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 ПРОСА ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» ЗВЕНИГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи 21 м-а спеціальності 201 Агрономія
ДЕМЧУК Анастасія Валеріївна

Керівник: РАССАДІНА Ірина к.с.-г. н., ст. викладач

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4

РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ (огляд літератури)……..….. 6

1.1. Перспективи використання проса в умовах глобальних кліматичних змін та порушення традиційного аграрного циклу…. 6

1.2. Вплив мінерального живлення на ріст, розвиток та врожайність проса……... 10

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЬ…….....

2.1. Агрономічна характеристика та особливості вирощування сорту проса Веселка……. 13

РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 14

3.1. Характеристика ґрунту……... 14

3.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень……... 15

3.3. Схема досліду……..……. 18

3.4. Технологія обробітку ґрунту та посіву проса……..……...….. 18

3.5. Методика проведення досліджень……..... 19

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…… 21

4.1. Поживний режим ґрунту у посівах проса……. 21

4.2. Вплив удобрення на врожайність проса…… 30

4.3. Вплив добрив на якість зерна проса……. 32

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД ПРОСО……..… 34

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА …….……..

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив в умовах ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ»…….……..…….. 37

6.2. Екологічно безпечні методи внесення добрив у сучасному агровиробництві…… 39

ВИСНОВКИ……..... 42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 44
ДОДАТКИ…… 51

ВСТУП

Просо, завдяки своїм високим смаковим якостям та харчовій цінності, посідає одне з провідних місць серед круп'яних культур. У нашій країні його посівні площі становлять 0,263 млн га, зокрема в Дніпропетровській області — понад 1,85 тис. га, і ці площі мають тенденцію до розширення, хоча й під впливом певних обставин. Однак врожайність проса значно відстає від свого потенціалу і в середньому не перевищує 2,41 т/га. Підвищення врожайності та забезпечення високої якості продукції в умовах зниження родючості ґрунтів можливе лише через впровадження науково обґрунтованої системи удобрення, адаптованої до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

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 технологію вирощування проса, рівень якої значно відстає від сучасних вимог.

Актуальність роботи. Зростання попиту на зернові культури, зокрема на просо, підкреслює необхідність дослідження оптимальних умов його вирощування, що сприяє підвищенню врожайності. У сучасних умовах ведення сільського господарства важливу роль відіграє правильне мінеральне живлення рослин, яке може значно вплинути на їх продуктивність. У контексті змін клімату, раціональне використання добрив стає ще більш актуальним для забезпечення стабільних урожаїв і збереження родючості ґрунтів. Дослідження продуктивності проса в умовах ПП «Тальне-Агрохім» Звенигородського району Черкаської області дозволить визначити оптимальні стратегії мінерального живлення для підвищення врожайності та економічної ефективності господарства.

Метою роботи є дослідження впливу мінерального живлення на продуктивність проса в умовах ПП «Тальне-Агрохім» Звенигородського

району Черкаської області з метою визначення оптимальних агротехнічних заходів для підвищення врожайності культури.

Завдання дослідження:

- провести дослідження та оптимізувати поживний режим ґрунту під час вирощування проса;
- визначити взаємозв'язок між дозами мінеральних добрив і продуктивністю проса.
- дослідити вплив удобрення на формування врожайності та якісних показників зерна проса.
- надати економічну оцінку ефективності удосконалених технологічних елементів вирощування проса в умовах ПП «Тальне-Агрохім» Звенигородського району Черкаської області.

Наукова новизна. Вперше для умов ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» Звенигородського району Черкаської 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. Перспективи використання проса в умовах глобальних кліматичних змін та порушення традиційного аграрного циклу

У сучасній аграрній науці просу часто не надають належної уваги через обмежений потенціал урожайності [1, 2]. Однак ця культура має значний потенціал для адаптації рослинництва до кліматичних змін, особливо в посушливих регіонах, а також за умов порушення циклу аграрного виробництва [3].

Хоча світовий попит на просо є відносно стабільним, він залишається невеликим – близько 300–350 тис. т, що становить лише 0,14 % світового імпорту зернових культур. Найбільшими споживачами проса є Індонезія (понад 20 %), Німеччина, Бельгія, ОАЕ та Нігерія (по 5–7 %). Важливо зазначити, що, за даними FAOstat, близько 65 % проса використовується для харчування, а 27 % – на корм [4].

У 2020 році Україна стала найбільшим світовим експортером проса, випередивши США, Індію та Російську Федерацію, обсяги пропозиції яких знизилися. Проте всередині країни споживання проса традиційно є низьким – 0,8 кг на душу населення, при середньому світовому рівні 3 кг на рік. Хоча для України просо є важливою круп’яною культурою, світовий досвід свідчить про його універсальність і високу пластичність до зовнішніх умов, що дозволяє вирощувати його в різних кліматичних зонах. Сучасна геоботаніка вважає Китай батьківщиною проса, де його культивували з 2700 року до н.е. [5].

Останні дослідження показують, що просо використовувалося для сільськогосподарських потреб в арідних районах Китаю ще 10 тис. років тому [6, 7]. Археологічні знахідки на території України свідчать про вирощування

проса вже з III ст. до н. е. [8]. У V–VII ст. воно стало одним із найважливіших злаків у слов'ян, завдяки своїм біологічним особливостям і сприятливим умовам вирощування [9].

Рід проса (Panicum L.) налічує близько 400 видів трав'янистих рослин, багато з яких мають господарське значення [10]. У сільському господарстві України переважно використовується просо звичайне (Panicum miliaceum L.), проте також ведуться наукові дослідження і господарське використання інших видів для харчових, кормових, технічних і декоративних цілей [11, 12, 13].

Науковці звертають увагу на екологічні переваги проса, яке ефективно зменшує кількість CO_2 в атмосфері. На відміну від озимої пшениці, чутливої до підвищення температур, та рису, що спричиняє викиди метану, просо є більш екологічно безпечним. Воно також важливе для багатьох бідних країн арідної зони, де через посушливість і низьку родючість ґрунтів неможливо вирощувати інші продовольчі культури. Основними виробниками проса є Індія, Нігер та Китай, на які припадає 55 % світового виробництва [14, 15].

Завдяки довготривалому впливу умов вирощування та напрямків використання проса, у культурі сформувався великий внутрішньовидовий поліморфізм за фізіологічними, біохімічними властивостями та морфобіологічними ознаками [16]. Це є основою сучасної селекції та високого потенціалу цієї культури в адаптивних системах землеробства. Просо має короткий період вегетації, стійкість до хвороб, високу окупність води та витривалість до посухи, що дозволяє успішно вирощувати його у помірних, субтропічних і тропічних районах переважно для харчових і кормових цілей. У деяких країнах Північної півкулі просо є базовим продуктом харчування місцевого населення [17].

Широкий діапазон термінів сівби та періоду вирощування, високий коефіцієнт розмноження, здатність проростати при високих температурах та обмеженій вологості ґрунту, а також ефективне використання короткочасних і невеликих опадів забезпечують великі перспективи просовидних і соргових культур в умовах глобального потепління, посушливості клімату та порушення традиційного виробничого циклу рослинництва через військові дії. Мінімальна

температура для проростання проса становить 8–10 °С, а оптимальні умови для його росту та розвитку, а також формування зерна – це середня температура 26–29 °С. Завдяки короткому фенологічному циклу, що триває 60–100 діб, у певних регіонах, таких як Індія, існують сприятливі умови для отримання другого і навіть третього врожаю [18].

У Центральній Азії середньостиглі сорти проса показують хороший потенціал для вирощування після пшениці, суттєво сприяючи забезпеченню кормів у Киргизстані та Таджикистані [19].

У теперішніх непередбачуваних виробничих умовах просо надає можливість коригувати існуючі сівозміни, а за умов зрошення – гарантувати отримання другого врожаю, наприклад сої чи гречки. Протягом першого місяця від сходів просо потребує невеликої кількості вологи та не є чутливим до водного стресу, проте в період цвітіння та формування зерна (30–55 діб) потреби у воді суттєво зростають [20, 21].

Ця культура поєднує у собі такі унікальні властивості, як посухостійкість, низький транспіраційний коефіцієнт, можливість за короткий вегетаційний період сформувати високий врожай зерна та соломи, високу поживність та стійкість до хвороб, що робить її об’єктом важливих наукових досліджень [22]. З точки зору ресурсної ощадності та екологічності, просо може бути використане практично безвідходно. Побічні продукти при переробці зерна успішно використовуються як добавка до кормів для птахів і великої рогатої худоби, що робить просо універсальною культурою. Жуйні тварини та птахи добре адаптовані до споживання такого корму [23, 24].

Окрім виготовлення крупи, просо знаходить застосування у випіканні хліба та кондитерському виробництві. Борошно з проса використовується для покращення технологічних властивостей інших зернових культур і виготовлення продуктів для прихильників здорового харчування [25, 26]. Просо також є сировиною для виробництва солоду, технічної олії, біологічно активних речовин та продуктів для мікробіологічної промисловості [27, 28].

