МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
«_____»_____2024 р.
Зав. кафедри, к. с.-г.н. доцент
_____Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ПРОСА ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ФОНУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ СТОВ «ЛАДА» КАМ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-а спеціальності 201 Агрономія
КРАВЧЕНКО Сергій Олександрович

Керівник: РАССАДІНА Ірина к.с.-г. н., доцент

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4
РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ (огляд літератури)……..….. 6
1.1. Сорт як чинник інноваційного розвитку зернового виробництва... 6
1.2. Вплив удобрення на формування продуктивності рослин проса… 9
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ…….....
2.1. Характеристика сортів проса: Живинка, Веселка, Заповітне…. 14
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 16
3.1. Ґрунтово-агрохімічні характеристики дослідного поля та їх вплив на вирощування проса…….. 16
3.2. Погодні умови у зоні проведення досліджень……...……... 17
3.3. Схема досліду……..……. 21
3.4. Агротехнічні прийоми вирощування проса в досліді ……...….. 22
3.5. Методика проведення досліджень……..... 22
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ……
4.1. Вплив мінерального живлення на динаміку вмісту основних елементів у ґрунті та продуктивність проса…….. 24
4.2. Динаміка лінійного росту рослин проса…… 29
4.3. Урожайність рослин проса…….……. 31
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ПРОСА ЗА РІЗНИХ ФОНІВ ЖИВЛЕННЯ…… 35
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА …….…….. 38
6.1. Забезпечення охорони праці та аналіз виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив на підприємстві СТОВ «ЛАДА»……. 38
6.2. Вплив мінеральних добрив на навколишнє середовище та заходи з мінімізації їх негативних наслідків…….. 40
ВИСНОВКИ……..... 43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 45
ДОДАТКИ…… 52

ВСТУП

Просо є однією з важливих круп'яних культур, займаючи провідне місце за смаковими якостями та харчовою цінністю серед інших круп. Завдяки невеликій нормі висіву, можливості пізнього сіву та короткому періоду вегетації, просо виступає як незамінна страхова культура.

Незважаючи на високий потенціал продуктивності, врожайність проса використовується не на повну через недосконаліть технологій вирощування. Основною причиною нестабільної та невисокої врожайності є невідповідність агротехнічних прийомів сучасним вимогам, що пов'язано з фінансовими труднощами господарств. Після фінансування озимої пшениці та соняшнику, які мають вищу рентабельність, кошти на вирощування проса виділяються за залишковим принципом.

Брак фінансування змушує господарства скорочувати використання добрив, засобів захисту рослин, зменшувати обсяг обробки ґрунту та відмовлятися від інших обов’язкових агротехнічних заходів. Це негативно впливає на технології вирощування проса, рівень яких значно відстає від сучасних вимог.

Актуальність роботи. Впровадження нових високопродуктивних сортів проса дозволяє підвищити врожайність та покращити якість продукції без додаткових витрат. Однак для ефективного використання їхнього генетичного потенціалу необхідно вдосконалити систему підбору та раціонального розміщення сортів у відповідних ґрунтово-кліматичних зонах. Це враховує біологічні особливості, адаптивність, агроекологічну пластичність та реакцію на умови вирощування.

Основна складність у широкому впровадженні цінних сортів полягає в тому, що сорти, виведені в одній зоні, можуть виявитися малопридатними для інших регіонів. Тому кожен регіон, де вирощують просо, повинен мати свій набір сортів, адаптований до місцевих ґрунтово-кліматичних умов.

Також важливо застосовувати диференційований підхід до визначення доз добрив залежно від специфічних місцевих умов. В умовах сучасної екологічної та економічної кризи оптимізація цього агротехнічного прийому стає особливо актуальною. Це дозволить значно збільшити виробництво проса з високими технологічними властивостями за мінімальних витрат.

Мета досліджень – дослідити процеси росту і розвитку рослин, а також формування врожайності та якості зерна сортів проса під впливом різних фонів живлення в умовах сільськогосподарського товариства з обмеженою відповідальністю "ЛАДА" Кам'янського району Дніпропетровської області.

Завдання дослідження включають:

- дослідження та оптимізація поживного режиму ґрунту при вирощуванні проса;
- дослідження впливу удобрення на ріст і розвиток рослин сортів проса;
- визначення взаємозв'язку між дозами мінеральних добрив та продуктивністю сортів проса;
- дослідження впливу удобрення на формування врожайності та якості зерна проса;
- надання економічної оцінки ефективності удосконалених елементів технології вирощування проса в умовах ТОВ "ЛАДА" Кам'янського району Дніпропетровської області.

Наукова новизна. Вперше для умов ТОВ "ЛАДА" Кам'янського району Дніпропетровської області розроблено елементи технології вирощування проса, які забезпечують високу продуктивність нових вітчизняних сортів, зменшуючи витрати завдяки мінімізації хімічного навантаження та оптимізації доз добрив.

Удосконалено технологічні прийоми вирощування проса, зокрема, оптимізовано дозу мінеральних добрив. Наукові підходи до формування економічно обґрунтованих технологій та оцінки енергетичної ефективності вирощування проса отримали подальший розвиток.

РОЗДІЛ 1
СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ (огляд літератури)

1.1. Сорт як чинник інноваційного розвитку зернового виробництва

Сорт є важливим чинником інноваційного розвитку зернового виробництва. Вибір сорту визначає потенціал врожайності, стійкість до кліматичних змін і якість зерна. Інноваційні сорти, адаптовані до специфічних умов вирощування, підвищують ефективність і стабільність виробництва. Впровадження нових сортів сприяє зростанню рентабельності та зміцненню продовольчої безпеки, роблячи сорт ключовим елементом прогресу в зерновому господарстві [1].

На сьогоднішній день просо, як цінна круп'яна культура, недостатньо популяризується, хоча його висока посухостійкість особливо важлива в умовах поступових кліматичних змін останнього десятиріччя. Крім того, ця культура забезпечує стабільні врожаї в різних зонах вирощування, незалежно від погодних умов [2, 3].

Просо посідає шосте місце у світовому виробництві зерна після кукурудзи, рису, пшениці, ячменю та сорго. Це зумовлено низкою особливостей цієї культури: вона має найвищий коефіцієнт розмноження, високий біологічний потенціал продуктивності навіть при строгому самозапиленні, відзначається посухостійкістю, солевитривалістю, стійкістю до хвороб та слабкою реакцією на строки сівби [4].

У світі під посіви проса виділяють 31-36 млн га, з яких отримують 25-35 млн тонн зерна. Найбільшим виробником цієї культури є Індія. У 2015 році валовий збір проса в Індії склав 10,9 млн тонн, що становило 36,5% від загальносвітового виробництва. Іншими значними виробниками проса є Нігерія (16,7%), Нігер (10,0%) і Китай (5,4%), але їхній сукупний обсяг виробництва трохи менший, ніж в Індії. Найвищу урожайність проса

досягнуто в Китаї (22,5 ц/га), Ефіопії (18,7 ц/га), Нігерії (13,2 ц/га), Індії (11,9 ц/га) та Непалі (11,1 ц/га) [5, 6].

Збільшення урожайності та валових зборів зерна круп'яних культур, зокрема проса, є надзвичайно важливим завданням у світі, де зростає загроза продовольчої кризи. Одним із шляхів її вирішення є виробництво якісних круп, експорт яких може здійснювати Україна. Ключову роль у підвищенні виробництва зерна проса повинно відіграти покращення сортового складу [7, 8]. Відомо, що сортові ознаки є одним із найважливіших, найдешевших і найдоступніших засобів підвищення врожайності. Вони також відіграють значну роль у покращенні якості товарного зерна та збільшенні його кількості [9]. В однакових умовах вирощування, без додаткових витрат, один сорт може перевершити інший за врожайністю на 20–30 % [10].

У реєстр сортів рослин України на 2024 рік було внесено 34 сорти проса, усі з яких є результатом вітчизняної селекції [11].

Найбільш розповсюдженим сортом проса в Україні залишається сорт Миронівське 51, автором якого є В.С. Майданник. Цей сорт відзначається високим потенціалом врожайності та екологічною пластичністю, що робить його популярним у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Його висока врожайність підтверджується даними сортовипробувань у Миколаївській області. Наприклад, у період 1980-1985 років на Новоодеській сортодільниці було отримано врожай 55 ц/га, а на Вознесенській сортодільниці – 67 ц/га [12].

В останні роки українські селекціонери створили більш продуктивні сорти проса нового технологічного рівня, такі як Денвікське, Лана, Олітан, Аскольдо, Поляно, Скадо, Полто. Ці сорти відзначаються високою посухостійкістю, стійкістю до ураження летючою сажкою, крупнозернистістю та потенціалом продуктивності 5,0–6,0 т/га.

Основними методами створення нових сортів є гібридизація з цілеспрямованим підбором батьківських компонентів та хімічний мутагенез. Ці методи дозволяють об’єднати в одному генотипі ознаки високої продуктивності з такими важливими властивостями, як стійкість до вилягання, осипання, посухи, а також до збудників хвороб і шкідників. Крім того, ці

методи сприяють підвищенню технологічних показників якості зерна і крупи [13].

В Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН планова селекційна робота з просом ведеться вже майже 100 років. Сорт "Харківське 57", створений методом експериментального мутагенезу під керівництвом Станіслава Івановича Константинова та його співавторів, став першим в Україні, який було районовано і визнано цінним за якістю. До 2010 року він був національним стандартом України і зараз займає 10–15 % посівних площ під цією культурою. Цей сорт характеризується високою потенційною врожайністю (4,0–4,5 т/га), стійкістю до вилягання та осипання зерна, а також високими технологічними показниками якості зерна та крупи [14].

Методом внутрішньовидової гібридизації в останні роки було створено такі сорти проса, як Вітрило, Ювілейне та Королівське [15].

Середня врожайність проса в дослідах Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва за 2010-2012 роки склала 2,77 т/га. Найвищу врожайність (4,08 т/га) показав сорт Вітрило, що перевищило врожайність сорту Харківське 57 на 0,34 т/га, сорту Константинівське на 0,71 т/га, Ювілейне на 0,57 т/га, а Козацьке на 0,46 т/га [16, 17].

Селекція проса успішно продовжується в ННЦ «Інститут землеробства» НААН, де було створено серію нових високопродуктивних сортів, таких як Чабанівське та Заповітне [18, 19]. Кількість сортів проса, доступних для виробництва, постійно зростає, що дозволяє фермерам вибирати найбільш підходящі сорти.

