technology, Harvesting and Post Harvesting Harvest Management, Processing, and Storage. Chapter 2 in: Millets: Traditional, Sustainable and Future Foods. Springer, Singapore. P. 21-45. DOI: 10.1007/978-981-99-4284-5_2.
40. Драган М.І. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса в Лісостепу. М.І. Драган, О.Г. Любчич, І.М. Крупельницька // Вісник аграрної науки. 2018. №9 С. 19-25
41. Resta F., Rouphael Y., Giosuè S., Nardo E., Iannotti M., D’Amico M. A., & V. Z. C. (2023). Effects of Nitrogen Fertilization and Plant Density on Proso Millet (Panicum miliaceum L.) Growth and Yield. Agriculture. Vol. 13. Is. 9. Art. 1657. DOI: 10.3390/agriculture13091657.
42. Agdag M., Nelson L., Baltensperger D., Frickel G., Anderson R. (2006). Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. Journal of Crop Production. Vol. 9. Iss. 1-2. P. 139-152.
43. Драган М. І. Спосіб застосування фосфорних добрив під просо.М.І. Драган, О.Г. Любчич, В.Ф. Камінський // Деклараційний патент на винахід №65799А від 15.04.2004 року. Київ. 2004. 6с.
44. Graybosch R. A., Baltensperger D. D. (2009). Evaluation of the waxy endosperm trait in proso millet (Panicum miliaceum). Plant Breeding. Vol. 128. Is. 1. P. 70–73. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2008.01511.
45. Devereaux J. M., Rourke J. M., & Baltensperger D. D. (2018). Chapter 1: Proso Millet Production and Management. In: Proso Millet: The Cultivated

Grain. CRC Press. P. 1–28.

46. Драган М.І. Оптимізація азотного живлення проса. М.І. Драган // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. 2021. №1. с.77-79.
47. Habiyaremye C., Matanguihan J.B., D'Alpoim Guedes J., Ganjyal G.M., Whiteman M.R., Kidwell K.K., Murphy K.M. Proso millet (Panicum miliaceum L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: a review. Frontiers in Plant Science, 2017. Vol. 7. Article 1961. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01961.
48. Lyon D.J., Burgener P.A., DeBoer K.L., Harveson R.M., Hein G.L., Hergert G.W., Holman T.L., Nelson L.A., Johnson J.J., Nleya T., Krall J.M., Nielsen D.C., Vigil M.F. Proso millet yield and residue mass following direct harvest with a stripper header. Agronomy Journal, 2008. Vol. 100(3). P. 734–739. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2007.0268.
49. 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.
50. Рослинництво. За ред. О.І. Зінченка. Практикум. Вінниця: Нова Книга, 2008. С. 148.
51. Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень. Державна 0-92 ветеринарна та фітосанітарна служба України, Український інститут експертизи сортів рослин. 2014. Вип. 2. Ч. 1. С. 210–211.
52. Морфологічні критерії та генезис сучасних грунтів України [Текст]: навчальний посібник. Недвига М.В. К.: Сільгоспосвіта, 1994. 344 с.
53. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Е.Р. Ермантраут, Л.М. Карпук, С.П. Вахній, та ін. Біла Церква, 2018. 104 с.
54. Строна И.Г. Методика изучения силы роста семян полевых культур. И. Г. Строна. М.: Колос, 1964. 24 с.
55. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 351 с.