Завдяки здатності до інтенсивного кущіння і збільшення розмірів волоті, просо має великий потенціал для отримання високих врожаїв зерна [29]. В

Україні селекцію проса проводять 8 наукових установ, які створили 33 сорти, внесені до Державного реєстру. Серед них Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, який зареєстрував 12 сортів, та ННЦ «Інститут землеробства» НААН з 8 сортами [30]. Всі сорти є продуктами вітчизняної селекції, проте лише один з них, Новокиївське 01, призначений для зернового виробництва [31].

Сучасні селекційні методи, включаючи гібридизацію, хімічний мутагенез і ретельний підбір батьківських компонентів, дозволяють поєднувати в одному генотипі ознаки високої продуктивності, стійкості до шкідників, пластичності та високих технологічних характеристик зерна [32]. Національна колекція проса містить зразки з цінними господарськими і морфологічними властивостями, включаючи показники плівчастості, виходу крупи, крупності зерна, яскравості ядра та вмісту білка [33, 34].

Актуальними селекційними завданнями є створення сортів проса з поліпшеними властивостями крохмалю, низькою плівчастістю, підвищеним вмістом каротиноїдів, високою склоподібністю та вмістом білка для різних галузей виробництва [35–37].

Наявність сортів проса з різними якісними і технологічними властивостями зерна та крупи надає сучасному виробництву важливі переваги, забезпечуючи промисловість високоякісною сировиною для харчової, кормової та технічної продукції [28, 36].

Біологічні особливості проса дозволяють використовувати його для коригування зернового балансу, польових та зрошуваних сівозмін, порушених внаслідок екстремальних погодних умов і військових дій. Вирощування проса дозволяє отримувати повноцінну зернову продукцію і швидко відновлювати традиційну систему аграрного виробництва. Наукові дослідження мають бути спрямовані на розробку ресурсоощадних адаптивних технологій і підвищення продуктивності сівозміни.

1.2. Вплив мінерального живлення на ріст, розвиток та врожайність проса

Під час вегетації просо потребує різної кількості поживних речовин. До фази кущіння культура споживає мінімальну їх кількість, причому найбільше азоту, за яким ідуть калій і фосфор у спадному порядку [38]. У період стеблування, викидання волоті та цвітіння рослина потребує найбільшої кількості поживних речовин, окрім фосфору, споживання якого максимальне під час наливу зерна. Найвища врожайність проса досягається при внесенні добрив під попередні культури сівозміни. Винос азоту, фосфору і калію з ґрунту просом залежить від умов живлення та рівня врожайності.

У короткострокових дослідах винос поживних речовин з ґрунту становив: азоту 70,83 кг/га, фосфору 27,36 кг/га, калію 103,31 кг/га; у стаціонарних дослідах — азоту 39,15 кг/га, фосфору 19,22 кг/га, калію 52,49 кг/га. Азот є вирішальним фактором формування врожаю та основою добрив, оскільки він входить до складу білків, нуклеопротеїдів, хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів [39]. Нуклеїнові кислоти, які містять азот, відіграють ключову роль в обміні речовин у рослинах, несучи спадкову інформацію та беручи участь у життєво важливих процесах [40].

Азотне живлення суттєво впливає на ріст та розвиток рослин; його нестача найбільше відбивається на розвитку листя, вмісті хлорофілу, інтенсивності фотосинтезу, а також на формуванні та розвитку репродуктивних органів і наливі зерна. Вміст азоту в ґрунті залежить від кількості органічної речовини: чим більше гумусу, тим більше азоту. При нестачі азоту утворюються фітоценози з низькою оптичною щільністю, які неефективно поглинають світло, а їх фотосинтетична активність знижується [41].

Недостатнє азотне живлення у фазі трубкування — викидання волоті негативно позначається на рості проса: утворюються тонкі, слабо гілковані стебла, листя передчасно жовтіє, що уповільнює розвиток репродуктивних органів і дозрівання зерна [42]. Під час наливу зерна потреба проса в азоті

знижується. Надлишок азоту на цьому етапі сприяє розвитку вегетативної маси, що гальмує формування генеративних органів і затримує дозрівання зерна. У початковий період розвитку просо особливо чутливе до нестачі фосфору, який використовується на 58,7 % під час розростання вегетативної маси та формування волоті. Найбільше фосфору засвоюється під час формування зерна, коли накопичується білок, до складу якого входить фосфор. Отже, фосфорне живлення є необхідним протягом усього розвитку культури [43].

Між дозами фосфорних добрив та вмістом доступного фосфору у ґрунті існує пряма залежність. Фосфорні добрива, внесені разом із азотними, підвищують концентрацію доступного фосфору у ґрунті [44]. За відсутності добрив розподіл фосфору по фазах вегетації є майже рівномірним, з незначними коливаннями в межах 1–2 кг/га.

Калій є одним із найважливіших елементів живлення рослин. Винос калію з урожаєм завжди більший, ніж фосфору, а часто і азоту. Калій сприяє підвищенню продуктивності культур, покращенню якості продукції, посиленню дії інших засобів хімізації, зменшенню надходження радіонуклідів у рослини. При калійному дефіциті зростання рослин уповільнюється, краї листя жовтіють, буріють і відмирають. Старі листові пластини стають куполоподібними та хвилястими. При належному калійному живленні просо легше переносить короткочасні посухи завдяки здатності утримувати воду [45].

Калій сприяє збільшенню розмірів волоті, кількості зерен і підвищенню врожайності. В умовах степу найкращий результат був досягнутий при внесенні калійних добрив у дозі 50 кг/га, що забезпечило 1025 зерен на волоті, масу зерна 8,28 г і формування великої кількості гілочок другого порядку — 86,81 штук. Збільшення дози до 65 кг/га сприяло лише зростанню лінійних елементів архітектоніки та розгалуженню волоті без збільшення кількості та маси зерен. Добриво в дозі К30 на фоні N30 сприяло формуванню добре розгалуженої волоті проса з кількістю 987 зерен і їхньою масою 7,43 г, що на 2,27 % більше, ніж у контрольній групі [46].

Внесення органічних (гній) і органо-мінеральних (солома + азот) добрив незначно підвищує врожайність проса. Надбавка врожаю при використанні соломи та азотних добрив була нижчою, ніж при застосуванні мінеральних добрив, але на 1,48 і 2,15 ц/га вищою, ніж при післядії 50 і 34 т гною відповідно. Найбільш економічно вигідним виявилося використання соломи у комплексі з мінеральними добривами на схилових чорноземах. Все більшої актуальності набуває застосування екологічно безпечних мікробіологічних препаратів, одержаних шляхом симбіотичної або асоціативної азотфіксації, що дозволяє зменшити собівартість продукції і водночас збільшити врожайність, зберігаючи родючість ґрунту і навколишнє середовище [47].

Закордонні дослідження показують ефективність бактеріальних препаратів з асоціативними мікроорганізмами, таких як Азоризон3 та Азоризон5 [48]. Найбільш результативним був препарат зі штамом азотфіксуючих мікроорганізмів Азоризон6, який підвищував врожайність проса в середньому на 13,37 % за 2019-2021 рр. Менший вплив на врожайність мали бактерії штаму Азоризон [49].

Азот, фосфор і калій суттєво змінюють анатомічну будову листка: збільшується палісадна паренхіма, що підвищує фотосинтетичну активність рослини. Таким чином, просо потребує великих запасів доступних поживних речовин у ґрунті. Застосування добрив покращує структуру та щільність фітоценозів, активність фотосинтетичного апарату, що зумовлює підвищення фотосинтетичної продуктивності та врожайності культури [50–53].

Аналіз літературних джерел показав, що дослідження застосування мінеральних добрив на посівах проса є актуальними, враховуючи недостатнє вивчення цієї теми та її важливе народногосподарське значення.

РОЗДІЛ 2
ОБ’ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Агрономічна характеристика та особливості вирощування сорту проса Веселка

Сорт проса Веселка є відносно новим, його внесено до Державного реєстру сортів рослин України у 2018 році (Свідоцтво № 180302 від 17.01.2018). Цей сорт має значний потенціал врожайності, який сягає 5,0–5,5 т/га, що робить його одним із перспективних для вирощування на зерно. Вихід крупи становить 79–81 %, що також підкреслює його високу ефективність як круп'яної культури.

Особливої уваги заслуговує унікальне двокомпонентне забарвлення зернівки сорту Веселка – червоне з кремовим бочком, що робить його вирізняльним серед інших сортів. Ботанічна різновидність цього сорту – *victoriae*, що є відмінною рисою від інших відомих різновидів проса.

Сорт Веселка належить до середньоранніх за тривалістю вегетаційного періоду, який складає 73–87 днів. Рослини цього сорту досягають середньої висоти – від 105 до 120 см, мають стислі, помірно похилі волоті, які добре обнасінюються. Зернівка велика, маса 1000 зерен становить понад 9 г, що забезпечує високу врожайність і якість продукції. Плівчастість зерна складає 16,95 %, а вирівняність зерна – понад 90 %, що є важливими показниками для переробки та споживання.