Однак для ефективного використання цих сортів необхідно встановити їхню морфо-фізіологічну реакцію на умови вирощування, що впливає на параметри технологічних елементів і ефективність використання факторів інтенсифікації, таких як добрива. Тому доцільно досліджувати не лише розвиток елементів продуктивності сортів, але й особливості їх фотосинтетичної діяльності, індексу продуктивності та екологічної реакції.

1.2. Вплив удобрення на формування продуктивності рослин проса

Нарощування продуктивності проса залежить від багатьох чинників, зокрема від змін кліматичних умов, родючості ґрунтів, а також від агротехнічних заходів. В останні роки у землеробстві відбулися кардинальні зміни, пов'язані з несистематичним та недостатнім внесенням органічних і мінеральних добрив, порушенням сівозміни, а також зміною способів обробітку ґрунту [20].

У зв'язку з цими недоліками, система живлення проса набуває особливо важливого значення. За даними багатьох дослідників, добрива забезпечують близько 50% приросту врожайності, а в умовах оптимізації водного режиму цей показник може досягати 75 % [21–23]. У чорноземній зоні внесення добрив сприяє підвищенню врожаю сільськогосподарських культур на 40–50 % [24].

Надходження поживних речовин у рослини під час онтогенезу та їх використання разом з продуктами фотосинтезу в процесах обміну речовин визначають умови формування врожаю сільськогосподарських культур і його якість [25].

За виносом поживних речовин з ґрунту просо займає перше місце серед зернових колосових культур, поступаючись лише пшениці за кількістю засвоюваного азоту. На початкових етапах розвитку (до фази кущіння) просо споживає найбільше азоту, після чого зменшується потреба в калії, кальції та фосфорній кислоті [26, 27].

При інтенсивній технології вирощування проса система внесення добрив має надати повне забезпечення культури основними елементами мінерального живлення для досягнення запланованого врожаю, а також створення оптимальних умов для максимально ефективного використання поживних речовин із ґрунту і добрив [28, 29].

Недостатнє або несвоєчасне надходження будь-якого з елементів живлення може призвести до порушення росту і розвитку рослин, що різко знижує врожай і його якість. Це може суттєво вплинути на загальний вміст

білку і олії в насінні [30]. Дослідники зазначають, що оптимізація фосфорного і калійного живлення покращує фітометричні показники рослин, що позитивно впливає на структуру рослин і врожайність [31].

Фосфорні і калійні добрива рекомендується вносити восени під оранку перед обробітком ґрунту плоскорізами, тоді як азотні добрива вносяться в повній розрахунковій нормі під передпосівну культивацію [32, 33].

Фосфорні добрива, як і азотні, позитивно впливають на динаміку наростання надземної маси [34]. Але вплив фосфору на темпи росту рослин упродовж вегетації відрізняється від дії азоту. Фосфорне харчування необхідне рослинам проса упродовж усього періоду вегетації.

Азотне та фосфорне живлення тісно пов'язані між собою [14, 35, 36]. Фосфорні добрива менш ефективні за умови нестачі азоту, але водночас наявність фосфору покращує засвоєння азоту [37]. За даними узагальнених польових досліджень [21], на ґрунтах з високим вмістом обмінного калію ефективним є внесення лише азотних та фосфорних добрив у дозах $N_{30-40}P_{30-40}$ залежно від попередника.

Індійські дослідники стверджують, що максимальна доза азотних добрив при вирощуванні проса на зерно не повинна перевищувати 90 кг д.р./га [38, 39].

Застосування азоту для пізніх позакореневих підживлень у фазі наливу зерна доцільне лише з метою підвищення білковості зерна; у цьому випадку рекомендована доза становить 5–10 кг д.р./га та поєднується з обробкою рослин пестицидами [40].

Азотні добрива, внесені під час основного удобрення, головним чином сприяють формуванню вегетативної маси. Інтенсивне поглинання азоту в першій половині вегетації пов'язане з активним ростом надземної частини та кореневої системи рослин [41].

Р. Є. Грищенко та ін. [42] встановили, що на сірих лісових ґрунтах довжина і кількість гілочок у волоті, маса 1000 зерен, озерненість і загальна продуктивність рослин проса значною мірою залежать від рівнів фосфорного

та калійного живлення. Серед досліджуваних доз і видів мінеральних добрив найбільший вплив на ці показники мали калійні добрива в дозі 60 кг/га д. р.

Для сорту проса Чабанівське доза K_{60} на фоні N_{60} сприяла формуванню добре розгалуженої волоті (15,5 і 79,0 гілочок I та II порядку відповідно), з великою кількістю зерен (987 шт.), масою зерен (7,4 г) та підвищеною на 2,2 % масою 1000 зерен, яка становила 7,4 г порівняно з фоном N_{60} (5,9 г). Подібна тенденція спостерігалася й у сорту Омріяне на цьому варіанті удобрення, де елементи структури волоті зросли на 8–22 % у порівнянні з фоном N_{60} [43].

Дослідження, проведені в ННЦ «Інститут землеробства НААН», показали, що застосування повного мінерального добрива в дозах $N_{60}P_{30}K_{60}$ та $N_{60}P_{30}K_{90}$ забезпечило індивідуальну продуктивність 7,3 г, що на 15 % вище порівняно з фоном N_{60} [44].

А. В. Бєлєніхіна [45] зазначає, що в умовах східного Лісостепу внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ на фоні післядії 30 т/га гною сприяє збільшенню врожаю зерна проса в середньому на 0,59–0,70 т/га порівняно з неудобреним контролем.

За даними досліджень Інституту зернового господарства та Одеського сільськогосподарського інституту, для вирощування проса на південних чорноземах рекомендується вносити під оранку $N_{45\text{-}60}P_{45\text{-}60}$ [46].

Довгострокові агроекологічні дослідження підтверджують можливість значного приросту врожайності за умов застосування мінеральних добрив. Однак це також підвищує витрати, що вимагає оптимізації агрофонів та проведення економічної оцінки в залежності від попередника та сорту [47].

Одним із найбільш ефективних способів покращення водного та поживного режимів, а відповідно і підвищення продуктивності проса, є застосування розрахункових доз мінеральних добрив на запланований врожай зерна [48].

Найпоширенішим серед розрахункових методів, яких налічується близько 50, є метод елементарного балансу. Він передбачає, що кількість рухомих форм поживних речовин у ґрунті та внесених з добривами повинна відповідати виносу цих речовин запланованим урожаєм [49].

Диференційоване внесення добрив, яке базується на результатах ґрунтово-рослинної діагностики та узгоджується з фізіологічними потребами рослин, дозволяє зекономити близько 30% мінеральних добрив, підвищити їх окупність, покращити якість отриманої сировини та підвищити рентабельність вирощування культури [50].

В. І. Шевель [51] зазначає, що норми мінеральних добрив потрібно визначати з урахуванням вмісту рухомих форм елементів живлення в ґрунті. При внесенні добрив співвідношення між азотом, фосфором і калієм повинно бути таким, щоб фосфор і калій переважали над азотом. М. Г. Городній та інші дослідники [52] підкреслюють, що при встановленні норм та співвідношень елементів живлення важливо враховувати потреби ґрунту в добривах та його властивості.

Згідно з даними польових досліджень, на ґрунтах з високим вмістом обмінного калію раціонально обмежитися лише внесенням азоту і фосфору у відповідних дозах, які залежать від попередньої культури. Це підкреслює важливість збалансованого підходу до удобрення та необхідність враховувати специфічні умови ґрунту для досягнення найкращих результатів [53].

Дослідження сортів проса Харківське 57, Константинівське та Вітрило, проведені в паро-зерно-просапній сівозміні лабораторії рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр’єва НААН у 2008-2012 роках, показали, що в середньому по роках і фонах живлення сорти Харківське 57 і Вітрило мали однаковий рівень урожайності — 2,90 т/га. Однак сорт Харківське 57 формував вищий урожай зерна на сівозмінному фоні без внесення добрив, тоді як сорт Вітрило показав більші прирости врожайності при внесенні добрив [17].

Це підкреслює, що сучасна технологія вирощування будь-якої культури має бути адаптованою до конкретного сорту, оскільки саме через сорт і специфіку його агротехніки реалізуються досягнення сучасного землеробства. Сорт повинен мати відповідну реакцію на нерегульовані фактори середовища та регульовані елементи агротехніки (попередник, види і норми добрив, способи посіву, обробіток ґрунту). Тільки злагоджене поєднання цих

основоположних елементів технології може забезпечити подальше стабільне зростання врожайності та якості продукції.

Результати досліджень різних науковців щодо ефективності застосування певних доз мінеральних добрив під просо є досить суперечливими. Це підкреслює необхідність проведення більш детальних досліджень, які враховують вміст елементів мінерального живлення в ґрунті, коефіцієнт їх використання з добрив та запланований рівень врожайності. Тому питання, які ми поставили для дослідження, залишаються невирішеними і мають як наукове, так і практичне значення.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сортів проса: Живинка, Веселка, Заповітне

Сорт проса Живинка.

Сорт Живинка внесений в державний реєстр в 2019 році. Свідоцтво № 190406 про державну реєстрацію сорту рослин Живинка. Просо посівне Panicum miliaceum L. Потенційна врожайність зерна – 4,5–5,2 т/га, вихід крупи до 76–78 %. Можливість отримання 2–3 т/га немодифікованого амілопектину.

Сорт придатний для використання у харчовій та інших галузях промисловості, а також для виробництва біоетанолу. Поєднує ознаки амілопектинового типу крохмалю зернівки, ранньостиглості, стійкості проти вилягання і осипання та ураження 8 расами сажки.

Різновидність aureum. Сорт ранньостиглий (вегетаційний період – 70–82 днів). Рослини середньої висоти (105–120 см), Волоть стиснута, помірно похила, добре обнасінена. Зернівка світло-жовтого забарвлення, середньої величини (маса 1000 зерен – 7,2–7,5 г). Вирівняність зерна 85–90 %.

Сорт проса Веселка.

Сорт Веселка внесений в державний реєстр в 2018 році. Свідоцтво № 180302 від 17.01.2018 про державну реєстрацію сорту рослин Веселка. Просо посівне Panicum miliaceum L. Потенційна врожайність зерна – 5,0–5,5 т/га, вихід крупи до 79–81 %.

