МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту

«____» _____ 2023 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВПЛИВ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЧЕВИЦІ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 28 м-а
спеціальності 201 Агрономія
Сергій ЮРЧИК

Керівники: Григорій ГОСПОДАРЕНКО,
д. с.-г. н., професор
Ліна МУСІЄНКО, доктор філософії

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП..... 3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЧЕВИЦІ (огляд літератури)..... 4
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Антоніна) 12
РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ..... 13
3.1. Характеристика ґрунту під дослідом…… 13
3.2. Погодні умови……. 14
3.3. Схема досліду та розміщення варіантів…… 15
3.4. Технологія вирощування сочевиці 15
3.5. Програма і методика проведення дослідження..... 16
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ……. 17
4.1 Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами ……..... 17
4.2 Формування азотфіксувального апарату…….. 18
4.3 Динаміка наростання листкового апарату сочевиці…… 20
4.4. Урожайність і якість насіння сочевиці…….. 22
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ…….. 25
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.... 27
6.1. Моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив на посівах сочевиці та організація умов і заходів з охорони праці 27
6.2. Охорона довкілля при застосуванні мінеральних добрив..... 29
ВИСНОВКИ..... 31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 32

ВСТУП

Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи. Сочевиця сміливо можна вважати перспективною сільськогосподарською культурою для України. Її важливість вирощування зумовлюється не лише харчовою цінністю для людини, а й тим, що як і всі зернобобові вона поліпшує ґрунтові умови. Завдяки створенню оптимальних умов мінерального живлення можлива повна реалізація її біологічного потенціалу врожайності. Важлива роль, поряд із удобренням, для підвищення її продуктивності належить застосуванню біологічних препаратів азотфіксувальних бактерій.

Наукова новизна зумовлена недостатнім вивченням поєднань системи удобрення сочевиці з передпосівною інокуляцією насіння за вирощування сочевиці в умовах Правобережного Лісостепу.

Практична цінність. Написати з рекомендацій2. Недостатньо вивченим в умовах Лісостепу західного залишається використання на посівах зернобобових культур нових мікродобрив, зокрема одержаних за допомогою нанотехнологій, біопрепаратів удобрювальної та захисної дії для передпосівної обробки насіння, місцевих органо-мінеральних добрив.

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень було обговорено на студентському науковому гуртку (кафедри агрохімії і ґрунтознавства) Уманського НУС, опубліковано у збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченій 100-річчю І. М. Карасюка.

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЧЕВИЦІ
(огляд літератури)

Визначено середню інтенсивність засвоєння основних макроелементів на формування 1 т насіння сочевиці– 60 кг/га азоту, 20 кг/га фосфору та 25 кг/га калію [25]. Потрібна також значна частина CaO – близько 23–28 та MgO – 18–22 [57]. Однак, відомим фактом є те, що при дефіциті вологи у ґрунті знижується винесення фосфору та азоту рослинами сочевиці [59].

У дослідженнях [9] встановлено, що близько 2/3 необхідного азоту сочевиця може засвоїти з атмосфери завдяки симбіотичній азотфіксації. Потреба сочевиці в азоті найбільш властива періоду від початку сходів до стеблування, це можна пояснити відсутністю сформованого симбіотичного симбіозу. У наступні фенлогічні фази потреба в азоті знижується, але за умови ефективного функціонування симбіотичного апарату на фоні відповідних метеорологічних умов періоду вегетації [40, 58]. Критичним періодом у живленні азотом зернобобовими культурами є формування та налив насіння. У випадку слабкої симбіотичної фіксації азоту чи її відсутності, покращити азотне живлення рослин можна шляхом позакореневих підживлень [1, 53].

Сочевиця добре реагує на внесення азотних добрив у передпосівний обробіток, це стимулює інтенсивність початкового росту, а також прискорює формування симбіотичного апарату. Але варто враховувати, що важливо внесення невисоких доз азоту, адже надмірні його дози погіршують симбіотичну діяльність сочевиці [6, 24].

Існує думка, що внесення фосфорних і калійних добрив майже не впливає на врожайність зернобобових культур за умов недостатнього зволоження, це можна пов'язати з негативним впливом цього чинника на процеси біологічної фіксації азоту бактеріями [19, 56].