Крім того, сорт Веселка стійкий до ураження І групою рас сажки та меланозом, що значно знижує ризики втрати врожаю через хвороби та шкідників. Завдяки таким характеристикам сорт придатний для вирощування не лише на крупу, але й на кормові цілі, що розширює його агротехнічне використання.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2023–2024 рр. у приватному підприємстві «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» Звенигородського району Черкаської області.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем реградований. Чорнозем реградований Черкаської області є одним із типових ґрунтів цього регіону, що утворюється під впливом як природних, так і антропогенних факторів. Чорноземи реградовані характеризуються поступовим погіршенням властивостей, яке зумовлене зменшенням вмісту гумусу, структурної стабільності, а також порушенням водного та повітряного режимів. Це ґрунти, які часто використовуються для інтенсивного сільського господарства, що впливає на їх деградацію.

Чорноземи реградовані Черкаської області характеризуються поступовою втратою родючості, що відбивається на структурі ґрунту, його водному режимі та вмісті гумусу. Це потребує обережного агротехнічного підходу для збереження і покращення ґрунтових властивостей, таких як правильне внесення органічних і мінеральних добрив, боротьба з ерозією та ущільненням, що є ключовим для підтримання родючості цих ґрунтів.

Фізико-хімічні властивості реградованих ґрунтів, на відміну від опідзолених, чітко відображають процеси, що в них відбуваються. За показниками обмінної кислотності ці ґрунти є нейтральними (pH_{KCl} = 6,2-6,4 у реградованому чорноземі). Вони мають незначну гідролітичну кислотність: 1,8–2,1 мг-екв на 100 г ґрунту в темно-сірому ґрунті і 0,8–1,5 мг-екв на 100 г ґрунту в реградованому чорноземі. Ці ґрунти характеризуються високим вмістом ввібраних катіонів, серед яких переважає обмінний кальцій. Вміст

кальцію є високим у темно-сірих реградованих ґрунтах (18–20 мг-екв на 100 г ґрунту) та дуже високим у реградованих чорноземах (21–28 мг-екв на 100 г ґрунту). Вміст обмінного магнію значно нижчий, становить 2,4–3,2 мг-екв на 100 г ґрунту у темно-сірих реградованих ґрунтах та 4,0–4,8 мг-екв на 100 г ґрунту у реградованих чорноземах. Ступінь насиченості основами у цих ґрунтах високий – понад 90 % і зростає з глибиною.

Загалом, фізико-хімічні властивості реградованих ґрунтів є кращими, ніж у їхніх опідзолених аналогів, і наближають їх до властивостей типових чорноземів. Отже, ці ґрунти цілком придатні для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема проса.

3.2. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Для характеристики метеорологічних умов вегетаційного періоду проса під час проведення досліджень були використані дані з метеорологічної станції, що знаходиться в місті Звенигородка.

Погодні умови за вегетаційний період проса у 2023 році були доволі складними та змінними, що вплинуло на розвиток культури (табл. 1).

Весна 2023 року була прохолодною, з недостатньою кількістю опадів. У квітні середньодобові температури коливалися від 8,3 до 15,6°C, що було на кілька градусів нижче за багаторічні середні значення. Дефіцит опадів на початку весни, зокрема в травні, призвів до недостатньої вологості ґрунту, що створювало певні труднощі для початкового розвитку проса.

Літні місяці характеризувалися високими температурами, особливо в липні, коли вони досягали 30°C і вище. Однак, незважаючи на спекотну погоду, кількість опадів залишалася нерівномірною: червень був сухим, що спричинило додаткове напруження для рослин, тоді як у липні спостерігалися зливи, які частково полегшили ситуацію.

Загалом, умови для вирощування проса в Тальнівському районі у 2023 році були складними через нестачу вологи на початку вегетаційного періоду та сильну спеку влітку, що негативно позначилося на врожайності культури.

Таблиця 1

Погодні умови під час проведення досліджень (за даними метеостанції Звенигородка)

Рік	За рік	Місяць											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кількість опадів, мм													
Середньобагаторічна	575	38	35	36	38	60	72	68	51	55	40	40	42
2023	268,8	8,6	31,3	38,0	95,6	8,2	15,6	115,1	17,3	6,3	61,6	53,2	6,5
2024		27,2	12,3	85,5	52,1	39,8	54,7	16,5	17,7	11,1	92,5		
Температура повітря, °С													
Середньобагаторічна	8,8	-3,7	-2,7	2,2	9,7	15,5	19,2	21,1	20,5	14,9	8,5	2,5	-2,1
2023	10,8	-0,2	-0,5	5,0	9,0	15,8	20,1	21,4	23,2	18,9	12,1	4,5	0,8
2024		-2	3,6	4,2	13,2	15,8	21,5	24,6	23,2	20	11,3	3,8	
Відносна вологість повітря, %													
Середньобагаторічна	75	84	84	80	66	63	65	66	66	72	80	85	87
2023	77	87	84	75	69	67	70	67	67	74	81	85	88
2024		85	85	76	68	65	72	69	69	73	80	84	

Метеорологічні умови вегетаційного періоду 2024 року були малосприятливими для вирощування проса. Упродовж цього періоду випало лише 111 мм опадів, що становить 60 % від середньої багаторічної норми. Перехід середньодобових температур через 10 °С відбувся у другій декаді квітня, після чого було проведено посів проса. Завдяки дощовій погоді в квітні, вологозабезпеченість ґрунту була достатньою для проростання насіння, і сходи проса з'явилися на 15–20 день після сівби. Інтенсивні дощі в квітні та напочатку травня, на тлі підвищених температур, сприяли активному розвитку культури.

Проте в червні агрометеорологічні умови погіршилися через дефіцит ефективних опадів. У першій і другій декадах червня вологозабезпеченість була задовільною, але в третій декаді на полях спостерігалася ґрунтова засуха. Це збіглося з фазою викидання волоті, яка є критично важливою для проса.

У першій декаді липня пройшли інтенсивні дощі, проте вони носили зливовий характер, і через високі температури волога швидко випаровувалася. Подальше підвищення температури (до 39 °С в окремі дні) та відсутність ефективних опадів прискорили достигання проса. Збиральна стиглість настала в кінці другої декади липня, що на два тижні раніше від звичайних термінів.

Незважаючи на те, що у 2024 році початкові умови були сприятливішими завдяки достатній вологості ґрунту на етапі сходів, обидва роки досліджень характеризувалися несприятливими погодними умовами в ключові періоди розвитку проса. Головні фактори, що негативно вплинули на вирощування: недостатня кількість опадів у критичні фази розвитку (червень), високі температури влітку, що призвели до стресу для рослин і прискореного достигання. Ці обставини свідчать про необхідність застосування агротехнічних заходів для збереження вологи в ґрунті (наприклад, мульчування чи оптимізація сівозміни) та вибору більш посухостійких сортів проса.

3.3. Схема досліду

У рамках дослідницької програми був закладений один польовий експеримент, метою якого було вивчення впливу мінеральних добрив на урожайність і якість проса.

Схема дослід:

1. Без добрив (контроль)
2. $N_{30}P_{30}$ до сівби
3. $N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби
4. $N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби
5. $N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби
6. $N_{60}P_{60}K_{30}$ до сівби
7. $N_{10}P_{30}$ під час сівби
8. $N_{30}P_{30}$ під час сівби
9. $N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби

Ділянка для досліду мала площу 20 м² (4 м х 5 м), а повторність експерименту становила 3-кратне повторення. У дослідженні використовували такі добрива: амофос ($К_{12}$, $Р_{52}$), калій хлористий ($К_{60}$), аміачну селітру ($N_{34.4}$) та азофоску.

3.4. Технологія обробітку ґрунту та посіву проса

Технологія обробітку ґрунту для вирощування проса на дослідному полі базувалася на загальноприйнятих агротехнічних прийомах, характерних для регіону. Основний обробіток ґрунту здійснювався щорічно у оптимальні терміни, з 24 серпня до 18 вересня. Лущення стерні проводилося за допомогою агрегату BELARUS-1221.2 у поєднанні з бороною БДВ-3,0×4,0 на глибину 8-10 см. Оранка виконувалася плугом ПЛН-5,0-35,0 на глибину 22–25 см, що забезпечувало необхідну структуру ґрунту для подальших операцій.

Навесні, після настання фізичної стиглості ґрунту, здійснювали закриття вологи важкими зубовими боронами БЗТС-1,00. Це сприяло збереженню вологи в ґрунті та забезпечувало кращі умови для проростання насіння.

Упродовж двох років досліджень попередником проса була озима пшениця.

Посів проса проводився у оптимальні терміни, що припадали на третю декаду травня, за допомогою сівалки СНП-16,0 рядовим способом після попередньої культивації. Норма висіву становила 3,22 млн схожих насінин на 1 га, з глибиною закладення насіння 5,00-6,00 см. Після посіву ділянки прикочували кільчасто-шпоровими котками ЗККШ-6,0А, що сприяло кращому контакту насіння з ґрунтом і забезпечувало рівномірне проростання.

Збирання врожаю проводилося методом прямого комбайнування після досягнення повної стиглості проса. Облік врожаю здійснювався з облікової площі ділянки. Урожайність соломи розраховували з урахуванням співвідношення врожайності зерна до незернової частини врожаю, яке визначалося за результатами снопового аналізу.