56. Ермантраут Е.Р. Математичні методи аналізу та інтерпретації результатів наукових досліджень. Е.Р. Ермантраут, І.Л. Шевченко, П.Б. Ненин // Зб. наук. пр. Інституту цукрових буряків УААН. Київ. 2000. Вип. 2. Кн. 1. С. 189–205.
57. Терехов А.И. Экономические проблемы развития производства проса.А.И. Терехов // Селекция, семеноводство и технология возделывания проса. Орел: ВАСХНИЛ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, 2001. С. 3–7.
58. Рудник-Іващенко О.І. Науково-виробничі рекомендації з технології вирощування проса посівного. О.І. Рудник-Іващенко, М.В. Роїк, О.В. Мороз, П.П. Шудря. К.: «Фенікс», НААН України, ІЦБ, 2010. 15 с.
59. Тютюнник М. Г. Методичні вказівки для складання технологічних карт в рослинництві. М. Г. Тютюнник. Полтава, 2007. 16 с.
60. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. К.: Урожай, 1993. С. 272.
61. Филатов Л.С. Безопасность труда в сельскохозяйственном производстве. Л.С. Филатов. М.: Росогропромиздат, 1988. 304 с.
62. Основи охорони праці: Підручник. для студентів ВНЗ. За ред. М.П. Гадзюка. К.; Каравела 2003 408 с.
63. Пістун І. П. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. І. П. Пістун, Ю.В. Кіт, А.П. Березовецький; за заг. Ред. канд. наук І. П. Пістуна. Суми: Видавництво «Університетська книга», 2000. 207 с.
64. Жидецький В.У. Основи охорони праці. В.У. Жидецький. Львів: Афіша, 2002. 220 с.
65. Мороз П. І., Косенко І. С Екологічні основи природокористування. Умань УДАА, 2001. 456 с.
66. Рослинництво Черкащини за 2011 рік. За ред. В. П. Приймак. Черкаси, 2012. 334 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

PECULIARITIES OF SOWING PARAMETERS IN MILLET CULTIVATION TECHNOLOGY

КРУГЛОВ Антон, студент факультету агрономії
Керівник – професор кафедри рослинництва УНУ **Полторецький С. П.**

Millet represents one of humanity's earliest domesticated crops. Archaeological discoveries and historical sources indicate that its cultivation commenced in China over 7,000 years ago. Beginning from the Neolithic and Bronze Ages, millet was also grown widely in Southern Asia, including India and Pakistan, throughout Africa, Eastern and Western Europe, and particularly across the steppe and forest-steppe regions such as the Black Sea coast, Northern Caucasus, and the Volga area, where it often constituted a primary cereal.

In the Americas and Australia, millet emerged more recently as a cultivated crop, introduced through European and Asian expansion.

The broad historical reliance on millet for both food and feed was largely due to its remarkable agronomic properties: exceptional multiplication rate, robust productivity, high drought and salinity tolerance, disease resistance, minimal sensitivity to sowing dates, simple processing into groats, and excellent culinary and fodder attributes. Today, millet remains a key groat crop in countries such as Russia, Central Asia, and Ukraine.

Millet groats surpass rice, barley, pearl barley, maize, and sorghum groats in protein content. Millet proteins encompass 19 amino acids, including all essential ones, positioning it nutritionally above many other cereals.

With agricultural intensification, millet's prospects broaden for secondary sowings, particularly in southern irrigated zones, enhancing per-hectare grain production.

Millet is integral to Ukraine's agricultural heritage. Its drought and heat resistance, coupled with a favorable response to improved soil fertility, facilitate consistent yields in both moisture-abundant and drought-prone seasons.

Successful millet cultivation necessitates consideration of key biological traits: small seed size, slow early growth until stem elongation, and vulnerability to weed competition. During early development, millet exhibits acute sensitivity to topsoil moisture deficits and intolerance to contact herbicides post-stem elongation.

Selecting an appropriate preceding crop critically affects millet yield potential. Field cleanliness remains paramount; traditionally, millet was sown after fallow or virgin lands, leading to its designation as a "fallow crop." Even under basic agronomic practices, such placement ensured substantial yields.

As farming techniques advanced, millet followed crops that ensured weed-free fields and soil moisture conservation. Superior preceding crops also contribute substantial organic residues, enriching soil nutrient status.

Accurate sowing date optimization critically influences grain yield and quality. Early sowing into cold soils risks poor germination and weed dominance; delayed sowing risks seedling failure from moisture shortages. Millet should be sown when the 10 cm soil layer warms to 12–15°C and remains above 10°C.

Sowing time affects not only emergence but also grain quality. Research shows that optimal sowing boosts 1,000-grain weight by 0.3–0.4 g and improves groats yield by 1.7–2.0%. Similar trends were observed in Northern Kazakhstan.

The choice of sowing method – narrow-row, cross, solid, ordinary row, wide-row, or strip sowing – greatly impacts millet productivity. Research generally favors ordinary and narrow-row sowings for higher yields, with wide-row sowings yielding 2–3 c/ha less.