Сорт придатний для вирощування зерна на крупу і на кормові цілі. Унікальність сорту – двокомпонентне забарвлення зернівки (червоне з кремовим бочком). Ботанічна різновидність victoriae. Сорт середньоранній (вегетаційний період –73–87 днів). Рослини середньорослі 105–120 см, волоть стисла, помірно похила, добре обнасінена. Зернівка крупна (маса 1000 зерен понад 9 г) червоного забарвлення з кремовим бочком в нижній частині

зовнішньої квіткової луски, плівчастість 16,95 %, вирівняність зерна висока (понад 90 %). Стійкий проти ураження І групою рас сажки та меланозом.

Сорт проса Заповітне.

Сорт Заповітне внесений в державний реєстр в 2014 році. Свідоцтво № 140454 від 04.04.2014. Потенційна врожайність зерна 5,5–6,5 т /га, вихід крупи до 77–80 %.

Сорт інтенсивного типу, універсального використання. Високоврожайний, ранньостиглий (вегетаційний період 73–78 діб). Середньорослий. Стебло міцне, заввишки 105–125 см. Стійкий до вилягання (9 балів) та обсипання. Стійкий проти ураження зернівки меланозом. Волоть розкидиста, зернівка жовта із кулястою формою, велика. Маса 1000 зерен 9,0–9,5 г, плівчастість 16,3–17,2 %, уміст протеїну в зерні майже 14 %, підвищений уміст каротину.

Напрям, сфера, об ’єкт застосування. Рослинництво, харчова промисловість (крупа), кормовиробництво (птахівництво, тваринництво). Використання зерна і соломи. Придатний до післяукісних і післяжнивних висівів. Рекомендована зона вирощування – Лісостеп України.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Ґрунтово-агрохімічні характеристики дослідного поля та їх вплив на вирощування проса

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2023–2024 рр. у СТОВ "ЛАДА" Кам'янського району Дніпропетровської області.

Дослідне поле, де проводилися наші дослідження, розташоване поблизу господарства. Основними ґрунтоутворюючими породами є давньоалювіальні карбонатні відкладення, представлені різноманітними суглинистими покладами. Рельєф поля являє собою слабохвилясту рівнину з висотою над рівнем моря від 35,2 до 45,4 м. Для агроландшафту характерні лінійні блюдцеподібні просадки. Ярів та балок у місцевості небагато, що зменшує ризик водної ерозії. Однак рельєф потребує особливої уваги при організації сніготанення, водозатримання, виборі напряму обробітку ґрунту, а також заходів для захисту ґрунтів від водної ерозії.

Досліджуване поле належить до степової зони за ґрунтово-кліматичними умовами. Ґрунт на ділянці – чорнозем звичайний середньосуглинистий. Морфологічна будова цього чорнозему представлена характерними горизонтами:

$$\mathbf{A_{орн} – A_1 – A_B – B – B_C – C}$$

- **$A_{орн}$** 0–31 см. Темно-сірий, комкуватий, середньосуглинистий, пухкий від зяблевої оранки, густо пронизаний корінням рослин, перехід різкий за лінією оранки, не закипає.
- **A_1** 29–71 см. Темно-сірий, зернисто-грудкуватий, середньосуглинистий, ущільнений, перехід поступовий, закипає з 28 см.
- **A_B** 71–93 см. Жовтувато-брудно-сірий, горіхуватий, вологий, середньосуглинистий, ущільнений, .

- **С** 93–121 см. Сірувато-жовто-бурий, горіхувато-грудкуватий, з потіками гумусу, слабо зволожений, середньосуглинистий, ущільнений, слабке коріння, бурхливо закипає.
- **$В_С$** 121–160 см. Бурувато-жовтий, неміцно-велико-грудкуватий, легкосуглинистий, гумусові язики та потеки, бурхливо закипає.
- **С** > 164 см. Світло-жовтий однорідний, безструктурний, слабо зволожений, легкосуглинистий, ущільнений, бурхливо закипає.

Агрохімічний аналіз орного шару ґрунту показав наступні результати: вміст гумусу становив 4,28 % на момент закладення досліду, що свідчить про добрий рівень органічної речовини в ґрунті. Забезпеченість ґрунту рухомим фосфором була високою, досягаючи 176,65 мг/кг, а вміст калію дуже високим – 190,37 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину варіювала від близької до нейтральної до слабколужної, з показником pH у межах 6,83–6,92.

Фізична стиглість ґрунту зазвичай настає до 17 квітня, що є важливою інформацією для планування агротехнічних заходів. Грунтові води розташовані на значній глибині – 10,35–12,21 м, а водоносний шар знаходиться ще глибше, на глибині 32,4–52,1 м.

Таким чином, чорноземні ґрунти даного поля є сприятливими для вирощування проса, що забезпечує можливість отримання високих врожаїв за умови дотримання відповідних агротехнічних заходів.

3.2. Погодні умови у зоні проведення досліджень

Для опису метеорологічних умов вегетаційного періоду проса, які враховувалися під час проведення досліджень, використовувалися дані, отримані з метеорологічної станції, розташованої в місті Дніпро.

Вегетаційний період 2023 року характеризувався підвищеним температурним режимом та недостатньою кількістю опадів, що суттєво вплинуло на агрокліматичні умови. У травні, під час періоду посіву, випало лише 29,1 мм опадів, що становить 42,5 % від багаторічного рівня, а середньомісячна температура становила 16,4 ºС, перевищуючи норму на 4,11

ºС. Максимальна температура у цьому місяці досягла 26,9 ºС, а мінімальна була 5,4 ºС.

У фазу кущіння – трубкування кількість опадів склала 47 мм, що було на 24 % вище багаторічного рівня. У червні температура в середньому сягала 20,3 ºС, максимальна — 30,1 ºС, а мінімальна — 9,9 ºС, при цьому опади також становили 29,1 мм (табл. 1).

Таблиця 1

Кліматичні показники 2023 року

Місяць	**Середня температура**	**Максимальна температура**	**Мінімальна температура**	**Опадів всього**
Січень	-1.1 °	+11.4°	-13°	13.2 мм
Лютий	-1 °	+7.7°	-11°	31.4 мм
Березень	+5.5 °	+18.2°	-3.2°	33.1 мм
Квітень	+10.3 °	+21.1°	+4°	100.7 мм
Травень	+16.4 °	+26.9°	+5.4°	29.1 мм
Червень	+20.3 °	+30.1°	+9.9°	29.1 мм
Липень	+23 °	+35°	+13°	42.1 мм
Серпень	+24.3 °	+35.7°	+15°	29.9 мм
Вересень	+19.3 °	+27.9°	+9.3°	13.8 мм
Жовтень	+11.9 °	+25.4°	+0.1°	37.7 мм
Листопад	+5.3 °	+17.5°	-7.2°	87.4 мм
Грудень	+1.6 °	+11.1°	-3.7°	47.9 мм

Період цвітіння виявився посушливим, адже у липні випало лише 42,1 мм опадів, що нижче за норму на 24,3 %. Середньомісячна температура липня була високою — 23 ºС, максимальна досягала 35 ºС, а мінімальна — 13 ºС.

Наприкінці вегетації, у серпні, спостерігалося підвищення температури до середньомісячного рівня 24,3 ºС (перевищення багаторічного рівня на 1,83 ºС) при максимальній температурі 35,7 ºС і мінімальній 15 ºС. Кількість опадів за цей місяць склала 29,9 мм.

Загалом, за період із травня по серпень випало 130,2 мм опадів. У фазу трубкування – цвітіння їх кількість становила 58 мм, що дорівнює 12,8 %

багаторічного рівня. У фазу молочної стиглості кількість опадів була всього 23,5 мм, тоді як середня температура підвищилася до 22,85 ºС, перевищуючи норму на 4,82 ºС.

Погодні умови вегетаційного періоду 2024 року мали свої особливості. Підвищені температури сприяли швидкому росту та розвитку проса, однак недостатня кількість опадів, особливо в критичні періоди квітня та серпня, суттєво обмежила потенційну врожайність (табл. 2).

Таблиця 2

Кліматичні показники 2024 року

Місяць	**Середня температура**	**Максимальна температура**	**Мінімальна температура**	**Опадів всього**
Січень	-1.6 °	+7.7°	-14.5°	64.6 мм
Лютий	+2.7 °	+13°	-5.7°	28.7 мм
Березень	+5.1 °	+23.3°	-4.7°	18.1 мм
Квітень	+15.5 °	+27.2°	+4.9°	14.3 мм
Травень	+16.3 °	+29.1°	+3.8°	11.5 мм
Червень	+23.2 °	+32.3°	+14.6°	29.1 мм
Липень	+26.6 °	+38°	+15.7°	44.3 мм
Серпень	+24.6 °	+33.7°	+14.5°	1.6 мм
Вересень	+21 °	+32.1°	+11.2°	11.4 мм
Жовтень	+12.1 °	+25.7°	+3.9°	11.6 мм
Листопад	+4.6 °	+14.6°	-0.9°	31.9 мм

Вегетаційний період (квітень–серпень) характеризувався підвищенням середньодобових температур порівняно з 2023 роком. У квітні середня температура становила 15,5 °С, що на 5,2 °С більше, ніж у 2023 році (10,3 °С). Максимальна температура квітня сягнула 27,2 °С, а мінімальна — 4,9 °С. Водночас кількість опадів у квітні 2024 року була лише 14,3 мм, що значно менше порівняно з показником у 100,7 мм за той же місяць 2023 року. Це спричинило труднощі на ранніх етапах розвитку рослин.

У травні середня температура була 16,3 °С, що майже дорівнює показнику попереднього року (16,4 °С). Максимальна температура досягала

29,1 °C, а мінімальна становила 3,8 °C. Опади в травні склали лише 11,5 мм, що значно менше, ніж у 2023 році (29,1 мм), і це негативно позначилося на розвитку культури.

У червні середня температура піднялася до 23,2 °C, що на 2,9 °C більше, ніж у 2023 році (20,3 °C). Максимальна температура червня становила 32,3 °C, а мінімальна — 14,6 °C. Кількість опадів залишалася стабільною — 29,1 мм, що відповідало показнику попереднього року.

Липень характеризувався високими температурами — середня склала 26,6 °C, максимальна досягла 38 °C, а мінімальна — 15,7 °C. Кількість опадів була трохи вищою, ніж у 2023 році, і становила 44,3 мм (у 2023 році — 42,1 мм).