Сочевиця потребує збалансованого фосфорного живлення. За умов достатнього фосфорного живлення поліпшується формування симбіотичного апарату рослин. Також він покращує стресостійкість культури. На ґрунтах з достатнім забезпеченням рухомими фосформами зазвичай вносять 30–60 кг/га діючої речовини P_2O_5 під основний обробіток, або ж безпосередньо перед посівом але максимальна доза внесення – 20 кг/га [43].

Критичним для фосфорного живлення є період початок вегетації до стеблування, також міжфазний період – цвітіння-формування бобів. Нестача цього елемента в ці періоди призводить до зниження врожаю сочевиці [22]. Внесення мінеральних фосфорних добрив саме у критичні періоди для сочевиці підвищує стресостійкість та урожайність сочевиці [54].

Також сочевиця позитивно реагує на збалансоване калійне живлення. Сумарне внесення K_2O при сівбі також не повинно перевищувати 20 кг/га. Дози внесення калію під основний обробіток в межах 30–60 кг/га [51].

На періоди цвітіння та утворення бобів припадає максимальне поглинання рослинами сочевиці калію. Нестача калію у ці періоди спричиняє абортації квіток та невиповненості бобів сочевиці [8]. Для підвищення, як урожайності насіння сочевиці, так і його якості , на ґрунтах із низьким вмістом калію обов’язковим є застосування мінеральних його форм [19, 26, 7].

Ряд проведених досліджень [45] із вивчення впливу різних доз мінеральних добрив на врожайність сочевиці. За їх підсумками встановлено, що внесення повного мінерального добрива (NPK) забезпечило формування найвищих показників структури насіннєвої продуктивності у сочевиці, а приріст врожаю коливався в межах 0,23–0,39 т/га.

На заплановану врожайність 2 т/га, залежно від типу ґрунту, в середньому вносять до 30 кг/га азоту, 27–40 кг/га фосфору, 30–50 кг/га калію, а також 5 кг/га сірки [31]. Подібні висновки зроблені в інших дослідженнях [5, 23] де відмічено, що за умови високої родючості ґрунтів та добре удобрених попередників, при вирощуванні сочевиці добрива можна не вносити, і навпаки, на бідних ґрунтах,

особливо після неудобрених попередників доцільно застосовувати $P_{30-60}K_{30-60}$. При цьому зазначається, що застосування азоту менш ефективне ніж забезпечення оптимальних умов формування і функціонування симбіотичного апарату [28].

Попередні дані підтверджено і в інших дослідженнях [46, 47] відповідно до яких за внесення $P_{30}K_{30}$ і передпосівної інокуляції складаються оптимальні умови для фотосинтетичної діяльності сочевиці. За таких умов накопичення сухої біомаси становило 1,18 т/га або 17 % відносно контролю.

Подібні дослідження проведені в умовах вирощування на чорноземах сухого Степу, які показали, що найкращі умови росту й розвитку сочевиці були за фонового внесення $P_{30}K_{30}$ і передпосівної обробки насіння ризоторфіном і молібденом [59].

У сівозмінах за низького рівня удобрення попередників сочевиці, рекомендується вносити фосфорні і калійні добрива дозою 50–60 та 40–50 кг/га діючої речовини (при чому перша половина – восени, інша – навесні під передпосівний обробіток) [3].

За інтенсивних технологій вирощування сочевиці в Україні рекомендується вносити фосфорні й калійні добрива у дозі 30–60 кг/га діючої речовини. На малоудобрених полях, також потрібно вносити азотні добрива в дозі 30 кг/га діючої речовини. Доцільним також є внесення фосфорних добрив в дозі $P_{10–15}$ в рядки при сівбі. За прохолодної весни та повільних темпу росту сочевиці можна застосовувати азотне позакореневе підживлення дозою $N_{10–15}$ [20, 30].

Внесення органічних добрив на посівах сочевиці доцільне лише за умови застосування під попередник. Це підтверджено дослідами Миронівської селекційної станції (Київської області), де у досліді добрива вносили під озиму пшеницю і буряки – передпопередник та попередник сочевиці. За 9 років досліджень від органо-мінеральної системи удобрення отримано приріст урожаю сочевиці 1,4–2,6 ц/га, а за внесення лише мінеральних добрив – 0,6–1,6 ц/га, найбільший приріст, на рівні 2,6 ц/га, отримано при внесенні під буряки цукрові

27 т/га гною. Внесення 20 т/га гною під озиму пшеницю забезпечував приріст 1,9 ц/га [42].