Long-term studies confirmed that ordinary row sowing typically outperforms wide-row sowing by an average of 3.4 c/ha, particularly under favorable climatic conditions.

While wide-row sowing enhances individual plant productivity, ordinary row sowing maximizes yield through increased productive stem density per unit area. Ordinary and narrow-row methods also suppress weeds more effectively and foster uniform ripening.

Scientific analyses reveal that ordinary row sowing often yields 2–5 c/ha more than wide-row sowing across multiple soil-climatic conditions. In the Northern Caucasus, yields peaked at 31.0 c/ha under ordinary row sowing.

Narrow-row sowing occasionally matches or slightly exceeds ordinary sowing yields, while wide-row methods offer no consistent grain quality advantages. Grain chemical composition is more influenced by weather than by sowing technique.

Across 40 diverse research sites, ordinary and narrow-row sowings consistently performed best, except in arid southern steppe conditions where wide-row and strip sowings excelled due to better mechanized field management.

Seeding rate optimization is vital for maximizing yield and grain quality. Plant density depends on multiple factors: weather, soil fertility, preceding crop, sowing method and timing, and varietal traits.

Adjusting seeding rates can secure an additional 2–3 c/ha yield. Variations in plant density alter microclimate factors such as temperature, light interception, and carbon dioxide levels, influencing photosynthesis and respiration.

Academician V. Ya. Yuriev emphasized that each variety possesses a specific optimal planting density linked to its biological characteristics – root vigor, growth rate, height, tillering capacity, and maturity period – ascertainable only through empirical trials.

Millet exhibits relatively low field germination compared to other cereals, especially in northern (20–47%) and forest-steppe zones (35–56%). In southern steppes, field germination rates range from 56–73%.

Thus, recommended seeding rates vary: 2.5–4.5 million viable seeds/ha for ordinary sowing and 2–4 million for wide-row sowing.

Data from Northern Caucasus suggest seeding 2.5–5 million seeds/ha (ordinary row) and 2–3.5 million seeds/ha (wide-row). Reduced densities enhance tillering and seed production per panicle, stabilizing yields.

Importantly, millet yields decline more sharply when seeding rates drop below optimal levels than when they slightly exceed them, primarily due to millet's moderate tillering capacity.

Consequently, elevated seeding rates are often recommended for maximizing millet yield potential.

Додаток Б

ДВОХФАКТОРНИЙ ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ УРОЖАЙНИХ ДАНИХ

Дослід 2025 р.
Одиниці виміру даних ц/га
Градації фактора А - 2 В - 2 Повторностей - 3

Вихідні дані

A	B	Середнє	Повторності		
1	1	27.11	26.04	28.09	27.21
1	2	35.84	36.55	37.03	33.92
2	1	28.43	29.82	29.42	26.03
2	2	30.35	29.65	30.15	31.24

Середнє по досліду - 30.43 ц/га

Середнє за фактором А

A	Середнє
1	27.77
2	33.09

Середнє за фактором В

B	Середнє
1	31.47
2	29.39

Таблиця дисперсій

Дисперсія	Сума квадратів	Ступені вільності	Середній квадрат	F
Загальна	87.35	11		
Повторності	1.99	2		
Фактор А	12.34	1	11.40	7.51
Фактор В	22.19	1	25.33	13.13
Фактор АВ	41.44	1	37.44	20.55
Залишок	8.64	6	1.62	

Таблиця впливу і НІР

Фактор	Сила впливу	НІР
A	0.16	1.61
B	0.32	1.61
AB	0.43	2.87
Залишок	0.09	

Помилка досліду = 3.26% Варіація даних = 8.28%
08-09-2025

Комплексний норматив витрат на вирощування проса **Розрахункова площа 100 га** **N P K** **Додаток В**

Урожай основної продукції, т/га 2,71 Вал основної продукції, т 271 60 60 60

Урожай побічної продукції, т/га 3,252 Вал побічної продукції, т 325,2 176 306 150