3.5. Методика проведення досліджень

1. Відбір проб ґрунту

Для визначення вмісту поживних речовин у ґрунті та їх динаміки протягом вегетаційного періоду проса, проводився систематичний відбір проб ґрунту в ключові фази розвитку рослин:

- **Періоди відбору проб:** Посів, кущіння, стеблування, викидання волоті, дозрівання зерна.
- **Глибини відбору:** Проби відбирали з трьох шарів ґрунту – 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см.
- **Методика відбору проб:** Відбір проводився відповідно до стандарту **ГОСТ 28168-89**. Зразки ґрунту змішувалися та гомогенізувалися для отримання середньої проби, що представляє певну ділянку.

2. Відбір проб рослин

Для оцінки біометричних показників та вивчення впливу добрив на ріст та розвиток рослин проса, проводився відбір проб рослин протягом всього вегетаційного періоду:

- **Площа відбору:** Проби рослин відбиралися з ділянок площею 0,25 м².
- **Періоди відбору:** Відбір проводили у ті самі фази, що й відбір ґрунту, включаючи кущіння, стеблування, викидання волоті та дозрівання.
- **Показники:** Вимірювали висоту рослин, кількість стебел, довжину волоті, масу рослин та інших важливих агрономічних показників.

3. Облік урожаю

Облік урожаю проса проводився для визначення загальної продуктивності та аналізу структури врожаю:

- **Методика збору урожаю:** Відбір снопів здійснювався з площі 1 м² у шестиразовій повторності для кожного варіанту досліду.
- **Процес:** Після відбору снопів, проводили їх обмолот для визначення врожайності зерна.
- **Аналіз структури врожаю:** Одночасно з обліком врожаю здійснювали аналіз структури врожаю, зокрема визначення співвідношення зерна до соломи, маси 1000 зерен та відбір зразків для подальших хімічних аналізів.

4. Лабораторні методи та стандарти досліджень

Польові дослідження доповнювалися лабораторними аналізами, виконаними відповідно до національних стандартів:

- **Визначення вмісту поживних речовин у ґрунті:** Вміст нітратного азоту визначали за **ГОСТ 26951-86**, а рухомий фосфор і калій – за методом Мачигіна відповідно до **ГОСТ 26205-91**.
- **Загальні вимоги до проведення лабораторних аналізів:** Дослідження проводилися відповідно до **ГОСТ 29269-91**.
- **Визначення маси 1000 зерен:** Вимірювання проводили згідно зі стандартом **ГОСТ 18842-89**.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Поживний режим ґрунту у посівах проса

Для досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур і підтримання родючості ґрунту важливо забезпечити рослини необхідними елементами живлення. Дослідження [54] показують, що існує прямий зв'язок між кількістю внесених добрив, вмістом поживних речовин у ґрунті та врожайністю. Також вважається [55], що накопичення в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору і калію зменшує негативний вплив погодних умов та стабілізує врожаї. У чорноземній зоні внесення добрив підвищує врожайність на 40–50 % [56]. Проте тривалі дослідження показують, що хоча підвищення врожайності є значним, високі витрати вимагають оптимізації мінерального живлення та економічної оцінки залежно від сорту та інших елементів технології.

Незважаючи на високий загальний запас азоту в чорноземах, який може досягати 15 т/га, забезпеченість рослин азотом визначається не стільки валовим вмістом, скільки доступністю засвоюваних мінеральних сполук. Лише близько 1 % азоту знаходиться в легкодоступних для рослин формах ($NO3^-$ і обмінний NH4+) [32]. Використання ґрунтів у сільському господарстві зменшує загальний вміст азоту. Для підтримання бездефіцитного балансу азоту недостатньо лише мінеральних добрив; важливим є збагачення ґрунту органічними сполуками, які під час мінералізації забезпечують доступний азот для рослин.

У літературі існують різні погляди щодо азотного живлення проса. Зокрема, М. І. Драган [57] стверджує, що одноразове внесення помірних доз аміачної селітри (60–90 кг/га д.р.) не забезпечує достатнього азотного живлення рослин упродовж усього онтогенезу. Водночас високі дози азотних добрив (150–180 кг/га д.р.) можуть призвести до нагромадження нітратів у вегетативній масі та небілкових форм азоту в зерні. Інші дослідники [58]

підкреслюють, що добрива є ключовим і найефективнішим засобом підвищення врожайності та якості зерна проса. Важливо враховувати біологічні особливості сорту, вміст поживних речовин у ґрунті, попередники, а також мету використання зерна для оптимізації норм і співвідношень добрив.

Поповнення запасів фосфору в ґрунті можливе лише за допомогою внесення добрив. Використання фосфорних добрив сприяє підвищенню вмісту рухомих фосфатів у ґрунті, збільшує їх рухливість та доступність для рослин [193]. Чорноземи України здебільшого мають середній рівень забезпеченості фосфором.

Що стосується калію, потенційна родючість чорноземів визначається високим вмістом обмінного калію, зумовленим значними запасами цього елементу в ґрунтоутворюючих породах, представлених переважно лесовидними суглинками [159]. Хімічні сполуки калію в ґрунті характеризуються низькою рухливістю, і діюча речовина калійних добрив зазвичай залишається локалізованою в зоні внесення. Розподіл калію по ґрунтовому профілю часто залежить від інтенсивності та глибини механічного обробітку.

Мінеральні добрива сприяють збільшенню вмісту рухомих форм азоту, фосфору та калію в орному шарі ґрунту, що дозволяє підвищити природну родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур. Система удобрення виконує важливу функцію регулювання балансу речовин в агроекосистемах, впливаючи як на окремі показники, так і на загальний рівень родючості ґрунту [61].

Ми досліджували ефективність мінеральних добрив при внесенні у дозах: $N_{40}P_{30}$ і $N_{90}P_{30}$. Як контрольний варіант використовувався варіант без внесення добрив. Для дослідження застосовували аміачну селітру та подвійний гранульований суперфосфат.

У процесі онтогенезу рослини для формування врожаю використовують певну кількість поживних речовин, основне джерело яких – внесення добрив, що визначає поживний режим ґрунту. Дослідження динаміки вмісту легкогідролізованого азоту в посівах проса залежно від застосованих

технологічних прийомів вирощування вказує на інтенсивність споживання цього елементу та ілюструє взаємозв'язок між рослиною та ґрунтом.

Наші дослідження підтверджують, що внесення добрив значно покращує забезпеченість рослин проса азотом у порівнянні з контрольним варіантом (без добрив) (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0-60 см за фазами росту проса, кг/га

№ п/п	Варіант досліду	Термін відбору зразків			
		сівба	кущення	викидання волоті	збирання
2023 рік					
1	Контроль	91,3	75,1	60,0	40,2
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	107,5	83,2	63,7	41,0
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	110,6	83,3	64,2	41,1
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	124,3	109,7	67,3	42,3
7	$N_{10}P_{30}$ під час сівби	–	75,3	58,0	39,2
8	$N_{30}P_{30}$ під час сівби	–	82,3	65,1	41,6
2024 рік					
1	Контроль	58,0	51,6	36,4	25,2
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	86,1	58,7	39,3	28,0
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	89,2	59,5	39,1	27,5
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	100,2	64,2	50,2	38,2
7	$N_{10}P_{30}$ під час сівби	–	52,1	36,1	24,6
8	$N_{30}P_{30}$ під час сівби	–	58,3	40,2	27,1
2023–2024 рр.					
1	Контроль	74,7	63,4	48,2	32,7
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	96,8	71,0	51,5	34,5
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	105,9	71,4	51,7	34,3
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	112,2	87,0	58,8	40,3
7	$N_{10}P_{30}$ під час сівби	–	63,7	47,1	31,9
8	$N_{30}P_{30}$ під час сівби	–	70,3	52,7	34,4

Результати аналітичних досліджень виявили суттєву різницю у вмісті

легкогідролізованого азоту в ґрунті на різних варіантах досліду.

До фази викидання волоті спостерігалося зменшення вмісту нітратного азоту в ґрунті. Темпи цього процесу змінювалися в різні роки, проте на ділянках з внесенням добрив вони були значно вищими, особливо при дозі азоту 60 кг/га. Найбільше зниження зафіксовано у 2023 році на варіанті з внесенням $N_{60}P_{30}K_{30}$, де воно становило 57 кг/га, що, ймовірно, пов'язано з інтенсивним споживанням поживних речовин для формування вегетативної маси проса.

У 2023 році високі темпи зменшення нітратного азоту зберігалися, тоді як у 2024 році вони знизилися. Це можна пояснити значними відмінностями у вологості ґрунту в різні роки, а також різним споживанням азоту рослинами в період від викидання волоті до збирання врожаю.

У 2023 році вологість ґрунту в шарі 0–60 см залишалася високою, що сприяло активному наростанню вегетативної маси та поглинанню нітратного азоту з ґрунту. У 2024 році, до фази цвітіння, у ґрунті ще зберігалася певна кількість вологи, що підтримувало поглинання азоту, проте до збирання запас продуктивної вологи в шарі 0–40 см майже вичерпався, і поглинання поживних речовин припинилося.