Встановлено [39, 49], що для нормального проходження вегетації рослин сочевиці, а також ефективної фіксації атмосферного азоту оптимальною є слабокисла або нейтральна реакція ґрунтового розчину. Це пояснюється тим, що підвищена кислотність грунтового розчину є менш придатна для формування симбіотичного апарату рослин сочевиці та функціонування бульбочкових бактерій. Для усунення негативної дії кислих ґрунтів рекомендується проводити вапнування, з урахуванням його проведення за 1–2 роки до посіву сочевиці.

Інокуляція це важливий елемент управління, як рівнем урожайності насіння сочевиці, так і формування його якісних показників. Встановлено істотний вплив інокуляції на якість насіння сочевиці. Так, порівняно з контролем (без інокуляції) інокуляція насіння підвищила вміст білка в насінні сочевиці на 2,7 %, у варіанті інокуляція + $P_{46}K_{28,5}$+B_1 – на 3,9 %, а інокуляція + $P_{46}K_{28,5}$+$Mo_{0,5}$ – на 4,3 %. За цих же умов [48]. Аналогічні результати отримано ще в одних дослідженнях [50] де застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню збору білка на 0,48–0,99 ц/га, інокуляція – на 0,40–1,07 ц/га, а сумісне застосування ($P_{60}K_{40}$ + ризоторфін) – на 0,78–1,36 ц/га [50].

Передпосівна інокуляція насіння сочевиці *Rhizobium leguminosarum* може компенсувати до 80 % її потреб в азоті. Можлива інокуляція насіння сочевиці, як одним, так і комплексом штамів бактерій, за умови дотримання всіх правил для збереження життєздатності штаму [17, 52, 60]. В стресових умовах спостерігається дещо вища ефективність гранульованих інокулянтів, наступні по ефективності порошкоподібні та рідкі [52]. Дослідження, проведені в умовах західної Канади показали, що інокуляція бобових забезпечує приріст урожайності на 30–50 %, тому з цих причин, прогресивні виробники сочевиці, завжди проводять передпосівну інокуляцію насіння [44, 32].

Встановлена позитивна роль вирощування сочевиці на мікробіологічну активність ґрунту. При цьому максимальні значення мікробіологічної діяльності

(збільшення від 171 до 287 %), а також накопичення азоту в ґрунті, було за системи вирощування сочевиці у ланці сівозміни «сочевиця – пшениця», а найменші показники – «горох – пшениця» [41]. Також відзначається, що після вирощування сочевиці, на 1 га поля, з післяжнивними рештками повертається така кількість поживних речовин, яка еквівалентна 10 т перегною [41].

Вказується, що за порядком зростання негативного ефекту внесення мінерального азоту на симбіотичний апарат зернобобових культур, їх можна розмістити у наступній послідовності: сочевиця, горох, нут, боби (11–15%) – соя, квасоля (20–21%) – вика, люпин (26–30%). Внесення стартової дози мінерального азоту ($N_{30–60}$) часто формує такий же урожай, як і без їх внесення, тому сочевицю доцільно вирощувати на фоні внесення азоту, що не перевищує дозу 30 кг/га діючої речовини. За вирощування сочевиці на тлі комплексного внесення азоту, фосфору, калію й застосування передпосівної інокуляції насіння дозволяє підвищити в 1,5 рази врожай насіння і на 20–50% – окупність добрив [38].

Залежно від погодних умов і варіантів технології, повне формування бульбочок на рослинах сочевиці відбувається на 2–4 тиждень після сівби. За подовження цього періоду рослини сочевиці можуть відчувати дефіцит азоту і на рослинах сочевиці можна спостерігати ознаки пожовтіння.

Тому практикується внесення стартових доз азоту (у рядки при сівбі) у дозі 10–15 кг/га, або ж позакореневе підживлення мікродобривами, до складу яких також входить азот. Передпосівне внесення високих доз азоту не корелює позитивно із рівнем отриманої кінцевої урожайності сочевиці [11].

Також рослини сочевиці інтенсивно поглинають сірку, тому для компенсації її винесення з ґрунту рекомендується її внесення на рівні 7–11 кг/га. Її дефіцит можна компенсувати внесенням мінерального азоту у вигляді сульфату амонію [28].

Також вважається, що одна з головних ролей мінерального живлення сочевиці та формуванні її симбіотичного потенціалу відведена кальцію. Низький вміст кальцію в ґрунтах лімітує утворення бульбочок на кореневій

системі сочевиці, тому виникає потреба у вапнуванні. Доза вапна визначається з огляду на грунтово-кліматичні умови, його внесення рекомендується під попередник.