№ п/п	Види робіт	Од. Виміру	Обсяг робіт			Марка і склад агрегату		Обслуговув. персонал		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати людино-годин		Тарифний коефіцієнт		Оплата за весь обсяг робіт						Нарахування на ОП	Всього оплат	ПММ			Добрива, засоби захисту від хвороб, шкідників і бур'янів				Авто-транспорт		Насіння		Електроенергія	Амортизація, грн	Поточний ремонт, грн	Інші затрати		Всього затрат (без зар. плати)
			в фізичних одиницях	В умовних еталонних га	Коефіцієнт переводу	Трактори, автомобілі	С.-г. машини та інвентар	механізатори	інші робітники			механізатори	інші робітники	механізатори	інші робітники	По тарифу: механізатори	По тарифу: інші робітники	Доплата: За класність (10%)	Доплата: Сівба, трактористи (50%)	За шкідливість: Отруто-хімікати (100%)	За шкідливість: Мильобрива (30%)			на одиницю роботи, кг	на весь обсяг, 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	3,16	22,1	0	1,55	0,00	34,28	0,00	6,17	0,00	0,00	0,00	1,01	41,46	2,7	5,4	2052			0		0	0				432	360			2885,46
2	Підготовка мінеральних добрив	т	63,2	0	0	Вручну	–	0	1	8	7,90	0,0	55	0,00	1,20	0,00	56,88	10,24	0,00	0,00	17,06	2,10	86,29	0	0	0	аміачна селітра	176	17,6	98560	0	0			0	0	Обіди	50	98696,29
3	Навантаження мінеральних добрив	т	63,2	3	4,2	ЮМЗ-6	ПЭ-08	1	0	90	0,70	4,9	0	1,35	0,00	6,64	0,00	1,19	0,00	0,00	1,99	0,25	10,07	3	1,896	720,48	суперфосфат	306	30,6	128520	0	0				36	30	МБП	100	129416,55
4	Транспортування і внесення міндобрив	га	100	19	4,9	МТЗ-80	РМГ-4	1	0	26	3,85	26,9	0	1,09	0,00	29,35	0,00	5,28	0,00	0,00	8,80	1,09	44,52	1,6	1,6	608	калійна сіль	150	15	63000	0	0				228	190			64070,52
5	Оранка	га	100	143	11,6	Т-150	ПЛП 6-35	1	0	8,1	12,35	86,4	0	1,80	0,00	155,56	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00	4,59	188,14	13,5	13,5	5130			0		0	0				1716	1430			8464,14
6	Боронування	га	200	27	11,6	Т-150К	БЗТС-1,0 (2)	1	0	85,2	2,35	16,4	0	1,35	0,00	22,18	0,00	3,99	0,00	0,00	0,00	0,65	26,83	1,6	3,2	1216			0		0	0				324	270			1836,83
7	Культивація	га	200	45	7,7	ДТ-75М	КПГ-4 (2), С-11У	1	0	34,2	5,85	40,9	0	1,35	0,00	55,26	0,00	9,95	0,00	0,00	0,00	1,63	66,84	2,9	5,8	2204			0		0	0				540	450			3260,84
8	Вирівнювання площі	га	100	13	7,7	ДТ-75М	ШБ-2,5+ЗОР-0,7	1	0	57,1	1,75	12,3	0	1,35	0,00	16,55	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,49	20,02	7,3	7,3	2774			0		0	0				156	130			3080,02
9	Розвантаження насіння	т	10	0	0	Вручну	–	0	1	3,0	3,33	0,0	23	0,00	1,20	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	1,00	0,0	7	0,00	1,20	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	0,83	5,8	35	1,80	1,80	10,50	54,00	11,61	0,00	64,50	0,00	3,52	144,13	0	0	0	Раксил	0,40	4	1120	0	0			10	5	0			1279,13
12	Навантаження насіння	т	10	0	0	Вручну	–	0	1	5,0	2,00	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	Транспортування насіння	т/км	100	0	0	ГАЗ-53А	–	0	0	0,0	0,00	0,0	0	0,00	0,00	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	5,00	0,0	35	0,00	1,20	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	СЗ-3,6 (3)	1	3	34,0	2,94	20,6	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	1824			0		0	0	27,65	6560		408	340			9289,16