У 2023 році на всіх варіантах досліду кількість нітратного азоту в ґрунті була майже однаковою. На ділянці з дозою азоту 10 кг/га, внесеного під час сівби, спостерігалася слабка тенденція до зниження вмісту $N\text{-}NO_3$ порівняно з контролем. Зниження кількості нітратного азоту в ґрунті від сівби до збирання на варіанті з дозою N_{30} досягало 61–70 кг/га, а на варіанті з дозою N_{60} – понад 80 кг/га. Це зменшення було зумовлено не лише поглинанням рослинами, а й процесами денітрифікації.

Загальні закономірності динаміки змін вмісту $N\text{-}NO_3$ у ґрунті упродовж вегетації проса та впливу мінеральних добрив зберігалися і в середньому за 2023–2024 роки. Зменшення вмісту нітратного азоту у ґрунті відбувалося інтенсивніше до фази викидання волоті, а потім темпи цього процесу знижувалися, хоча у вологі роки це не завжди спостерігалося.

На момент сівби проса вміст нітратного азоту в шарі 0–60 см на

варіантах з дозою N_{30} кг/га збільшився на 22,2 кг/га порівняно з контролем, а на варіанті з дозою N_{60} – на 35,5 кг/га. До збирання максимальна різниця між контролем і удобреними варіантами становила лише 6,9 кг/га.

Вміст рухомого фосфору у ґрунті дослідних ділянок у шарі 0–20 см упродовж років досліджень коливався в межах 16,2–23,2 мг/кг, що відповідає середній забезпеченості чорнозему реградованого фосфором. У шарі 20–40 см цей показник був трохи нижчим, але різниця була незначною (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст рухомого фосфору по фазам росту проса, мг/кг

№ п/п	Варіант досліду	Шар грунту, см	Термін відбору зразків			
			сівба	кущення	викидання волоті	збирання
2023 рік						
1	Контроль	0–20	23,2	22,5	21,4	19,5
		20–40	20,6	20,0	19,6	18,7
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	0–20	28,0	26,5	25,3	23,0
		20–40	21,6	21,3	20,4	20,0
9	$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	0–20	–	26,6	25,0	23,1
		20–40	–	20,2	19,4	19,0
5	$N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби	0–20	30,1	28,4	26,8	25,0
		20–40	22,2	22,1	21,2	20,7
2024 рік						
1	Контроль	0–20	16,6	16,2	16,0	15,2
		20–40	16,2	16,1	15,9	15,3
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	0–20	20,1	19,5	19,0	18,1
		20–40	16,7	16,6	16,1	15,6
9	$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	0–20	–	19,8	19,1	18,0
		20–40	–	16,1	15,9	15,2
5	$N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби	0–20	23,7	23,2	23,0	21,4
		20–40	17,3	17,1	16,8	16,0

Продовження таблиці 3

2023–2024 рр.

1	Контроль	0–20	19,9	19,4	18,7	17,4
		20–40	18,4	18,1	17,8	17,0
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	0–20	24,1	23,0	22,2	20,6
		20–40	19,2	19,0	18,3	17,8
9	$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	0–20	–	23,2	22,1	20,6
		20–40	–	18,2	17,7	17,1
5	$N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби	0–20	26,9	25,8	24,9	23,2
		20–40	19,8	19,6	19,0	18,4

Внесення фосфорних добрив восени сприяло підвищенню його вмісту у ґрунті. При дозі фосфору 30 кг/га, вміст фосфору підвищувався до 20,1–28,0 мг/кг, а при дозі 60 кг/га – до 23,7–30,1 мг/кг.

Найвищий рівень рухомого фосфору спостерігався у 2023 році. На варіантах з добривами він досягав значень, які наближалися або перевищували зону між середньою та підвищеною забезпеченістю фосфором (30 мг/кг). Також було відзначено деяке збільшення фосфору у шарі 20–40 см, де його вміст коливався від 0,3 до 1,1 мг/кг на варіантах із дозою P_{30}, і від 1,0 до 1,6 мг/кг на варіантах із дозою P_{60}. Це, ймовірно, було наслідком не тільки розміщенням аммофосу, але й невеликою міграцією фосфору у ґрунтовому профілі.

Упродовж вегетації у роки досліджень спостерігалося рівномірне зниження вмісту рухомого фосфору у ґрунті. До фази кущіння це зниження було мінімальним і становило 0,3–0,6 мг/кг у шарі 0–20 см і 0,1–0,5 мг/кг у шарі 20–40 см. На варіантах із добривами цей процес також був незначним, що свідчить про мале споживання фосфору до фази кущіння.

Вміст рухомого фосфору у ґрунті у шарі 0–20 см на варіантах із застосуванням добрив восени і при сівбі мало відрізнявся. У шарі 20–40 см на варіантах із припосівним внесенням добрив цей показник був дещо нижчим, ніж на варіантах із основним внесенням. До фази викидання волоті процес зниження вмісту фосфору продовжувався, особливо інтенсивно у 2023 році та на варіантах з добривами.

Максимальне зниження забезпеченості ґрунту фосфором відбулося у період від викидання волоті до збирання врожаю у 2023 році: на контролі в шарі 0–20 см на 1,5 мг/кг, а в шарі 20–40 см на 0,6 мг/кг. Це пов'язано з активним споживанням фосфору потужними рослинами проса цього року.

Загальне зниження вмісту рухомого фосфору в шарі 0–20 см становило у 2024 році 1,3 мг/кг, а у 2023 році – 3,6 мг/кг. Відповідне зниження у шарі 20–40 см також спостерігалося. На варіантах з добривами ці зміни були у 1,4–2 рази більшими, досягаючи 5,0–5,1 мг/кг у шарі 0–20 см у 2023 році.

Незважаючи на істотне зниження вмісту рухомого фосфору на варіантах з добривами, на момент збирання різниця порівняно з контролем залишалася значною. У шарі 0–20 см у 2024 році вона становила 2,6–2,7 мг/кг, а у 2023 році – 3,2 мг/кг. На варіанті з дозою фосфору 60 кг/га різниця досягала 5–6 мг/кг, що свідчить про незначну потребу у додатковому фосфорі при внесенні великих доз.

Загалом, упродовж вегетації проса спостерігалася чітка динаміка змін вмісту фосфору під впливом мінеральних добрив, що підтверджується середніми даними за два роки. Вміст рухомого фосфору в шарі 0–20 см на варіантах з дозою 30 кг/га збільшився до 24,1 мг/кг порівняно з контролем (19,9 мг/кг), а на варіантах з дозою P_{60} – до 26,9 мг/кг. Таким чином, для підвищення вмісту рухомого фосфору на 10 мг/кг на чорноземі реградованому потрібно приблизно 110 кг фосфорних добрив.

Вміст рухомого фосфору в шарі 20–40 см відповідно знижувався, але тенденція до підвищення цього показника з підвищенням дози фосфору з 30 до 60 кг/га простежувалася як у роки досліджень, так і загалом за два роки.

Вміст рухомого калію в ґрунті перед сівбою проса у шарі 0–20 см упродовж досліджуваних років коливався від 359 до 479 мг/кг, що відповідає підвищеній і навіть високій (у 2023 році) забезпеченості ґрунту калієм. У шарі 20–40 см цей показник змінювався від 331 до 444 мг/кг.

Застосування азотно-фосфорних добрив упродовж досліджень призвело до незначного збільшення вмісту рухомого калію у ґрунті – на 2–3 мг/кг, що можна пояснити підвищенням кількості водорозчинного калію у вигляді

калійної селітри та фосфатів калію, які утворюються в ґрунті під час внесення цих добрив. При внесенні повного добрива з 30 кг/га калію, збільшення вмісту рухомого калію у шарі 0–20 см було більш значним і становило 9–16 мг/кг, у шарі 20–40 см – 6–8 мг/кг (табл. 4).

Таблиця 4

Динаміка обмінного калію в ґрунті під просом, мг/кг ґрунту

№ п/п	Варіант досліду	Термін відбору зразків			
		сівба	кущення	викидання волоті	збирання
2023 рік					
1	Контроль	343	341	336	331
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	345	343	337	333
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	353	346	340	334
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	355	349	341	335
2024 рік					
1	Контроль	462	451	435	425
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	464	448	436	425
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	475	455	437	423
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	474	457	439	426
2023–2024 рр.					
1	Контроль	403	396	386	378
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	405	396	387	379
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	414	401	389	379
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	415	403	390	381

З урахуванням змін у всьому профілі ґрунту, аналіз динаміки рухомого калію проводився за шаром 0–40 см. У разі застосування азотно-фосфорних добрив, вміст рухомого калію у цьому шарі зростав на 2–3 мг/кг, що є дуже слабкою тенденцією. При внесенні 30 кг калію у складі добрива збільшення

становило 10–13 мг/кг ґрунту.

Підвищення дози азоту до 60 кг/га в окремі роки призводило до додаткового збільшення вмісту рухомого калію на 3–6 мг/кг, хоча ця тенденція була нестійкою.