Не менш важливими для росту й розвитку рослин сочевиці є потреба в мікроелементах, встановлюється вона індивідуально, залежно від результатів агрохімічного аналізу ґрунтів [42].

Позитивним також є комплексне застосування кількох мікродобрив за вирощування сочевиці [29]. Так відмічається [29], що найкращі результати за більшістю показників отримано у варіантах комплексного поєднання мікродобрива Реаком-СР-Бобові та регулятора росту Стимпо: кількість стебел 2–3 порядку – 8,2 шт. (+32,3 % приріст до контролю), бобів – 35,4 шт. (+43,3 %), бобів із насінням – 27,4 шт. (+43,5 %), насінин в одному бобові в кількості 1 шт. – 25,1 шт. (+50,3 %) та кількості насінин з однієї рослини – 31,4 шт. (+46,0 %).

Відмічено, що на інтенсивність утворення бульбочок у сочевиці позитивно впливає застосування обробки насіння 0,05 %-м розчином борної кислоти, 1,0 %-м розчином молібденовокислого амонію та ризоторфіном – по 0,2 кг препарату на гектарну норму насіння [28]. За таких умов бульбочкові бактерії на коренях рослин сочевиці з’являються на 6–7 добу після сходів, впродовж тижня у бульбочках утворюється леггемоглобін. Максимум кількості бульбочок зазвичай відмічається у фазу цвітіння–початку формування бобів [4].

Обробка насіння такими мікроелементами, як Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, B прискорює ріст сочевиці, збільшує кількість і масу бульбочок, сприяє розвитку кореневої системи, покращує процеси формування бобів, підвищує вміст білка в насінні на 0,77–1,57 %. Однак, найбільший ефект має прийом обробки насіння препаратами на основі молібдену [19, 36].

Ще одними дослідженнями встановлено, що для отримання високого врожаю насіння, високої якості доцільним є обробка насіння ризоторфіном (600 г/ га) та фонове удобрення $Р_{30-60}К_{40}$ з урахуванням вмісту поживних речовин в ґрунті [52].

Дослідженнями встановлено [48], що максимальний урожай насіння сочевиці (1,44 т/га) отриманий у варіанті сумісного застосування $P_{46}K_{28,5}$ + $B_1Mo_{0,5}$ на фоні інокуляції із приростом до контролю 0,65 т/га. Інокуляції забезпечує приріст урожаю насіння до контролю – 0,27–0,45 т/га (34,1%). Внесення $P_{46}K_{28,5}$ з молібденом і бором на тлі інокуляції забезпечило приріст урожаю насіння на рівні 0,39–0,43 т/га.

Дослідження [15], в яких вирощування сочевиці відбувалося без використання мінеральних добрив, але з інокуляцією в середньому за роки досліджень забезпечувало продуктивність сорту Красноградська 49 (стандарт) на рівні 1,07 т/га, Світлиця – 0,97 т/га, Лінза – 1,02 т/га, Луганчанка – 0,94 т/га. Також відмічається, що дози азоту 30 кг/га були ефективнішими ніж дози на рівні 60 кг/га, а підвищення до 90 кг/га зумовило зниження урожайності всіх сортів у досліді. Так, у сорту Красноградська 49 при застосуванні N_{30} і N_{60} на тлі $P_{60}K_{60}$ урожайність насіння становила відповідно 2,01 і 1,83 т/га, що на 0,74–0,56 т/га більше порівняно з контролем (без добрив). Застосування $N_{90}P_{60}K_{60}$ призводило зниження врожайності до 1,62 т/га, а її приросту до контролю – на 0,35 т/га.

Сочевиця позитивно реагує на застосування позакореневих підживлень. Так встановлено, що підживлення сочевиці мікродобривом (Альфа Гроу) забезпечило приріст кількості штук бобів на рослині на 9,3 %, а насінин на 10,0 %, а в результаті застосування інокуляції додатковий приріст показників склав 3,8 та 14,7 % відповідно. При цьому, інокуляція насіння і підживлення рослин мікродобривом забезпечили збільшення кількості бобів на рослині на 12,3 %, а кількості насінин – на 10,4 %. Варіант із застосуванням інокуляції і підживленням мікродобривами на тлі внесення $N_{15-30}P_{30-45}K_{40-45}$ забезпечував найвищий показник урожайності. Також, за цих умов інокуляція насіння сприяла підвищенню показника маси 1000 насінин на 2,3 %, а позакореневе підживлення на 2,5 %, а у варіанті поєднання застосування інокуляції і підживлення – на 3,6 %. У варіанті комплексного на тлі удобрення, застосування інокуляції та позакореневого підживлення було отримано максимальний врожай зерна сочевиці – 1,53 т/га, при цьому, приріст