Серпень виявився критично посушливим: випало лише 1,6 мм опадів, що значно менше порівняно з 29,9 мм у 2023 році. Середня температура серпня становила 24,6 °C, що трохи перевищило показник попереднього року (24,3 °C). Максимальна температура піднялася до 33,7 °C, а мінімальна — 14,5 °C. Низька кількість опадів у серпні суттєво вплинула на налив зерна та зменшила потенційну врожайність.

Отже, погодні умови 2023 та 2024 років мали як позитивні, так і негативні аспекти для вирощування проса. Підвищені температури обох років сприяли швидкому росту рослин, але нестача опадів у критичні фази розвитку суттєво обмежила врожайність. У 2023 році дефіцит вологи спостерігався під час посіву та наливу зерна, тоді як 2024 рік був ще посушливішим, особливо у квітні та серпні, що негативно вплинуло на формування врожаю.

3.3. Схема досліду

Для виконання поставленого завдання, упродовж 2023–2024 рр., було проведено двофакторний польовий дослід за такою схемою (табл. 3).

Таблиця 3

Схема досліду

Сорти проса	Дози добрив
Живинка	Без добрив
	$N_{40}P_{30}$
	$N_{90}P_{30}$
Веселка	Без добрив
	$N_{40}P_{30}$
	$N_{90}P_{30}$
Заповітне	Без добрив
	$N_{40}P_{30}$
	$N_{90}P_{30}$

До схеми досліду було включено такі фактори:

– сорти проса посівного (фактор А): Живинка, Веселка, Заповітне;

– фони живлення (фактор В) – без добрив (контроль), $N_{40}P_{30}$ і розрахункова доза добрив на урожай 4,0 т/га.

Повторність триразова, посівна площа ділянки першого порядку 70 м^2, облікова – 40 м^2.

В досліді застосовували такі види добрив: аміачна селітра (N 34 %) та суперфосфат складний (Р 40 %), які вносили згідно схеми досліду розкидним способом під передпосівну культивацію.

3.4. Агротехнічні прийоми вирощування проса в досліді

Агротехнічні заходи вирощування культури, система удобрення та захисту від бур'янів, хвороб і шкідників були адаптовані до умов Лісостепу України. Попередником на полі була озима пшениця. Після її збирання було

проведено лущення стерні на глибину 6–8 см. Упродовж літа та початку осені ґрунт поступово рихлили на різну глибину (від 8–10 см до 12–14 см) за допомогою культиваторів-плоскорізів у поєднанні з гольчастими боронами. Завершальним етапом підготовки ґрунту стала глибока відвальна оранка на 18–22 см.

Весняний обробіток ґрунту розпочинався з боронування боронами типу БЗТС-1,0. Цю операцію проводили після висихання ґрунту та досягнення його фізичної стиглості, з дотриманням кута руху в 45° до напрямку оранки. Потім виконували суцільну культивацію культиваторами типу КПС-4 на глибину 4–6 см з одночасним боронуванням. Сівбу здійснювали суцільно-рядковим способом за допомогою зернової сівалки, одночасно коткуючи ґрунт. Насіння, попередньо оброблене протруйником, висівали з нормою 2,5 млн.шт./га.

3.5. Методика проведення досліджень

Згідно з поставленими завданнями дослідження, проводилися наступні спостереження, обліки й аналізи:

1. Відбір проб ґрунту:

- У період посіву та в фазах вегетації (кущіння, стеблювання, викидання волоті, дозрівання зерна) здійснювали відбір проб ґрунту для визначення вмісту поживних речовин та їх динаміки. Проби відбирали з різних шарів ґрунту: 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см.

2. Відбір проб рослин:

- Упродовж вегетаційного періоду проводили відбір проб рослин з площі 0,25 м² для визначення їх біометричних показників.

3. Облік урожаю:

- Урожай визначали шляхом відбору снопів з площі 1 м² у шестиразовій повторності на кожній ділянці для всіх варіантів досліду. Після цього проводили обмолот снопів.
- Одночасно з обліком урожаю проводили аналіз структури врожаю та відбір основної продукції для подальших хімічних аналізів.

4. Методики досліджень:

- Дослідження проводилися як польовими, так і лабораторними методами із застосуванням наступних стандартів:
  - Відбір проб ґрунту: ГОСТ 28168-89.
  - Загальні вимоги до проведення аналізів: ГОСТ 29269-91.
  - Визначення нітратного азоту в ґрунті: ГОСТ 26951-86.
  - Визначення рухомого фосфору і калію в ґрунті за методом Мачигіна: ГОСТ 26205-91.
  - Визначення маси 1000 зерен: ГОСТ 18842-89.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив мінерального живлення на динаміку вмісту основних елементів у ґрунті та продуктивність проса

Основними елементами живлення сільськогосподарських культур є азот, фосфор і калій. З кожним урожаєм значна частина цих елементів вилучається з ґрунту, тому для відновлення запасів поживних речовин застосовують органічні та мінеральні добрива.

Світова практика сільськогосподарського виробництва підтверджує, що існує пряма залежність між рівнем застосування добрив та врожайністю зернових і інших культур. Використання мінеральних добрив дозволяє регулювати обмін речовин у рослинах, сприяючи накопиченню важливих складових їжі – білків, вуглеводів, жирів, вітамінів.

Мінеральні добрива впливають на властивості ґрунту, зокрема на рухливість і доступність поживних речовин, що, своєю чергою, змінює співвідношення елементів живлення, обмін речовин у рослинах та їх продуктивність. Це пов’язано не лише з безпосереднім збагаченням ґрунту, але й із складними хімічними, фізико-хімічними та біологічними процесами взаємодії між ґрунтом, добривами і сільськогосподарськими культурами.

Органічні добрива покращують гумусний стан ґрунту, збільшують кількість мікроорганізмів, активізують мікробні процеси та сприяють кращому засвоєнню поживних речовин. Рослинні залишки, що потрапляють у ґрунт, а також їхній склад, є важливими факторами у формуванні ґрунтової біоти та поліпшенні біологічної активності ґрунту.

Солом'яне добриво стимулює розвиток мікрофлори ґрунту, оскільки є легкодоступним джерелом вуглецю для мікроорганізмів. При розкладанні соломи утворюється багато молодого гумусу, що покращує структуру ґрунту.

Тривале застосування сидерації, особливо в поєднанні з соломою, усуває

негативні наслідки спеціалізації сівозміни на зернові культури, підвищує врожайність і загальну продуктивність. Використання органомінеральної системи удобрення забезпечує відтворення родючості ґрунту та оптимальний режим живлення протягом усього вегетаційного періоду.

Таким чином, при інтенсивному вирощуванні проса система застосування добрив повинна забезпечувати повне покриття потреб культури в основних елементах живлення для досягнення запланованої врожайності, а також створювати умови для ефективного використання поживних речовин з ґрунту та добрив.

Наші дослідження підтверджують, що внесення добрив значно підвищує забезпеченість рослин проса азотом порівняно з контролем (без добрив). За результатами аналітичних досліджень встановлено істотну різницю у вмісті легкогідролізованого азоту в ґрунті на різних варіантах досліду (табл. 4).

Таблиця 4

Уміст легкогідролізованого азоту в шарі ґрунту на глибині 0-30 см за фазами росту проса, мг/кг (середнє значення по сортах за 2023-2024 рр.)

Фон живлення	Періоди визначення		
	Сходи	Викидання волоті	Дозрівання зерна
Без добрив	42,1	34,5	21,5
$N_{40}P_{30}$	58,2	53,5	30,1
Розрахунковий	68,1	59,1	34,5

Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню концентрації азоту в ґрунті порівняно з ділянками, де добрива не використовувались. Наприклад, у фазу сходів проса внесення дози $N_{40}P_{30}$ збільшувало вміст азоту в ґрунті на 38 %, а розрахункової дози – на 63 %. У подальшому вміст азоту в ґрунті знижувався: на контрольних ділянках і тих, де використовували добрива, вміст елементу зменшився на 7,6 та 4,7 та 9,0 мг/кг ґрунту відповідно. Ці результати свідчать, що в першій половині вегетації вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті незначно впливає на його засвоєння рослинами, що може бути пов'язано з використанням рослинами більш доступних форм азоту – нітратної та

аміачної. Однак загальна тенденція зберігалася, і різниця між варіантами удобрення щодо кількості азоту посилювалася. У фазу викидання волоті проса в варіанті $N_{40}P_{30}$ цей показник був на 41 %, а у варіанті розрахункової дози добрива – на 78 % вищим порівняно з контролем.

Дещо інші результати спостерігалися за вмістом легкогідролізованого азоту в період дозрівання зерна проса. На контрольних ділянках, де добрива не вносилися, вміст азоту в ґрунті становив 21,5 мг/кг, що на 13,0 мг/кг менше порівняно з фазою викидання волоті. При внесенні $N_{40}P_{30}$ та розрахункової дози добрив ця різниця складала 28,1 та 33,6 мг/кг відповідно. Ці результати вказують на інтенсивне споживання азоту рослинами проса в другій половині вегетації. Наприкінці вегетаційного періоду вміст азоту у варіанті з внесенням $N_{40}P_{30}$ був на 32 %, а у варіанті з розрахунковою дозою – на 53 % вищим порівняно з контролем.

Загалом, можна зробити висновок, що споживання легкогідролізованого азоту рослинами проса перевищувало темпи його утворення, що призводило до зниження його вмісту в ґрунті до кінця фази дозрівання.

Залежно від рівня мінерального живлення та строків сівби, змінювався вміст рухомого фосфору в ґрунті, що підтверджують дані таблиці 5.

Таблиця 5

Уміст рухомого фосфору в шарі ґрунту на глибині 0-30 см за фазами росту проса, мг/кг (середнє значення по сортах за 2023-2024 рр.)

Фон живлення	Періоди визначення		
	Сходи	Викидання волоті	Дозрівання зерна
Без добрив	140,5	139,1	101,3
$N_{40}P_{30}$	156,3	151,2	108,4
Розрахунковий	158,6	154,4	109,8

Як видно з цієї таблиці, внесення добрив під просо сприяло підвищенню рівня рухомого фосфору в ґрунті. Зокрема, на фазі сходів цей показник зріс зі 140,5 мг/кг до 156,3 мг/кг при внесенні $N_{40}P_{30}$ і до 158,6 мг/кг при застосуванні розрахункової дози добрива (середнє значення для різних сівби).