Упродовж вегетації проса спостерігалося зменшення кількості рухомого калію у ґрунті. У період від сівби до кущіння на контролі та на варіанті із застосуванням азотно-фосфорних добрив це зменшення було незначним. Процес посилювався на етапі кущіння – викидання волоті, а потім знову слабшав у період від викидання волоті до збирання. На варіантах із застосуванням добрив, включаючи калійні, зменшення вмісту рухомого калію відбувалося більш інтенсивно у всі фази вегетації, і до моменту збирання вміст рухомого калію на контролі, на варіантах з азотно-фосфорними добривами та повним добривом у дозі 30 кг/га кожного елемента, став практично однаковим. Лише на варіанті з дозою азоту 60 кг/га залишалася невелика перевага порівняно з контролем.

Застосування азотно-фосфорних добрив викликало слабку тенденцію до збільшення вмісту калію лише на початку вегетації. Перевага варіантів з повним добривом у дозі 30 кг/га кожного елемента порівняно з контролем на момент сівби становила 11 мг/кг ґрунту, а до збирання скоротилася до 3 мг/кг. Невелика перевага варіанта з підвищеною дозою азоту до 60 кг/га на фоні фосфору та калію зберігалася лише до фази викидання волоті.

Аналіз даних про забезпеченість ґрунту рухомим калієм за усередненими даними за шаром 0–20, 20–40 і 0–40 см загалом за вегетацію показує, що застосування калію у складі добрива підтримує його на вищому рівні в орному та підорному шарах ґрунту. Збільшення дози азоту до 60 кг/га на фоні $P_{30}K_{30}$ також позитивно впливало на калійний режим ґрунту, підвищуючи вміст калію у водорозчинній формі та сприяючи переходу необмінного калію в обмінний.

4.2. Вплив удобрення на врожайність проса

Зміна клімату, деградація ґрунтових і природних ресурсів,

опустелювання, нестача води та часті посухи ставлять під загрозу продовольчу безпеку нашої країни. Однією з ключових проблем для кормовиробництва та рослинництва є глобальне потепління, яке спричиняє серйозні наслідки для агросектору. Це призводить до зростання посушливості через підвищення температури повітря, погіршення тепло- та вологозабезпечення рослин під час їх вегетації за сучасних строків сівби, зменшення обсягів снігу внаслідок підвищення зимових температур, а також до підвищення засоленості ґрунтів.

Рівень урожайності зерна проса значно варіювався через різні погодні умови, вміст продуктивної вологи в ґрунті та доступність елементів живлення в роки досліджень. На контрольному варіанті у 2024 році врожайність становила лише 0,83 т/га, тоді як у 2023 році вона зросла до 3,33 т/га, що демонструє різницю майже в 4 рази (табл. 5).

Таблиця 5

Врожайність зерна проса у 2023–2024 рр., т/га

№	Варіант досліду	2023 рік	2024 рік	Средня урожайність за 2023–2024 рр	Прибавка до контролю, за 2023–2024 рр.	
					т/га	%
1	Контроль	3,33	0,83	2,08	–	–
2	$N_{30}P_{30}$ до сівби	4,01	1,21	2,61	0,53	25,5
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	4,03	1,22	2,63	0,55	26,4
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	4,26	1,59	2,93	0,85	31,8
5	$N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби	4,12	1,23	2,68	0,60	20,1
6	$N_{60}P_{60}K_{30}$ до сівби	4,30	1,62	2,96	0,88	32,7
7	$N_{10}P_{30}$ під час сівби	3,73	0,92	2,33	0,25	8,1
8	$N_{30}P_{30}$ під час сівби	4,06	1,22	2,64	0,56	23,9
9	$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	4,06	1,24	2,65	0,57	21,4
$НІР_{0,95}$		*0,30*	*0,15*			

Найвищу врожайність у 2023 році показали варіанти з допосівним внесенням добрив: $N_{60}P_{60}K_{30}$ (4,30 т/га) і $N_{60}P_{30}K_{30}$ (4,26 т/га). Ці варіанти значно перевищили контрольний варіант (3,33 т/га), забезпечивши приріст на

0,97 т/га (32,7%) та 0,93 т/га (31,8%) відповідно.

Серед усіх варіантів з добривами найнижчу врожайність показав варіант з локальним припосівним внесенням $N_{10}P_{30}$ (3,73 т/га), що перевищило контроль лише на 0,40 т/га (8,1%).

У 2024 році, коли врожайність була загалом нижчою, найкращі результати знову показали варіанти з допосівним внесенням добрив: $N_{60}P_{60}K_{30}$ (1,62 т/га) і $N_{60}P_{30}K_{30}$ (1,59 т/га). Вони перевершили контрольний варіант (0,83 т/га) на 0,79 т/га (32,7%) та 0,76 т/га (31,8%) відповідно.

Найнижчу врожайність серед варіантів з добривами показав варіант з локальним припосівним внесенням $N_{10}P_{30}$ (0,92 т/га), що перевищило контроль на 0,09 т/га (8,1%).

За середніми показниками за два роки найвищу врожайність забезпечили варіанти з допосівним внесенням добрив: $N_{60}P_{60}K_{30}$ (2,96 т/га) і $N_{60}P_{30}K_{30}$ (2,93 т/га). Приріст до контролю склав 0,88 т/га (32,7%) та 0,85 т/га (31,8%) відповідно.

Найнижчу середню врожайність серед варіантів з добривами продемонстрував варіант із локальним припосівним внесенням $N_{10}P_{30}$ (2,33 т/га), що перевищило контроль на 0,25 т/га (8,1%).

Варіанти з допосівним внесенням добрив (під культивацію) показали стабільно високі результати, особливо у варіантах із високою дозою азоту ($N_{60}P_{60}K_{30}$ і $N_{60}P_{30}K_{30}$). Приріст врожайності відносно контролю на цих варіантах склав 31,8% – 32,7%.

Варіанти з локальним припосівним внесенням добрив показали нижчі результати порівняно з допосівними варіантами. Найкращі показники у цій групі продемонстрували варіанти $N_{30}P_{30}K_{30}$ (2,65 т/га) та $N_{30}P_{30}$ (2,64 т/га), які забезпечили приріст 21,4% та 23,9% відповідно. Однак, вони поступалися допосівним варіантам.

Допосівне внесення добрив під культивацію виявилося ефективнішим для підвищення врожайності, особливо у варіантах з високими дозами азоту та калію.

Локальне припосівне внесення добрив також сприяло підвищенню

врожайності, але результати були менш значними порівняно з допосівними варіантами.

Збільшення дози азоту до 60 кг/га у поєднанні з фосфором і калієм дало найкращі результати, як у 2023 році, так і в середньому за два роки, що підтверджує необхідність комплексного підходу до удобрення для максимізації врожайності.

4.3. Вплив добрив на якість зерна проса

Літературні дані підтверджують, що якість зерна проса, зокрема вміст білка, залежить від рівня агротехніки вирощування культури [19, 50, 59, 61]. Дослідження О.Г. Любчича показують, що внесення азоту на III, VII і IX етапах органогенезу рівномірно, у поєднанні з добривами ($P_{60}K_{60}$), сприяє підвищенню вмісту білка в зародку насінини. Вміст загального азоту і білка в зерні проса збільшувався із підвищенням дози азоту від 45 до 90 кг/га д.р.

Наші дослідження також підтверджують, що мінеральні добрива мають суттєвий вплив на вміст білка в зерні проса (табл. 6).

Білковість зерна проса у роки проведення досліджень відрізнялася незначно. На контролі вона була в межах 102–113 %.

Проте, в 2023 році було зафіксовано деяку перевагу за вмістом білка, що, ймовірно, пов’язано з більшою посушливістю вегетаційного періоду порівняно з попереднім роком. Усі види добрив позитивно впливали на вміст сирого білка в зерні проса.

Допосівне внесення повного добрива в дозі 30 кг/га кожного елемента живлення сприяло незначному, але стабільному покращенню якості зерна упродовж двох років досліджень, збільшуючи вміст білка в середньому на 0,4 %. Значно більший вплив на вміст сирого білка мало застосування добрив із вдвічі більшою дозою азоту, що підвищило білковість до 12,2%.

Таблиця 6

Вміст білка у зерні проса по роках досліджень, %

№	Варіант досліду	2023 рік	2024 рік	Вміст білка в середньому за 2023–2024 рр.
1	Контроль	11,1	10,2	10,7
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	11,5	10,4	11,0
4	$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	13,0	11,3	12,2
6	$N_{60}P_{60}K_{30}$ до сівби	12,9	11,3	12,1
7	$N_{10}P_{30}$ під час сівби	11,0	10,6	10,8
8	$N_{30}P_{30}$ під час сівби	11,5	11,4	11,5
9	$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	11,9	10,8	11,4
$НІР_{0,95}$		*0,36*	*0,45*	

Максимальний вміст білка (12,9–13,0 %) був зафіксований у 2023 році при внесенні великої дози азоту, що на 1,8–1,9 % більше порівняно з контролем. Збільшення дози фосфору з 30 до 60 кг/га не вплинуло на якість зерна в жоден рік досліджень.

Найменший вплив на вміст білка мало припосівне внесення добрив у дозі $N_{10}P_{30}$, що залишилося на рівні контролю, підтверджуючи важливість азоту для синтезу білка в рослинах.