урожайності насіння сочевиці від інокуляції становив – 22,1 %, за підживлення рослин мікродобривом – 23,1 %, а за їх поєднання – 33,7 %. Поєднання удобрення та інокуляції забезпечувало приріст урожаю на рівні 53,7 %, удобрення і підживлення – 47,4–52,6 %, а удобрення, інокуляції та позакореневого підживлення – 58,9–61,0 %. Подібні результати отримано і в інших аналогічних дослідженнях [34, 35].

Найкращим строком внесення добрив за вирощування сочевиці вважається осіннє їх внесення під основний обробіток ґрунту але також допустимий варіант їх внесення навесні – під передпосівну культивацію [37]. За цих же умов гарантією дружних та повноцінних сходів сочевиці є передпосівна обробка насіння макро- та мікроелементами [16]. Додатково наголошується, що обробка насіння мікроелементами повинна проводитись з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури та застосованих агрозаходів її вирощування. Так наприклад, у дослідах [22], з додаванням в живильне середовище 0,001% розчину молібдату амонію процес фіксації атмосферного азоту у азотобактера збільшується на 600–700% відносно контролю, найефективнішим мікроелементом при цьому є молібден при концентрації 1,0%. Результатом було отримання вмісту білка на контролі – 27,81 %, а при обробці Mo – 28,44 %.

У підсумку наголошується також на важливості і необхідності застосування мікродобрив за вирощування сучасних високоінтенсивних сортів сочевиці незалежно від технологічних варіантів та комбінацій. Без їх застосування урожайність насіння сочевиці знижується щонайменше на 25 % у порівнянні з варіантами із застосуванням даного технологічного підходу [18, 33].

РОЗДІЛ 2.
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Антоніна)

Створені селекціонерами сорти та гібриди сільськогосподарських культур мають потенціал продуктивності, який ще не реалізований у виробництві. Їх межа продуктивності не тільки не досягнута, а навіть і не встановлена. Вона підвищується поряд із селекційним поліпшення сортів і оптимізацією умов вирощування. Однак у виробничих умовах, рівень продуктивності реалізується не в повному обсязі. Головна причина недоборів врожаю це невідповідність сорту, технології та економічним ресурсам, і навпаки: невідповідність технології, біологічним особливостям сорту й економічним ресурсам.

Дослідження проводили з сортом сочевиці Антоніна, оригінатор якого є Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України. Рекомендований для вирощування в Степовій і Лісостеповій зонах.

Сорт сочевиці Антоніна має такі показники господарської придатності: висота рослини становить 55 см, висота кріплення нижнього бобу – 16 см, тривалість періоду вегетації – 73 доби. Урожайність насіння – 2,1 т/га, маса 1000 насінин – 55,8 г. Вміст білка – 23,4 %. Стійкість бобів до розтріскування – 6 бала. Дружність достигання – 8 бала. Стійкість рослин до вилягання та сухостійкість – 7 бала. Стійкість проти ураження аскохітозом – 6 бала, фузаріозом і бактеріальним в'яненням – 7. Стійкість проти попелиці – 6 бала.

Морфологічні ідентифікаційні ознаки сорту Антоніна: забарвлення сім'ядолей зеленувато-жовте; габітус рослини напівпрямий. Під час цвітіння рослини середньої висоти мають помірну інтенсивність галуження. Листки помірного зеленого забарвлення, еліптичні, розмір листочків середній. На вузлах утворюється по дві квітки середнього розміру, забарвлення біле. Біб за шириною та довжиною (без дзьобика) – середній з 1–2-ма насінинами. Суха насінина широка, профіль у поздовжньому розрізі – еліптичний, основне забарвлення шкірки – зеленувато-жовте.

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Розумне регулювання хімічного складу ґрунту може підвищувати родючість ґрунту, і навпаки, невміле використання мінеральних добрив, неправильнаа обробка ґрунту – може змінитии хімічний склад ґрунту в негативну сторону і стати причиною спустошення родючих земель.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. За своїми властивостями він займає проміжне місце між темно-сірим опідзоленим ґрунтом і чорноземом типовим [27]. Тому, одержані в польових дослідах дані можуть бути поширені і на ці підтипи ґрунтів.