16	Коткування	га	100	15	7,7	ДТ-75М	С-11 У, КВГ-1,4 (3)	1	0	51,5	1,94	13,6	0	1,20	0,00	16,31	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,48	19,73	1,9	1,9	722			0		0	0				180	150			1071,73
17	Підвезення води	т/км	30	23	11,6	Т-150	МЖ-10	1	0	42,1	1,96	13,7	0	1,80	0,00	26,55	0,00	4,78	0,00	0,00	0,00	0,78	32,11	1,0	0,3	117,42		300	30000		30	15				276	230			670,53
18	Приготування та внесення гербіцидів	га	100	10	4,9	МТЗ-80	ОП-2000-2-01	1	0	51,0	1,96	13,7	0	1,80	0,00	39,83	0,00	7,17	0,00	39,83	0,00	2,17	89,00	1,3	1,3	475	Базагран	2,00	200	14418	0	0				120	100			15202,00
19	Підвезення води для приготування	т/км	30	23	11,6	Т-150	МЖ-10	1	0	42,1	1,96	13,7	0	1,80	0,00	26,55	0,00	4,78	0,00	0,00	0,00	0,78	32,11	1,0	0,3	117,42		300	30000		30	15				276	230			670,53
20	Приготування, доставка, внесення інсек	га	100	10	4,9	МТЗ-80	ОП-2000-2-01	1	0	51,0	1,96	13,7	0	1,80	0,00	39,83	0,00	7,17	0,00	39,83	0,00	2,17	89,00	1,3	1,3	475	Бі-58 нов	0,85	85	6747,3	0	0				120	100			7531,30
21	Скопування у валки	га	100	0	0	СК-5	ЖРБ-4,2	1	1	14,2	7,04	49,3	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	1786			0		0	0				2000	1800			5757,63
22	Обмолот валків	га	100	0	0	СК-5	ПУН-5	1	1	6,5	15,38	107,7	108	1,80	1,80	193,85	166,15	64,80	0,00	0,00	0,00	10,62	435,42	11,7	11,7	4446			0		0	0				2500	2000			9381,42
23	Відвезення зерна на тік	т/км	271	0	0	ГАЗ-53А	–	0	0	0	0,00	0,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0			0		271	135,5				0	0			135,50
24	Відвезення соломи	га	100	66	4,2	ЮМЗ-6	ПТС-4 (2)	1	0	6,4	15,63	109,4	0	1,35	0,00	147,66	0,00	26,58	0,00	0,00	0,00	4,36	178,59	1,6	1,6	608			0		0	0				792	660			2238,59
25	Подача соломи	га	100	20	4,9	МТЗ-80	СНУ-0,5	1	0	25	4,00	28,0	0	1,55	0,00	43,40	0,00	7,81	0,00	0,00	0,00	1,28	52,49	1,2	1,2	456			0		0	0				240	200			948,49
26	Укладання в скирту	га	100	0	0	Вручну	–	0	1	10	10,00	0,0	70	0,00	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	487	120	x	x	x	x	x	114,84	599,3	458,4	x	x	972,61	578,40	279,18	31,34	144,16	38,66	51,11	2095,45	x	67,71	25731,32	x	x	x	312365	431	216	28	6560	10	10349	8670	x	150	**366146,57**

Зведено за затратами, грн

Оплата праці, всього	2222,64	Засоби захисту	22285
в т.ч. оплата основна	1551,01	Автотранспорт	215,5
– за шкідливість	182,82	Амортизація	10349
– доплата за класність (18%)	279,18	Ремонти	8670
– доплата за продукцію	31,34	ПММ	25731,32
– відпускні (8,2%)	127,18	Обіди, МБП	150
Нарахування на оплату праці (2,5%)	51,11	Електроенергія	10
Насіння	6560,00	Затрати на 1 га	3963,90
Добрива	290080,00	С.в. 1 ц осн. прод., грн	**1462,69**
Страхування продукції	3116,5	С.в. 1 ц дод прод., грн	**1218,91**
Орендна плата + зем податок	27000	**Разом затрат**	**396390,26**
		Вартість продукції грн/га	**5420,00**
		Затрати на 1 га	**3963,90**
		Прибуток на 1 га грн.	**1456,10**
		Рентаб,%	**36,73**