При збільшенні дози азоту до 30 кг білковість зросла до 11,3 % і залишалася на цьому рівні навіть при внесенні повного добрива. Вміст сирого білка був дещо вищим при рядковому внесенні добрив, що пояснюється кращим їх засвоєнням рослинами.

Таким чином, білковість зерна на понад 60 % визначається забезпеченістю рослин азотом упродовж вегетації.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД ПРОСО

Просо є не лише цінною круп'яною культурою з великим народногосподарським значенням, але й достатньо економічно вигідною, особливо для господарств, що застосовують інтенсивні технології вирощування на великих площах, отримуючи стабільні врожаї якісного зерна. У багатьох господарствах просо дає високі врожаї, при цьому на його посів витрачається всього 25–30 кг/га насіння, що в 5–6 разів менше, ніж для інших зернових культур. Економічна ефективність вирощування проса значною мірою залежить від його посухостійкості та здатності забезпечувати високі врожаї за короткий вегетаційний період. При високих врожаях просо приносить господарствам значні доходи, особливо при вирощуванні цінних сортів.

Важливим чинником збільшення виробництва зерна проса, формування його ресурсів для переробки, а також задоволення потреб внутрішнього ринку й експортного потенціалу є підвищення його врожайності. Це досягається завдяки високій культурі землеробства та використанню комплексів машин для виконання відповідних технологічних операцій: підготовка і внесення добрив, основний та передпосівний обробіток ґрунту, сівба, комплексна боротьба з бур'янами, шкідниками і хворобами, а також комбайнове збирання врожаю [7, 62].

Однією з наших задач було визначити економічну ефективність агротехнічних прийомів при вирощуванні проса посівного. Основними критеріями ефективності були: виробничі витрати на 1 га посіву, собівартість 1 т зерна, чистий прибуток на 1 га, а також рівень рентабельності. Витрати на 1 га посіву та собівартість 1 т зерна обчислювалися на основі технологічних карт і методичних рекомендацій [63, 64], що діють у підприємствах лісостепової зони. Вартість продукції з 1 га визначалась за середньоринковими цінами

станом на 1 жовтня 2024 року. Чистий прибуток розраховувався як різниця між вартістю врожаю та виробничими витратами на його одержання.

Дані таблиці 7 ілюструють вплив різних варіантів внесення мінеральних добрив на основні економічні показники вирощування проса, такі як урожайність, витрати, собівартість продукції, умовно чистий дохід і рентабельність. Контрольний варіант, що не передбачав використання добрив, забезпечив урожайність 2,08 т/га із собівартістю 4351 грн/т. Рентабельність у цьому випадку становила 60,9 %, а умовно чистий дохід — 5510 грн/га.

Таблиця 7

Економічна ефективність мінеральних добрив на просі (2023–2024 рр.)

Варіант досліду	Урожайність з 1 га, т	Витрати, грн/га	Вартість продукції, грн/га	Собівартість 1 т, грн	Умовно-чистий дохід, грн/га	Рентабельність, %
Контроль	2,08	9050	14560	4351	5510	60,9
$N_{30}P_{30}$ до сівби	2,61	10190	18270	3904	8080	79,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби	2,63	10550	18410	4011	7860	74,5
$N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби	2,93	11150	20510	3805	9360	83,9
$N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби	2,68	11090	18760	2862	7670	69,1
$N_{60}P_{60}K_{30}$ до сівби	2,96	11690	20720	3051	9030	77,2
$N_{10}P_{30}$ під час сівби	2,33	9790	16310	2798	6520	66,6
$N_{30}P_{30}$ під час сівби	2,64	10190	18480	3140	8290	81,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$ під час сівби	2,65	10550	18550	3019	8000	75,8

Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}$ до сівби сприяло підвищенню урожайності до 2,61 т/га, зниженню собівартості до 3904 грн/т і зростанню рентабельності до 79,3 %. Умовно чистий дохід у цьому варіанті зріс до

8080 грн/га, що значно перевищує показники контрольного варіанту. Додавання калію у складі добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$ до сівби) забезпечило незначне збільшення урожайності до 2,63 т/га, але при цьому підвищило собівартість до 4011 грн/т, що призвело до зниження рентабельності до 74,5 % і умовно чистого доходу до 7860 грн/га.

Максимальної економічної ефективності досягнуто при використанні добрив у дозі $N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби. У цьому варіанті урожайність склала 2,93 т/га, собівартість знизилася до 3805 грн/т, рентабельність підвищилася до 83,9%, а умовно чистий дохід досяг 9360 грн/га. Застосування добрив під час сівби також показало високу ефективність. У варіанті N30P30 під час сівби урожайність становила 2,64 т/га, собівартість — 3140 грн/т, рентабельність — 81,3%, а умовно чистий дохід досяг 8290 грн/га. Цей спосіб виявився економічно доцільнішим порівняно з допосівним внесенням у тій самій дозі.

Збільшення дози фосфору ($N_{30}P_{60}K_{30}$ до сівби) дозволило досягти урожайності 2,68 т/га, але значне зростання витрат обмежило умовно чистий дохід до 7670 грн/га, навіть попри низьку собівартість продукції (2862 грн/т). Загалом, найвищий рівень рентабельності (83,9 %) і умовно чистого доходу (9360 грн/га) було досягнуто у варіанті $N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби. Найбільш економічно доцільним стало внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}$ під час сівби, що забезпечило оптимальний баланс між урожайністю, витратами та доходами. Дані таблиці підкреслюють важливість вибору оптимальних доз і способів внесення добрив для підвищення економічної ефективності вирощування проса.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив в умовах ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ»

ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» є агропідприємством, яке займається вирощуванням сільськогосподарських культур, включаючи використання мінеральних добрив для підвищення врожайності. Враховуючи специфіку підприємства та регіональні особливості, особлива увага повинна бути приділена охороні праці та моделюванню виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив.

Особливості охорони праці при внесенні мінеральних добрив у ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ»:

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Під час роботи з мінеральними добривами працівники використовують захисний одяг, рукавички, захисні окуляри та респіратори для запобігання контакту з хімічними речовинами та пилом. Регулярний інструктаж із використання ЗІЗ є обов’язковим.

Контроль за умовами праці: На підприємстві впроваджені системи моніторингу якості повітря у робочих зонах, де здійснюється внесення добрив. Також забезпечено відповідну вентиляцію та регулярний огляд техніки, щоб зменшити ризики механічних травм.

Навчання персоналу: Працівники проходять регулярне навчання з безпечного використання обладнання та добрив. Інструктажі щодо пожежної безпеки та дій у разі аварійної ситуації також є невід'ємною частиною охорони праці на підприємстві.

Попередження токсичної дії: Враховуючи, що мінеральні добрива можуть мати токсичний вплив, впроваджено регулярний медичний огляд

працівників, які задіяні у процесі внесення добрив, з метою раннього виявлення ознак отруєння або алергічних реакцій.

Моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив на ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» повинно враховувати специфіку роботи підприємства та особливості використовуваних технологій.

Механічні небезпеки: Оскільки підприємство використовує різноманітну техніку для внесення добрив, необхідно моделювати можливі ризики, пов’язані з її експлуатацією. Це включає оцінку стану обладнання, регулярні технічні огляди та навчання операторів.

Хімічні небезпеки: Внесення мінеральних добрив пов’язане з можливим контактом із небезпечними хімічними речовинами. Моделювання повинно включати оцінку ризиків утворення токсичних випарів і пилу, особливо в умовах підвищеної вологості або високих температур.

Пожежна безпека: На території підприємства слід передбачити зони безпечного зберігання добрив, особливо тих, що мають схильність до займання. Моделювання небезпек включає визначення ймовірності виникнення пожежі та розробку планів евакуації.

Ергономічні ризики: Моделювання також повинно враховувати ергономічні ризики, пов’язані з важкою фізичною працею або тривалим перебуванням у незручних позах під час внесення добрив. Це дозволить знизити ризик професійних захворювань.

Екологічні ризики: Необхідно оцінити вплив на навколишнє середовище, зокрема можливість забруднення ґрунтів і водних ресурсів у разі неправильного внесення добрив. Моделювання включає заходи щодо запобігання екологічним катастрофам.

Приклад моделі виробничих небезпек для ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ», що враховує небезпечні умови, дії, ситуації та можливі травми під час внесення мінеральних добрив:

$НУ_1$ – несправність або зношення техніки, використаної для внесення добрив;

$НУ_2$ – контакт працівників з мінеральними добривами, які можуть бути

токсичними або подразнювати шкіру та слизові оболонки;

$НД_1$– робота оператора з несправною або неоглянутою технікою;

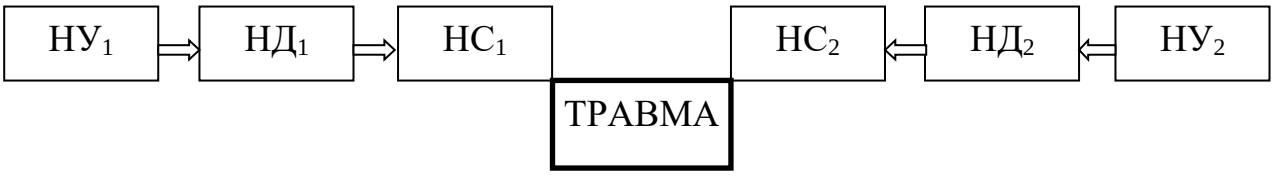
$НД_2$ – відсутність використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) під час роботи з добривами;

$НС_1$ – несподіване вимкнення обладнання і розрив шлангів;

$НС_2$ – в умовах високої вологості або температур утворення токсичних випарів і пилу;

Т – травмування оператора через затискання кінцівок у механізмах.