За результатами агрохімічного аналізу ґрунту перед закладанням досліду отримано такі значення: вміст гумусу – низький (3,85 %), реакція ґрунтового середовища – слабокисла (pH_{kcl} 5,9), вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький (109 мг/кг), вміст рухомих сполук фосфору – високий (101 мг/кг), вміст калію – підвищений (128 мг/кг) (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні характеристика чорнозему опідзоленого

Показник		Глибина відбирання зразка, см	
		0–20	20–40
pH_{kcl}		5,8	6,1
Вміст гумусу, %		3,87	3,66
Гідролітична кислотність, смоль/кг		2,7	1,9
Сума ввібраних основ, смоль/кг		28,7	28,1
Ступінь насиченості основами, %		91,4	93,7
Вміст рухомих сполук, мг/кг	N	119	116
	P_2O_5	107	96
	K_2O	127	101

3.2. Погодні умови

Погодні умови не завжди сприяють отриманню високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур. Умови вегетаційного періоду сміливо можна віднести до лімітуючого чинника отримання високих і якісних врожаїв.

Клімат регіону досліджень за тепловим режимом помірно-середньо-континентальний. Сума активних температур в межах 2400 ºС на півночі та 3200 ºС на півдні Правобережної Лісостепової провінції, гідротермічний коефіцієнт – 1,1–1,2. Період з середньодобовою температурою в регіоні вище (+5) ºС триває до 230 діб, понад (+10)ºС залежно від року – 140–160 діб.

Припинення біологічної вегетації внаслідок стійкого переходу середньодобової температури нижче (+5) °С зазвичай наступає 6 листопада, весняне відновлення вегетації із стійким переходом середньодобової температури вище (+5) °С – 29 березня.

Кліматичні умови Уманського району сприятливі для отримання високих врожаї сочевиці. 2023-й рік був особливо сприятливим для отримання врожаїв через помірне, вологе літо. Значні опади весною забезпечили дружні сходи, а дощі в липні забезпечили налив зерна.

Таблиця 2

Погодні умови на час проведення досліджень

(дані метеостанції Умань)

Показник	Місяці								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Кількість опадів, мм									
Середня багаторічна	38	34	36	41	52	81	68	49	61
2023 р.	6,0	20,5	27,2	129,6	42,4	15,8	92,5	12,4	4,2
Температура повітря, ºС									
Середня багаторічна	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1	14,5
2023 р.	0,2	-0,2	5,1	8,8	15,4	19,6	21,3	22,9	18,4

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Дослід було проведено на дослідних ділянках кафедри агрохімії і ґрунтознавства. Схема досліду включала 5 варіантів:

1. Без добрив (контроль);
2. $P_{30}K_{40}$;
3. $N_{60}K_{40}$;
4. $N_{60}P_{30}$;
5. $N_{60}P_{30}K_{40}$.

Також досліджувався вплив інокуляції (варіанти 6–10 – це варіанти 1–5 з передпосівною інокуляцією).

Розміщення варіантів – послідовне, повторність – триразова. Загальна площа дослідної ділянки 70 м^2, облікова – 25 м^2. Використовувалися такі мінеральні добрива: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні і калійні добрива вносилися під оранку ґрунту, азотні – навесні, під передпосівну культивацію.

Варіанти розміщені систематичним методом:

I повторність					II повторність					III повторність				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

3.4. Технологія вирощування сочевиці

Після збирання попередника – пшениця яра, проводили лущення стерні на глибину 6–8 см. Під оранку вносили фосфорні та калійні добрива у вигляді суперфосфату гранульованого і калію хлористого, відповідно до варіантів досліду. Глибина оранки становила 25–26 см. На весні, під ранньовесняне боронування, вносили аміачну селітру.

За 1–2 години до сівби, насіння для варіантів досліду 6–10 обробляли

інокулянтом – Ризостим Бобові (нормою 1,8 л/т насіння). Норма висіву кількісна – 2,5 млн/га, міжряддя – 15 см, глибина сівби до 6 см. Після сівби проводили коткування поля кільчаст-шпоровими котками.

За настання повної стиглості проводили збір урожаю – способом прямого комбайнування.