На фазі викидання волоті відбулося зниження вмісту рухомого фосфору: у контрольному варіанті цей показник зменшився на 1,4 мг/кг, а при внесенні $N_{40}P_{30}$ та розрахункової дози добрива – до 151,2 та 154,4 мг/кг відповідно. Це свідчить про те, що процеси поглинання фосфору рослинами активізуються на цьому етапі.

На фазі дозрівання зерна, на ділянках без внесення добрив, вміст рухомого фосфору в ґрунті знизився до 101,3 мг/кг, що означає зміну на 37,8 мг/кг порівняно з попередньою фазою. При внесенні $N_{40}P_{30}$ цей показник знизився на 42,8 мг/кг, а при внесенні розрахункової дози добрива — на 44,6 мг/кг. Отже, вміст рухомого фосфору в ґрунті поступово зменшувався в процесі росту і розвитку рослин проса, причому найінтенсивніше поглинання фосфору відбувалося в період від викидання волоті до дозрівання зерна.

Аналіз дворічних спостережень показав, що тенденції в динаміці вмісту фосфору в ґрунті були подібні до тих, що спостерігалися щодо накопичення азоту. Різниця між контрольним варіантом і варіантами з внесенням добрив суттєво перевищувала відхилення у всіх фазах розвитку культури.

Таким чином, результати дослідження свідчать про важливість оптимального мінерального живлення для забезпечення стабільного рівня фосфору в ґрунті протягом усіх етапів розвитку проса. Це дозволяє забезпечити ефективніше використання поживних речовин і сприяє підвищенню врожайності культури. Додатково, варто зазначити, що постійний моніторинг і корекція агротехнічних заходів з урахуванням фосфорного живлення є ключовими для досягнення високих результатів у вирощуванні проса.

Вплив мінеральних добрив на вміст обмінного калію в ґрунті був менш помітним, ніж на вміст азоту та фосфору. Це можна пояснити тим, що ґрунти Степової зони України характеризуються підвищеним або високим рівнем забезпеченості калієм, згідно з класифікацією за Чириковим (табл. 6). За цією класифікацією, рівень забезпеченості обмінним калієм визначається таким чином: менше 20 мг/кг – дуже низька забезпеченість, 21–40 мг/кг – низька, 41–80 мг/кг – середня, 81–120 мг/кг – підвищена, 121–180 мг/кг – висока, більше

180 мг/кг – дуже висока.

Таблиця 6

Уміст обмінного калію в шарі ґрунту на глибині 0-30 см за фазами росту проса, мг/кг (середнє значення по сортах за 2023-2024 рр.)

Фон живлення	Періоди визначення		
	Сходи	Викидання волоті	Дозрівання зерна
Без добрив	175,2	159,7	170,7
$N_{40}P_{30}$	186,1	178,6	177,8
Розрахунковий	186,5	183,4	179,8

Упродовж 2023–2024 років у посівах проса на початку вегетації запаси обмінного калію в шарі ґрунту 0-30 см можна було охарактеризувати як високі у неудобрених варіантах і дуже високі в удобрених. Накопичення калію в ґрунті залежно від доз внесених добрив було подібним до динаміки нітратного азоту та рухомого фосфору. Різниця між контрольними варіантами та варіантами з внесеними добривами перевищувала стандартне відхилення. У фазу сходів ця різниця була від 10,9 до 11,3 мг/кг, у фазу викидання волоті – від 18,9 до 23,7 мг/кг, а у фазу дозрівання зерна – від 7,1 до 9,1 мг/кг на користь удобрених варіантів.

До моменту дозрівання проса споживання обмінного калію рослинами збільшується, що призводить до зниження його вмісту в ґрунті у всіх варіантах досліду. Незалежно від року досліджень, спостерігалася чітка тенденція до превалювання споживання калію над його накопиченням у ґрунті. Однак, незважаючи на це, у кінці вегетації запаси калію залишалися високими у всіх варіантах.

Аналіз середніх показників за два роки показав, що на початку вегетації найбільші запаси обмінного калію в шарі 0-30 см спостерігалися при внесенні розрахункової дози добрива. Цей варіант зберігав перевагу й у кінці вегетації, хоча різниця між ним і фоном $N_{40}P_{30}$ була незначною і не перевищувала стандартного відхилення за сівби у перший строк.

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що просо

споживає найбільше азоту, причому основна його частина необхідна у другій половині вегетації – від фази викидання волоті до дозрівання зерна. Фосфор і калій також потрібні для проса, але в значно менших кількостях, причому основна їх частина споживається рослинами також у другій половині вегетації.

Це свідчить про необхідність ретельного підбору доз мінеральних добрив для забезпечення оптимального балансу поживних речовин у ґрунті упродовж усього циклу росту і розвитку культури.

4.2. Динаміка лінійного росту рослин проса

Висота рослин, як і їх облистяність та загальна площа листової поверхні, є важливими морфологічними ознаками при вирощуванні проса. Ці показники залежать від багатьох факторів, таких як сорт рослини, рівень вологості, мінеральне живлення, температура повітря та інші умови зовнішнього середовища. Аналіз висоти стебла дозволяє визначити оптимальні умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів проса.

Вчені [54] зазначають, що висота рослин під час збору врожаю є результатом не тільки погодних умов, але й певною мірою відображає рівень агротехніки. Використання даних про фактичну висоту рослин для розрахунку врожайності зерна дозволяє також врахувати рівень агротехнічних заходів. Високі рослини проса зазвичай є індикатором високої врожайності зерна. Наприклад, при висоті рослин 90–100 см урожайність зерна в експериментальних умовах складала 2,0–2,5 т/га, тоді як за висоти 60–70 см середня врожайність знижувалася до 1,0–1,5 т/га.

Наші дослідження підтвердили вплив погодних умов на ріст рослин проса. Так, у 2023 році, який був середньопосушливим, цей показник становив 81,0 см, а за несприятливих погодних умов 2024 року середня висота рослин складала 78,4 см (табл. 7).

Таблиця 7

Висота рослин проса за варіантами досліду по роках, см

Фон живлення	Роки досліджень	
	2023	2024
	Сорт Живинка	
Без добрив	56,5	51,4
$N_{40}P_{30}$	78,2	80,4
Розрахунковий	82,5	79,9
	Сорт Веселка	
Без добрив	58,0	58,7
$N_{40}P_{30}$	85,5	82,6
Розрахунковий	87,8	87,8
	Сорт Заповітне	
Без добрив	64,8	58,2
$N_{40}P_{30}$	95,2	93,4
Розрахунковий	120,5	113,0

Згідно з отриманими даними, ріст рослин проса суттєво варіював залежно від варіантів живлення. Оптимізація мінерального живлення призвела до збільшення висоти рослин на 45–74 % (середнє значення за 2023-2024 рр.). У середньому по досліджуваних сортах, без внесення добрив, у фазу повної стиглості зерна висота рослин становила 59,8 см, тоді як на фоні $N_{40}P_{30}$ цей показник збільшився до 86,3 см. Найвищими були рослини у варіанті з внесенням розрахункової дози мінерального добрива — їх середня висота складала 96,9 см. Аналогічні закономірності спостерігали й інші дослідники, які відзначають позитивний вплив підвищених доз мінеральних добрив, особливо азотних, на ріст рослин проса.

Проведені нами спостереження також вказують на значний вплив сорту на лінійний ріст рослин проса. Найбільшу висоту мали рослини сортів Веселка і Заповітне, порівняно з сортом Живинка.

Таким чином, результати наших досліджень підтверджують значний вплив мінерального живлення та сорту на висоту рослин проса, що є важливим фактором у забезпеченні високої врожайності культури.

4.3. Урожайність рослин проса

Зміна клімату, деградація ґрунтів, опустелювання, нестача води та часті посухи ставлять під загрозу продовольчу безпеку України. Однією з ключових проблем для сільського господарства, особливо в рослинництві та кормовиробництві, є глобальне потепління. Наслідки кліматичних змін для рослинництва полягають у зростанні посушливості через підвищення температури, погіршенні умов тепло- та вологозабезпечення під час вегетації рослин, зменшенні обсягів снігу через підвищення зимових температур, а також у збільшенні засоленості ґрунтів [55].

Одним із найбільш ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження в сільськогосподарське виробництво посухостійких, високопродуктивних культур, здатних рости на всій території країни, включно із засоленими землями [56]. В умовах глобального потепління важливо використовувати культури з С4 типом фотосинтезу, які здатні ефективно засвоювати вуглекислий газ і формувати оптимальний рослинний покрив у посушливих умовах. Однією з таких культур є просо посівне, яке вирізняється високою соле- та посухостійкістю.

Метою наших досліджень було вивчення формування урожаю та якості зерна проса залежно від внесення мінеральних добрив та використаних сортів. Урожай є результатом складних фізіологічних і біохімічних процесів у рослинах, які залежать як від генетичних особливостей сорту, так і від умов зовнішнього середовища. Врожайність відображає інтегровану взаємодію цих чинників, а також рівень агротехнічних заходів.

Наші дослідження підтвердили, що мінеральні добрива та вибір сорту проса мають значний вплив на врожайність, проте важливим залишається вплив метеорологічних умов кожного року (табл. 8).

Таблиця 8

Врожайність зерна проса за варіантами досліду по роках, т/га

Фон живлення	Роки досліджень	Середнє за 2023–

	2023	2024	2024 рр.
	Сорт Живинка		
Без добрив	2,21	1,69	1,95
$N_{40}P_{30}$	3,04	2,35	2,70
Розрахунковий	4,38	2,78	3,58
	Сорт Веселка		
Без добрив	1,74	1,64	1,69
$N_{40}P_{30}$	2,61	2,29	2,45
Розрахунковий	3,62	2,56	3,09
	Сорт Заповітне		
Без добрив	2,54	1,84	2,19
$N_{40}P_{30}$	3,42	2,66	3,04
Розрахунковий	5,44	3,58	4,51

У період вегетації 2024 року спостерігався значний дефіцит опадів. У червні ґрунтова засуха охопила поля під час фази викидання волоті, що є критичною для проса. Високі температури (до 39°C) і відсутність опадів у липні призвели до передчасного достигання проса. Урожайність за цей рік склала 2,39 т/га, включно з сортами Константинівське (2,26 т/га), Таврійське (2,73 т/га) та Східне (2,17 т/га).