Графічне зображення моделі виробничих небезпек.



ПП «ТАЛЬНЕ-АГРОХІМ» повинно забезпечити високий рівень охорони праці та впровадити ефективне моделювання виробничих небезпек під час внесення мінеральних добрив. Це включає використання ЗІЗ, постійне навчання персоналу, моніторинг умов праці, а також розробку та впровадження комплексних заходів для зниження ризиків, пов’язаних з експлуатацією техніки, хімічними речовинами та впливом на довкілля.

6.2. Екологічно безпечні методи внесення добрив у сучасному агровиробництві

Збереження екології під час внесення добрив є важливим аспектом сучасного агровиробництва, оскільки неправильне застосування добрив може призвести до серйозних негативних наслідків для довкілля. Для забезпечення екологічної безпеки під час внесення добрив необхідно дотримуватися низки заходів і технологій, спрямованих на мінімізацію їхнього впливу на ґрунти, водні ресурси та біорізноманіття.

Для досягнення екологічної безпеки під час внесення добрив необхідне:

1. Раціональне дозування добрив. Одним із ключових принципів збереження екології є точне дозування мінеральних добрив відповідно до потреб культур. Надмірне внесення добрив може призвести до накопичення хімічних речовин у ґрунті та їх вимивання у водні ресурси. Для цього рекомендується проводити аналіз ґрунту перед внесенням добрив, щоб визначити його хімічний склад і необхідність додаткового підживлення.

2. Застосування органічних добрив. Використання органічних добрив, таких як компост або перегній, є більш екологічно безпечним, оскільки вони поступово розкладаються і забезпечують рослини поживними речовинами без ризику забруднення. Органічні добрива також покращують структуру ґрунту, сприяючи збереженню його родючості.

3. Точне землеробство. Сучасні технології точного землеробства дозволяють значно підвищити ефективність внесення добрив. Зокрема, за допомогою GPS-навігації та сенсорних систем можна точно визначати ділянки поля, які потребують підживлення, і вносити добрива саме там, де це необхідно, у потрібній кількості. Це дозволяє уникнути перевитрати добрив та знизити їх негативний вплив на довкілля.

4. Захист водних ресурсів. Один із найбільших ризиків під час внесення добрив – забруднення водних ресурсів через змивання їх з полів. Для зменшення цього ризику необхідно дотримуватися норм внесення добрив та уникати внесення під час сильних дощів або на схилах, де вода може швидко змивати добрива в річки або озера. Також слід створювати буферні зони між полями та водними об’єктами, де добрива не вносяться.

5. Зменшення використання пестицидів. Поєднання добрив із пестицидами може збільшити негативний вплив на екосистеми. Використання добрив із мінімальним вмістом пестицидів або зовсім без них допоможе зберегти біорізноманіття та запобігти отруєнню ґрунту і вод.

6. Освітня робота та інформування фермерів. Збереження екології також залежить від обізнаності та відповідального підходу фермерів до

внесення добрив. Регулярні тренінги, семінари та поширення інформації про екологічні практики в сільському господарстві допоможуть фермерам краще розуміти наслідки неправильного застосування добрив і використовувати їх раціональніше.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження підтверджують, що застосування мінеральних добрив суттєво покращує поживний режим ґрунту, забезпечуючи підвищення вмісту рухомих форм азоту, фосфору та калію, необхідних для формування врожаю проса. Внесення добрив, особливо у дозах $N_{60}P_{30}K_{30}$, сприяє інтенсивному споживанню азоту рослинами, збільшуючи їхню продуктивність, тоді як фосфор і калій, завдяки повільнішій міграції в ґрунтовому профілі, забезпечують тривале живлення. Поповнення запасів поживних речовин у ґрунті залежить від типу добрив і методу їх внесення, причому припосівне внесення демонструє більшу ефективність у збереженні ресурсів. Водночас зменшення вмісту поживних речовин у фазі активного розвитку рослин вказує на необхідність оптимізації доз і балансу між азотом, фосфором і калієм для забезпечення стабільної родючості ґрунту.

2. Дослідження впливу удобрення на врожайність проса підтвердили важливість використання мінеральних добрив для підвищення продуктивності культури за умов змінного клімату. Найвищу врожайність у 2023–2024 роках забезпечило допосівне внесення добрив у дозах $N_{60}P_{60}K_{30}$ і $N_{60}P_{30}K_{30}$, що сприяло приросту врожайності відносно контролю на 31,8–32,7 %. Локальне припосівне внесення також покращувало врожайність, але його ефективність була нижчою, особливо за мінімальних доз добрив. У роки досліджень збільшення дози азоту до 60 кг/га у поєднанні з фосфором і калієм виявилося найбільш результативним, підтверджуючи ефективність комплексного підходу до удобрення для стабілізації врожайності навіть за несприятливих погодних умов.

3. Дослідження підтвердили, що мінеральні добрива мають значний вплив на якість зерна проса, зокрема на вміст білка. Найвищі показники білковості (12,9–13,0 %) досягалися при внесенні високих доз азоту ($N_{60}P_{30}K_{30}$) у 2023 році, що перевищувало контроль на 1,8–1,9 %. Азот відігравав ключову роль у синтезі білка, тоді як збільшення дози фосфору до 60 кг/га не мало

істотного впливу на якість зерна. Найменший ефект на білковість демонструвало припосівне внесення добрив у дозі $N_{10}P_{30}$, показники якого майже не відрізнялися від контрольного варіанта. Отже, для підвищення вмісту білка у зерні проса необхідне оптимальне азотне живлення, яке слід поєднувати з іншими елементами живлення для забезпечення їх доступності протягом вегетації.

4. Економічна оцінка застосування мінеральних добрив під просо свідчить про значний вплив удобрення на підвищення урожайності, зниження собівартості та покращення рентабельності вирощування культури. Максимальні показники економічної ефективності досягнуто при внесенні добрив у дозі $N_{60}P_{30}K_{30}$ до сівби: урожайність склала 2,93 т/га, рентабельність – 83,9%, а умовно чистий дохід – 9360 грн/га. Внесення добрив під час сівби у дозі $N_{30}P_{30}$ показало найбільшу економічну доцільність завдяки збалансованим витратам і прибутковості.

Збільшення дози фосфору до 60 кг/га дозволило підвищити урожайність, але значне зростання витрат обмежило рентабельність. Таким чином, оптимальний вибір доз та способів внесення добрив є ключовим чинником для досягнення високої економічної ефективності у вирощуванні проса.

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_Yield_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. Nelson L.A. Influence of planting dates, seeding rates, and cultivars on grain yield and other agronomic traits of proso millet. J. Prod. Agr. № 3. 1990. P.184–189.

55. Hulse J.H., Laing E.M., and Pearson O.E. Sorghum and the millets. New York.: Academic Press, 1980. 226 p.

56. Шевель В.І., Шевель І.В., Андрійченко Л.В. Спека йому не страшна. The Ukrainian FARMER : партнер сучасного фермера. 2016. №6 (78). С. 68–69.

57. Драган М.І. Оптимізація азотного живлення проса. Вісн. Полтав. держ. с.-г. ін-ту . 2001. № 14. С. 77–79.

58. Довідник з гербології. [І.Д. Примак, М.П. Косолап, П.У. Ковбасюк та ін.] ; за ред. І.Д. Примака. К.: Кондор, 2006. 370 с.

59. Єгоров Д.К., Горбачова С.М., Константинов С.І. Успадкування деяких показників якості крупи та зерна у гібридів проса. Селекція і насінництво: міжвід. темат. наук. зб. Х., 1997. Вип. 81. С. 17–22.

60. Ludlow M. M., Ng T.T., Ford C. W. Recovery after water stress of leaf gas exchange in Panicum maximum var. Trichoglume / Ludlow M. M., Ng T.T., Ford C. W. Austral. J. Plant Physiol. 1980. V. 7. № 3. P. 299–313.

61. Любчич О.Г. Особливості формування продуктивності та якості зерна проса залежно від умов азотного живлення на сірих лісових ґрунтах: дис... канд. с.–г. наук: 06.01.09 / Любчич Олександр Григорович; Національний науковий центр "Інститут землеробства УААН". К., 2008. 234 с.

62. Маласай В.М., Стрихар А.Є. Просо в Україні. Насінництво. 2011. № 5. С. 7–10.

63. Філіна Г.І. Управління витратами та цінами : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К. : ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. 240 с.

64. Літвінов Ю.І., Останкова Л.А., Підгорна О.В. Ціноутворення в умовах ринку: навч. посіб. К. : Центр учбової літератури, 2010. 400 с.

ДОДАТКИ