3. 5. Програма і методика проведення досліджень

Відбір зразків насіння для аналізів проводили методом пробного снопа, збирання основного врожаю проводили прямим комбайнуванням [10].

Перед закладанням дослідів проводили відбір проб для агрохімічного дослідження ґрунту згідно ДСТУ 4287:2004 і визначалися такі показники: pH інструментальним методом згідно ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення pH; вміст гумусу згідно з ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини; гідролітичну кислотність за ДСТУ 7537:2014 Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності; вміст легкогідролізованого азоту за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда); рухомі сполуки фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова (ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і обмінного калію).

Під час вегетації сочевиці виконувалися обліки і спостереження: площу листкової поверхні – за методом висічок [14]; кількість і масу бульбочок на рослині – згідно методики, описаної В. В. Волкогоном та ін. [2]; облік урожаю зерна проводили методом суцільного збирання [14].

У рослинних зразках визначали: вміст сухої речовини термостатно-гравіметричним методом [13]; показники якості (вміст білка, жиру, клітковини) методом інфрачервоної спектроскопії [12]; масу 1000 насінин – за ДСТУ ISO 520:2015 Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен.

Оптимальні дози добрив та доцільність застосування мікробного препарату визначали за показниками економічної ефективності з урахуванням витрат за цінами у IV кварталі 2023 року [9].

РОЗДІЛ 4.
ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ

4.1. Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сочевиці

Рослини забезпечуються мінеральними поживними речовинами переважно з ґрунту, тому ступінь цього забезпечення залежить від поживного режиму ґрунту протягом вегетаційного періоду.

Збагаченню ґрунту доступними для рослин мінеральними формами поживних речовин сприяє правильна система обробітку, яка, оптимізуючи водно-повітряний і тепловий режими, зумовлює активізацію життєдіяльності мікроорганізмів, що мінералізують органічні речовини і збагачують ґрунт мінеральними сполуками азоту (амонієм і нітратами), а також фосфору, сірки, калію, кальцію та інших елементів. Для підвищення біологічної активності ґрунтових мікроорганізмів потрібно створювати нейтральну реакцію ґрунтового середовища вапнуванням кислих та гіпсуванням засолених ґрунтів, а також оптимізувати водно-повітряний і тепловий режими зрошенням сухих та осушенням перезволожених. Важливими заходами запобігання непродуктивним втратам поживних речовин з ґрунту є захист його від ерозії і боротьба з бур’янами, які забирають з нього значну кількість елементів живлення.

З отриманих даних (табл. 3) бачимо, що зміни гумусу залежно від удобрення були на 0,03–0,14 %, при цьому підвищення показника відбувалося із внесенням всіх трьох елементів живлення.

Застосування мінеральних добрив спричиняло підкислення реакції ґрунтового розчину. Показники pH_{KCl} і гідролітичної кислотності підвищувалися із застосуванням азотних добрив.

Внесення азотних і фосфорних добрив забезпечувало збереження, і навіть підвищення їх вмісту в грутні. Так збільшення азоту відмічалося на 4–12 мг/кг

Таблиця 3

Агрохімічні показники ґрунту в шарі 0–20 см під сочевицею після застосування мінеральних добрив,

2023 р.

Варіант досліду	Вміст гумусу, %	pH_{KCl}	Hг, смоль/кг	S, смоль/кг	V, %	Вміст у ґрунті, мг/кг		
						$N_{легк}$	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	3,80	5,76	2,66	27,9	91,3	110	103	117
$P_{30}K_{40}$	3,83	5,74	2,54	27,2	91,5	111	110	119
$N_{60}K_{40}$	3,89	5,73	2,71	27,0	90,9	123	114	116
$N_{60}P_{30}$	3,94	5,71	2,68	26,7	90,9	131	116	111
$N_{60}P_{30}K_{40}$	3,91	5,72	2,70	26,8	90,8	130	112	110

ґрунту, тоді як у контрольному варіанті відбувалося його зменшення на 9 г/кг ґрунту. Збільшення вмісту фосфору спостерігалося на 3–9 мг/кг ґрунту, у контрольному варіанті відмічено зменшення вмісту на 4 мг/кг. Що стосується вмісту калію в ґрунті, то навіть внесення його з мінеральними добривами не забезпечувало його додатній баланс, що вказує на доцільність підвищення його доз.