2023 рік був посушливим. Незважаючи на це, в липні випали рясні дощі, що сприяло покращенню стану рослин під час викидання волоті. Однак період дозрівання проса був супроводжений повітряною посухою, що прискорило достигання. Середня врожайність за цей рік склала 3,22 т/га, зокрема для сорту Константинівське — 3,20 т/га, Таврійське — 3,79 т/га, Східне — 2,67 т/га.

Чим складніші ґрунтово-кліматичні та погодні умови в певній зоні землеробства, тим важливішу роль відіграє генетична захищеність ознак потенційної продуктивності й екологічної стійкості сортів і гібридів, тобто адаптивна селекція [57]. Відомо, що екологічна пристосованість сорту, одним із найважливіших чинників якої є стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища, не гарантує успіху, якщо вона не поєднується з

іншими важливими властивостями, такими як врожайність, якість зерна тощо. Завдання стабілізації врожаїв зернових культур у степовій зоні України повинно вирішуватися шляхом вирощування сортів, які є більш адаптованими до умов зони, стійкими до дії абіотичних і біотичних стресорів, мають стабільну врожайність і високу якість зерна [58, 59].

Аналізуючи врожайні дані за два роки досліджень, можна зазначити, що найбільш стабільну врожайність упродовж різних за вологозабезпеченістю років показав сорт Заповітне. Урожайність сортів Живинка та Веселка була менш стабільною, що, ймовірно, пов'язано зі складною взаємодією генетичних, біологічних, морфологічних та екологічних ознак, які визначають продуктивність цих сортів. Сорт Заповітне перевищував за врожайністю сорти Живинка та Веселка: у 2023 році – на 0,56–1,44 т/га або 22–56 %, у 2024 році — на 0,14–0,91 т/га або 8–49 %. У середньому за два роки сорт Заповітне забезпечив врожайність 3,25 т/га, що на 0,51–0,84 т/га (16–26 %) більше, ніж у сортів Живинка та Веселка.

Важливу роль у формуванні врожаю проса відіграє система удобрення. Вона варіюється залежно від зони вирощування і залежить від кількості опадів, температури повітря, вологості ґрунту та інших факторів. Наші дослідження показали, що найефективнішим було застосування розрахункової дози мінеральних добрив для досягнення запланованої врожайності 4 т/га. У середньому за два роки найвища врожайність культури – 3,73 т/га – була отримана саме в цьому варіанті, що на 1,79 т/га більше, ніж у неудобреному варіанті (середнє значення по сортах). При внесенні $N_{40}P_{30}$ врожайність склала 2,73 т/га, що дало приріст у 0,79 т/га порівняно з неудобреним контролем.

Важливо також враховувати сортову специфічність культури проса, яка на нових сортах вивчена недостатньо. У середньому за всі роки досліджень при внесенні під культуру $N_{40}P_{30}$ сорт Живинка забезпечив врожайність 2,70 т/га, сорт Веселка – 2,45 т/га, а сорт Заповітне – 3,04 т/га зерна. При застосуванні розрахункової дози добрив ці показники збільшилися до 3,58, 3,09 та 4,51 т/га відповідно. Аналіз даних показав, що сорт Заповітне є більш чутливим до внесення мінеральних добрив, оскільки приріст врожайності від

розрахункової дози склав 2,32 т/га, тоді як у сортів Живинка та Веселка ці показники були нижчими і склали відповідно 1,63 та 1,40 т/га.

Різниця у врожайності зерна між сортами проса за умов вирощування без добрив була менш значною, ніж на удобрених фонах, особливо при застосуванні розрахункової дози добрива. Збільшення зернової продуктивності залежно від сорту на неудобреному фоні та фоні $N_{40}P_{30}$ складало 12–29 % і 13–22 % на користь сорту Заповітне. Відповідно, можна зробити висновок, що сорт Заповітне значно сильніше реагує на мінеральне живлення, підвищуючи врожайність більшою мірою від однієї й тієї ж дози добрива. У всі роки досліджень сорт Заповітне виявився найбільш пластичним, стабільним і здатним формувати високу врожайність.

Таким чином, формування продуктивності проса найбільше залежить від взаємодії сортових особливостей та доз мінеральних добрив, застосованих при його вирощуванні.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ПРОСА ЗА РІЗНИХ ФОНІВ ЖИВЛЕННЯ

У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва питання підвищення економічної ефективності вирощування культур набуває особливої актуальності. Серед зернових культур просо займає важливе місце завдяки своїм високим харчовим властивостям і здатності адаптуватися до різних кліматичних умов. Однак, для забезпечення стабільних врожаїв та досягнення максимальної рентабельності вирощування цієї культури необхідно оптимізувати агротехнічні заходи, зокрема систему живлення.

У цьому розділі розглянуто економічну ефективність вирощування різних сортів проса за різних фонів живлення. Особлива увага приділяється порівнянню врожайності, якості зерна та рентабельності виробництва в залежності від застосування різних добрив і їхніх норм. Аналіз цих факторів дозволить визначити оптимальні умови для вирощування проса, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва та зменшенню витрат на агротехнічні заходи [60–63].

Проведені дослідження виявили значний вплив агротехнічних заходів на рівень урожайності проса та на економічну ефективність його вирощування. Впродовж двох років досліджень було встановлено, що найвищі показники чистого прибутку на 1 га посіву проса досягалися при застосуванні мінерального добрива в дозі $N_{90}P_{30}$. У середньому, чистий прибуток по сорту Веселка складав 8425 грн/га, по сорту Живинка – 11258 грн/га, а по сорту Заповітне – 15537 грн/га. Це свідчить про те, що вирощування сорту Заповітне є найбільш рентабельним, оскільки цей сорт забезпечував найвищий урожай і, відповідно, найбільшу валову продукцію (табл. 9).

Таблиця 9

Економічна ефективність вирощування сортів проса за різних фонів живлення (2023–2024 рр.)

Фон мінерального живлення	Урожайність з 1 га, т	Витрати, грн/га	Вартість продукції, грн/га	Собівартість 1 т, грн	Умовно-чистий дохід, грн/га	Рентабельність, %
Сорт Живинка						
Без добрив	1,95	10000	16575	5128	6575	66
$N_{40}P_{30}$	2,70	12060	22950	4467	10890	90
Розрахунковий	3,58	14120	30430	3944	16310	115
Сорт Веселка						
Без добрив	1,69	10000	14365	5917	4365	44
$N_{40}P_{30}$	2,45	12060	20825	4922	8765	73
Розрахунковий	3,09	14120	26265	4570	12145	86
Сорт Заповітне						
Без добрив	2,19	10000	18615	4566	8615	86
$N_{40}P_{30}$	3,04	12060	25840	3967	13780	114
Розрахунковий	4,51	14120	38335	3131	24215	171

Внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{30}$ сприяло збільшенню врожайності проса на 1,40–2,32 т/га залежно від сорту. Хоча використання добрив призвело до зростання виробничих витрат на 2060 грн/га, ефективність їх застосування виявилася суттєвою. Завдяки випереджаючому зростанню вартості основної продукції порівняно з витратами на вирощування, собівартість зерна зменшувалася на 352–836 грн/га. Це, у свою чергу, призвело до підвищення рентабельності вирощування культури та окупності матеріальних витрат.

Розрахунки економічної ефективності вирощування різних сортів проса також показали, що найвищий умовно чистий прибуток – 17557 грн/га – був досягнутий при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{30}$ (середнє по сортах).

Особливо варто відзначити, що сорти Заповітне та Живинка мали найвищі показники врожайності та економічної ефективності, що свідчить про їхню доцільність для вирощування в умовах СТОВ "ЛАДА" Кам’янського району Дніпропетровської області.

Таким чином, проведені дослідження підтверджують економічну доцільність вирощування проса в регіоні, особливо сорту Заповітне. При застосуванні елементів удосконаленої технології вирощування, таких як оптимальні норми внесення мінеральних добрив, цей сорт забезпечує максимальну врожайність та прибутковість.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Забезпечення охорони праці та аналіз виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив на підприємстві СТОВ «ЛАДА»

Забезпечення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є невід'ємною частиною діяльності аграрних підприємств, особливо під час проведення технологічних операцій, пов’язаних із внесенням добрив. Це має особливе значення в умовах СТОВ "Лада" Кам’янського району Дніпропетровської області, де основна частина сільськогосподарських робіт здійснюється в польових умовах, що підвищує ризики виникнення небезпечних ситуацій.

При внесенні добрив на полях існує низка потенційних небезпек, які можуть вплинути на здоров'я працівників:

- використання мінеральних добрив може спричиняти забруднення повітря та ґрунту хімічними речовинами, що шкідливо впливає на дихальні шляхи та шкіру працівників;
- застосування сільськогосподарської техніки пов’язане з ризиками механічних травм, таких як порізи, удари, або навіть переломи внаслідок неправильного використання техніки;
- деякі добрива, особливо органічні, можуть бути вогненебезпечними, що створює додаткові ризики під час зберігання та транспортування;
- висока інтенсивність праці, несприятливі погодні умови, і необхідність дотримання строгих агротехнічних термінів можуть призводити до перевтоми, стресу та зниження концентрації, що підвищує ймовірність нещасних випадків.

Для забезпечення безпечних умов праці на підприємстві СТОВ "Лада" необхідно вжити таких заходів:

1. Працівники повинні регулярно проходити навчання та інструктажі з охорони праці, що включають правила безпечного поводження з добривами, використання засобів індивідуального захисту, а також дії в разі аварійних ситуацій.

2. Для забезпечення безпеки всі працівники мають бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту, такими як рукавички, маски, захисні окуляри, спеціальний одяг та взуття, що відповідають умовам їхньої роботи.

3. Сільськогосподарська техніка, яка використовується для внесення добрив, повинна підлягати регулярному технічному огляду та обслуговуванню, щоб запобігти несправностям і нещасним випадкам.

4. Працівники повинні проходити періодичні медичні огляди для своєчасного виявлення професійних захворювань, особливо тих, що пов'язані з впливом хімічних речовин.

Для мінімізації ризиків та швидкого реагування на надзвичайні ситуації на підприємстві СТОВ "Лада" слід дотримуватися наступних правил:

- розробка та відпрацювання плану евакуації працівників у разі пожежі або іншої надзвичайної ситуації, забезпечення належного рівня оповіщення про загрозу.
- наявність і технічна справність засобів пожежогасіння, таких як вогнегасники, протипожежні щити та резервуари з водою.
- регулярні тренування працівників з евакуації, а також з надання першої допомоги потерпілим у випадку травмування або хімічного ураження.
- постійний моніторинг рівня забруднення повітря та інших умов праці для своєчасного виявлення відхилень від норми та вжиття відповідних заходів.

Дотримання вимог з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є критично важливим при проведенні робіт з внесення добрив в умовах СТОВ "Лада". Реалізація запропонованих заходів допоможе мінімізувати ризики для здоров’я та життя працівників, підвищити ефективність виробничих процесів і запобігти можливим надзвичайним ситуаціям.

Модель виробничих небезпек для СТОВ "Лада" під час внесення мінеральних добрив:

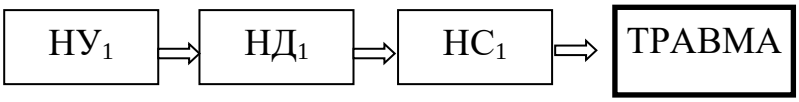
НУ – подразнення шкіри через високу концентрацію шкідливих хімічних речовин у добривах;

НД – недотримання правил використання ЗІЗ (відмова від носіння маски або рукавичок);

НС – небезпечний контакт з хімічними речовинами через відсутність ЗІЗ;

Т – хімічний опік верхніх кінцівок.

Графічне зображення моделі виробничих небезпек.



Забезпечення охорони праці та безпеки працівників під час внесення мінеральних добрив на підприємстві СТОВ "Лада" є ключовим завданням, яке вимагає комплексного підходу. Аналіз потенційних виробничих небезпек, таких як хімічні подразнення, механічні травми, а також ризики, пов'язані з перевтомою і несприятливими погодними умовами, показує необхідність впровадження суворих заходів з охорони праці. Регулярне навчання працівників, забезпечення їх відповідними засобами індивідуального захисту, проведення періодичних медичних оглядів та розробка ефективних планів дій у надзвичайних ситуаціях є основними умовами для зниження ризиків та запобігання нещасним випадкам. Реалізація цих заходів сприятиме збереженню здоров'я та життя працівників, підвищенню ефективності виробничих процесів та сталому розвитку підприємства.

6.2. Вплив мінеральних добрив на навколишнє середовище та заходи з мінімізації їх негативних наслідків

До основних забруднювачів навколишнього середовища належать мінеральні добрива, пестициди, агрохімікати, іонізуюче випромінювання,

хімічна зброя, нафта та нафтопродукти, а також шуми від виробничих процесів і транспорту. Серед агрохімікатів понад 70% складають мінеральні добрива. Вони відрізняються від пестицидів як за якісними, так і за кількісними показниками, оскільки містять поживні елементи в мінеральній формі, але також мають значну кількість токсичних і небезпечних речовин.

Щорічно зростає обсяг використання мінеральних добрив у сільському господарстві, що створює додаткове навантаження на навколишнє середовище. Згідно з численними дослідженнями, основні негативні наслідки застосування мінеральних добрив пов'язані з порушенням науково обґрунтованих принципів їх виробництва, транспортування та використання. Постійне використання кислих добрив, особливо азотних, сприяє підвищенню кислотності ґрунтів. Крім того, тривале застосування добрив одного класу призводить до накопичення в ґрунтах аніонних залишків, таких як сульфати та хлориди, що спричиняє засолення ґрунтів.

Однак негативні наслідки використання мінеральних добрив цим не обмежуються. Поряд з основними біогенними елементами вони часто містять домішки у вигляді солей важких металів, органічних сполук і радіоактивних ізотопів. Це може призвести до забруднення довкілля, негативно вплинути на якість рослинної продукції, здоров'я тварин, а також людей, які працюють з добривами, та населення загалом. Сировина для виробництва мінеральних добрив, така як фосфорити, апатити і сирі калійні солі, часто містить до 5 % і більше домішок, серед яких можуть бути миш’як, кадмій, свинець, фтор і стронцій. Ці токсичні елементи слід розглядати як потенційні джерела забруднення довкілля, і їх необхідно суворо враховувати під час внесення добрив у ґрунт.

За останні роки структура забруднення сільськогосподарської продукції зазнала значних змін. На перше місце серед усіх забруднювачів вийшли нітрати, частка яких становить 75 %. На частку важких металів припадає 15 %, а пестицидів — 8 %. Це свідчить про зростання ризиків для навколишнього середовища та здоров'я людей, що вимагає посилення контролю за

використанням мінеральних добрив та впровадження екологічно безпечних технологій їх застосування.

Тому, особливо важливо дотримуватися науково обґрунтованих рекомендацій під час виробництва, транспортування і внесення мінеральних добрив, а також здійснювати постійний моніторинг їх впливу на екосистеми та здоров'я людей. Це дозволить мінімізувати негативні наслідки та забезпечити стале сільське господарство в майбутньому.

ВИСНОВКИ

1. Ефективне використання мінеральних добрив відіграє ключову роль у підвищенні врожайності проса та збереженні родючості ґрунтів. Наші дослідження показують, що застосування добрив $N_{40}P_{30}$ та розрахункової дози призвело до значного збільшення вмісту азоту, фосфору та калію в ґрунті на різних етапах росту проса порівняно з контрольними ділянками без добрив.

2. Застосування добрив сприяло підвищенню вмісту легкогідролізованого азоту на 38–63 % під час фази сходів порівняно з контролем. Відзначено також істотне підвищення концентрації азоту у фазу викидання волоті та дозрівання зерна, що сприяло кращому засвоєнню поживних речовин рослинами. Аналогічно, внесення фосфорних добрив збільшувало рівень рухомого фосфору в ґрунті на 12–18 мг/кг під час сходів і на 7–9 мг/кг під час дозрівання зерна, що свідчить про активне поглинання фосфору рослинами у другій половині вегетації. Щодо обмінного калію, вплив добрив був менш вираженим, що пов’язано з високим природним рівнем калію у ґрунті досліджуваних ділянок. Однак навіть за цих умов внесення добрив підвищувало вміст обмінного калію на 7–24 мг/кг на різних етапах росту.

3. Ріст рослин проса значно залежав від застосування мінерального живлення та умов вирощування. Внесення добрив призвело до збільшення висоти рослин на 45–74%, порівняно з контрольними ділянками. Найвищими були рослини у варіанті з розрахунковою дозою добрив, де середня висота досягла 96,9 см, тоді як на контрольних ділянках цей показник становив лише 59,8 см. Сорт також мав суттєвий вплив на висоту рослин. Найвищі рослини були зафіксовані у сортів Веселка та Заповітне, що свідчить про їхню більшу адаптивність до умов вирощування та потенціал для отримання високої врожайності.

4. Кліматичні зміни та деградація ґрунтів в Україні значно впливають на вирощування культур, особливо в умовах посухи. Сільське господарство може адаптуватися до цих змін шляхом вирощування посухостійких культур,

зокрема проса. Дослідження показали, що врожайність проса сильно залежить від використаних сортів, умов метеорології та системи живлення. Генетичні особливості сорту, умови середовища та агротехнічні заходи формують продуктивність культури. Найвищі показники врожайності отримано на сорті Заповітне (3,25 т/га у середньому за 2023–2024 рр.), що перевищувало врожайність інших сортів (Живинка та Веселка) на 16–26%. Мінеральні добрива мають суттєвий вплив на врожайність: при внесенні розрахункової дози врожайність проса збільшувалася до 3,73 т/га. Взаємодія сортових особливостей та систем живлення є ключовою для досягнення оптимальної продуктивності проса. Сорт Заповітне показав найкращі результати як за врожайністю, так і за реакцією на мінеральні добрива.

5. Підвищення економічної ефективності вирощування проса досягається завдяки оптимізації агротехнічних заходів, зокрема системи живлення. Найвищий чистий прибуток і рентабельність були отримані при застосуванні мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{30}$. Сорт Заповітне показав найбільшу економічну ефективність із прибутком у 15 537 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lágler R. et al. Morphological and molecular analysis of common millet (P. miliaceum) cultivars compared to an aDNA sample from the 15-th century (Hungary). Euphytica. 2005. Vol. 146(1). P. 77–85.

2. Vetriventhan M. Genetic and genomic resources, and breeding for accelerating improvement of small millets: current status and future interventions. Nucleus. 2020. Vol. 63(3). P. 217–39.

3. Li X., Yadav R., Siddique K. Neglected and underutilized crop species: the key to improving dietary diversity and fighting hunger and malnutrition in Asia and the Pacific Front Nutr. 2020. Vol. 7(254). P. 593–711.

4. Fao stat.fao. org.ua. 2022. URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL (дата звернення: 18.02.2022).

5. Гордієнко Г. Історія культурних рослин. Мюнхен, 1970. С. 60–64.

6. Earliest domestication of common millet in East Asia extended to 10000 years ago. URL: https://www.researchgate.net/publication/ 24345956 (дата звернення: 23.02.2022).

7. Lu H. Earliest domestication of common millet (Panicum miliaceum) in East Asia extended to 10,000 years ago. Proc Natl Acad Sci USA. 2009. Vol. 06(18). P. 736–772. DOI: https:// doi.org /10.1073/pnas.0900158106

8. Жам О. Колекція давніх зернових культур у зібранні Національного історико-етнографічного заповідника «Переяслав». Наукові записки НІЕЗ «Переяслав». 2019. Випуск 15 (17). С. 128–135.

9. Горбаненко С. А., Журавльов О. П., Пашкевич Г. О. Сільське господарство жителів Пастирського городища. К. : Академперіодика, 2008. 188 с.

10. Аверчев О. В. Науково-виробничі рекомендації з технології вирощування проса в Причорноморському степу України. Херсон : Олді плюс, 2008. 23 с.

11. Мазур В. А. Поліщук І. С. Телекало Н. В. Мордванюк М. О. Рослинництво: навч. посіб. Вінниця : Видавництво ТОВ «Друк», 2020. 352 с.

12. Sorghum and Millets (Second Edition) Chemistry, Technology and Nutritional Attributes Chapter 5 – Grain Structure and Grain Chemical. 2019. P. 85-129. DOI: https:// doi.org /10.1016/B978-0-12-811527-5.00005-8

13. Lata C. Advances in omics for enhancing abiotic stress tolerance in millets. Proc. Indian Natl. Sci. Acad. Vol. 81. P. 397–417. DOI: https:// doi.org/ 10.16943/ptinsa/2015/v81i2/48095

14. Singh M., Salej S. Millets, Pseudo Cereals : Genetic Resources and Breeding Advancement. Duxford, United Kingdom: Woodhead Publishing. 2021. URL: https://lib.ugent.be/catalog/ebk01:4100000011462444

15. Boukail S. Genome wide association study of agronomic and seed traits in a world collection of proso millet (Panicum miliaceumL.). BMC Plant Biol. 2021. Vol. 21. P. 330. DOI: https:// doi.org /10.1186/s12870-021-03111-5

16. Liu M. Genetic diversity and population structure of broomcorn millet (Panicum miliaceum L.) cultivars and landraces in China based on microsatellite markers. Int J Mol Sci. 2016. Vol. 17(3). P. 370.

17. Zohary D., Hopf M. Domestication of plants in the Old World, third edition. Oxford: University Press, 2000. 83 p.

18. Habiyaremye C. Proso millet (Panicum miliaceum L.) and its potential for cultivation in the Pacific North-West, U.S.: a review. Front Plant Sci. 2017. Vol. 7. P. 1961. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01961.

19. Aziz Nurbekov et al. Potential of pearl millet as a forage crop in wheat-based double cropping system in Central Asia. SAT eJournal. 2013. Vol. 11. P. 1–5.

20. Baltensperger D. Progress with proso, pearl and other millets. In Trends in New Crops and New Uses; ASHS Press: Alexandria, VA, USA. 2002. P. 100–103. URL:https://www.researchgate.net/publication/237297201_Progress_with_Proso_Pearl_and_Other_Millets.

21. Reddy V. G., Upadhyaya H. D., Gowda C. L. Morphological characterization of world's proso mille germplasm collection. J.SAT Agric.Res. 2007. Vol. 3. P. 4.

URL:https://www.researchgate.net/publication/26520400_Morphological_characterization_of_world's_proso_millet_germplasm.

22. Calamai A. Evaluation of the agronomic traits of 80 accessions of proso millet (Panicum miliaceum L.) under Mediterranean pedoclimatic conditions. Agriculture.2020. Vol. 10(12). P. 578.

23. Jones H. Approaches and constraints of using existing landrace and extant plant material to understand agricultural spread in prehistory. Plant Genet Res. 2008. Vol. 6(2). P. 98–112.

24. Parthasarathy Rao P., Basavaraj G. Status and prospects of millet utilization in India and global scenario. In: Millets: promotion for food, feed, fodder, nutritional and environment security. Proceedings of Global Consultation on Millets Promotion for Health & Nutritional Security Society for Millets Research, ICAR Indian Institute of Millets Research, Hyderabad. 2015. P. 197–209.

25. Юрковська В., Овсянникова Л., Валевська Л., Щербатюк С. Споживні властивості зерна проса. Стан і перспективи харчової науки та промисловості : тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції, 8-9 жовтня 2015 р. ТНТУ, 2015. С. 114-115.

26. Yurkovska V., Ovsyannikov L., Valevska L., Shcherbatyuk S. Consumer properties of milet. Book of abstracts. International scientific and technical conference "State and prospects of food science and industry", (Tern., 8–9 October 2015). P. 114-115.

27. Taylor J., Schober T., Bean S. Novel food and nonfood uses for sorghum and millets. J. Cereal Sci.2006. Vol. 44(3). P. 252–71.

28. Saleh A., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health beneits. Compr Rev Food Sci F. 2013. Vol. 12(3). P. 281–95.

29. Кващук О. В., Сучек М. М., Хоміна В. Я., Пастух О. Д. Круп’яні культури: навч. посіб. Кам’янець-Подільський: ПП «Медобори 2006», 2013. 288 с.

30. Бєлєніхіна А. В., Костромітін В. М., Глубокий О. М. Адаптивність і екологічна пластичність сортів проса залежно від умов року. Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області.2013. Вип. 15. С. 10–16.

31. Каталог сортів рослин придатних для поширення в Україні у 2021 р. Охорона прав на сортирослин: офіц. бюл. Мін. АгрополітикиУкраїни, Держ. служба з охорони прав на сортирослин. К. : ТОВ «Алефа», 2021. 531 с.

32. Черенков В. А. та ін. Рекомендації по вирощуванню гречки і проса. Дніпропетровськ, 2013. С. 23.

33. Кобизєва Л. Н., Безугла О. М., Григоращенко Л. В., Генофонд зернобобових і круп'яних культур НЦГРРУ – джерело вихідного матеріалу для перспективних напрямів селекції. Теоретичні основи селекції польових культур: Збірник наукових праць.Харків, ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2007. С. 301–325.

34. Константинов С. І., Горбачова С. М., Горлачова О. В. Результати вивчення світової колекції проса в Лісостепу України. Науковий вісник національного аграрного університету. Х., 2001. Вип. 40. С. 47–50.

35. Горбачова С. М. Створення врожайних сортів проса з високою якістю зерна і крупи та стійкістю до ураження збудниками хвороб. Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. Х., 2008. Вип. 95. С. 71–79.

36. Спеціальна селекція і насінництво польових культур: навч. посіб. / За ред. В. В. Кириченка. Харків, 2010. С. 251–280.

37. Кобизєва Л. Н., Горбачова С. М., Бірюкова О. В. Просо – культура універсального напряму використання. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2013. Випуск 14. С. 68–75.

38. Воронкова Н.О., Хамова О.Ф. Агроекологічна оцінка впливу попередників на елементи родючості чорнозему та врожайність ярої м'якої пшениці. Вісник аграрного університету. 2012. № 3. С. 21–28.

39. Волошин Є.І. Ресурси соломи на добриво. Вісник аграрного університету. 2009. № 2. С. 88–93.

40. Корзун О.С. Вплив біологічних препаратів на врожайність зерна проса. Збірник наукових праць ЛНАУ. 2013. Т.1. № 6. С. 18–27.

41. Єлісєєв В.І. [та ін.]. Вплив післядії мінеральних добрив на врожайність проса у 5-пільному сівозміні в умовах Степу. Бюлетень наукового центру. 2016. 24 с.

42. Бурлакова Л.М. [та ін]. Варіювання вологості та щільності ґрунту в агроценозі пшениці. Вісник державного аграрного університету. 2004. № 3. С.38–44.

43. Вдовенко, С.А. Культивування проса на солом'яних субстратах при інтенсивному способі вирощування. Вісті агроуніверситету. 2015. № 2. С. 71–76.

44. Бесєдін Н.В. Вплив прийомів біологізації землеробства на щільність ґрунту у зернотрав'яній сівозміні. Вісник сільськогосподарської академії. 2014. № 7. С. 15–19.

45. Сіра Т.М. Вплив систем удобрення на продуктивність сівозміни та зміна агрохімічних показників чорноземного легкосуглинистого ґрунту. Агрохімія. 2012. № 1. С. 13–25.

46. Беспалова Н.С., Жабін М.А. Вплив забезпеченості ґрунту елементами мінерального живлення на врожай та якість проса. Агрохімічний вісник. 2008. № 2. С. 26–29.

47. Волошин Є.І. Ресурси соломи на добриво. Вісник аграрного університету. 2009. № 2. С. 88–93.

48. Барайщук Г.В., Хамова О.Ф. Вплив біологічно активних препаратів на мікрофлору у ґрунті розплідників. Досягнення науки і техніки АПК. 2013. № 3. С.18–-21.

49. Безуглова О.С., Полієнко Є.А. Гумінові препарати як стимулятори росту рослин та мікроорганізмів. 2019. №4. С. 11–14.

50. Білоголовцев В.П. Вплив мінеральних добрив на хімічний склад врожаю проса при вирощуванні на світло-каштановому ґрунті. Аграрний науковий журнал. 2014. № 1. С. 11–16.

51. Ali Faramarzi, Soleiman Jamshidi, Kurosh Siami. Plant density effect on yeild and yield components of common millet cultivars as second crop in miyaneh region. International Conference on Biology, Environment and Chemistry United

Arab Emirates, Dubai, 2011. P. 277-279. URL: https://www.researchgate.net/publication/274002896_Plant_Density_Effect_on_Yeild_and_Yield_Components_of_Common_Millet_Cultivars_as_Second_Crop_in_Miyaneh_Region

52. Гринюк І. М. Вплив способів та норм сівби проса на його врожайність в умовах Придністровської зони Івано-Франківської області. Збірник наукових праць Міжнародної конференції, присвяченої 30-річчю науково-дослідного інституту круп'яних культур. Кам'янець-Подільський, 2002. С. 228–235.

53. Каленська С. М., Черній В. П. врожайність зерна проса залежно від елементів біологізації технології його вирощування. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технологічного університету. 2016. Вип. 24 Ч. 1. С. 101–108.

54. Гриченко Р.Є., Любчич О.Г., Гліієва О.В., Мазуренко Т.В. Рівень забезпеченості рослин проса мікроелементами залежно від системи удобрення. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Випуск 23. 2015. С. 14–18.

55. Рудник-Іващенко О.І. Як захистити посіви проса. Зб. наук. пр. ІЦБ УААН. Рослини-бур’яни: особливості біології та раціональні системи їх контролювання в посівах сільськогосподарських культур. К., 2010. С. 286–293.

56. Камінський В.Ф., Глієва О.В. Площа листкового апарату та фотосинтетична продуктивність посівів проса за різних рівнів мінерального живлення. Збірник наукових праць ННЦ – Інститут землеробства НААН‖. 2014. № 3. С. 79–84.

57. Савчук Д. Посухи, як їм заподіяти. Аграрний тиждень. Україна. 2012. № 1. С. 10.

58. Сайко В. Ф. Стійкість землеробства: проблеми та шляхи вирішення. К.: Урожай, 1993. 320 с.

59. Рудник-Іващенко О.І. Адаптивний потенціал проса. Насінництво: науково-виробничий журнал. 2010. №1. С. 5–12.

60. Зінченко, О. І., Салата, В. О., & Сіроштан, В. І. (2019). Економічна ефективність вирощування проса за різних систем живлення. Вісник аграрної науки.

61. Романчук, О. В., & Шевчук, М. І. (2020). Вплив добрив на врожайність та якість зерна проса. Науковий журнал «Агроінновації».

62. Кузьменко, Ю. І., & Савчук, О. П. (2021). Економічні аспекти використання мінеральних добрив при вирощуванні проса. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.

63. Данилюк, В. П. (2022). Аналіз рентабельності вирощування проса в різних агрокліматичних зонах України. Науковий вісник Львівського національного аграрного університету.

ДОДАТКИ