4.2. Формування азотфіксувального апарату

Одною з першочергових, основних ланок колообігу азоту для землеробства, є біологічна фіксація молекулярного азоту грунтовими мікроорганізмами-азотфіксаторами – прокаріотами. Здатність до азотфіксації є доволі поширеною властивістю прокаріотів, але здатність активно фіксувати азот з атмосфери притаманна лише певним видам рослин, наприклад

зернобобовим. За масштабністю процес азотфіксації можна порівняти із фотосинтезом, з яким він тісно пов'язаний. Азотфіксація є єдиним шляхом забезпечення рослин азотом, який не впливає і не порушує екологію природного навколишнього середовища [21].

Завдяки фіксації азоту з повітря симбіотичними бактеріями бобових рослин, а також асоціативними і вільноіснуючими мікробами-азотфіксаторами в ґрунт щороку надходить приблизно така ж кількість фіксованого азоту, скільки і з мінеральними добривами.

Варто відмітити позитивну дію на формування азотфіксувального апарату, як удобрення так і інокуляції (табл. 4).

Таблиця 4

Утворення бульбочок на рослинах сочевиці залежно від удобрення та інокуляції (2023 р), шт/рослині

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослини				Зміна у фазу цвітіння	
	Гілкування		Цвітіння		удобрення	інокуляції
	Б/і	і	Б/і	і		
Без добрив (контроль)	6	8	9	13	–	+4
$P_{30}K_{40}$	5	9	9	14	+1	+5
$N_{60}K_{40}$	7	11	11	14	+2	+3
$N_{60}P_{30}$	6	11	11	15	+2	+4
$N_{60}P_{30}K_{40}$	7	12	13	16	+4	+3

Примітка: б/і – без інокуляції; і – з інокуляцією.

Застосування добрив збільшувало кількість бульбочок на 1–4 шт/рос. Так, застосування лише фосфорних і калійних добрив збільшувало їх кількість лише на 1 шт/рос, тоді як проведення передпосівної інокуляції насіння в цьому ж варіанті сприяло їх збільшенню на 5 шт/рос у фазу цвітіння. Застосування

фосфорних і калійних добрив мало майже однаковий вплив, а от застосування азотних на тлі інокуляції сприяло зменшенню кількості бульбочок на рослинах порівняно з варіантом де вносилися лише фосфорні і калійні добрива. Це підтверджує результати багатьох досліджень, де також встановлена інгібуюча дія азоту мінеральних сполук, адже через достатню кількість азоту внесеного з мінеральними добривами рослини переходять на живлення цим азотом, взамін фіксації його з повітря.

4.3. Динаміка наростання листкового апарату сочевиці

Площу листя можна вважати основним показником, який найкраще характеризує стан посівів з точки зору їх фотосинтетичної діяльності. Дослідженнями встановлено, позитивну залежність між площею листя і швидкістю їх формування. За умов досягнення площі листків до 30–40 тис. $м^2$/га поглинання енергії підвищується майже пропорційно; наступне збільшення площі листків спричиняє погіршення освітленості середніх, особливо нижніх ярусів, при цьому знижуються інтенсивність та чиста продуктивність фотосинтезу. Посилене наростання площі листя не завжди сприяє збільшенню загальної фітомаси, а іноді навпаки – є причиною її зниження [8].

Вагомий вплив на формування площі листового апарату та ефективність роботи асиміляційного апарату мають умов оптимального вологозабезпечення і наявність мінеральних речовин, оптимальні терміни посіву, норми висіву та інші технологічні операції.

Пластинками листя більшою мірою поглинають сонячну енергію. На поглинену листками рослин енергію припадає до 80–90 %, решта поглинається стеблами й іншими органами. Листки на рослинах сочевиці утворюються поступово, в міру зростання стебла і розвиваються від низу до верху, у результаті цього в посівах певним чином змінюється світловий режим.

Сумарний фотосинтез через листя становить близько 60–95 %. У деяких бобових культур (у тому числі й у сочевиці) частиною листків є вусики. Вони також беруть участь у фотосинтезі, а також підтримують рослини більш випрямленими, це сприяє більш інтенсивному проникненню сонячних променів у глибину посіву [28].

Листова маса та її поверхня досягають максимуму до періоду генеративного розвитку. Проте до цього ж періоду починає відмирати нижнє листя, особливо якщо загущені посіви, зменшується фотосинтетична активність рослин, через що, нерідко відбувається осипання утворених суцвіть і плодів, що зав’язалися.

За результатами таблиці 5 видно значний вплив удобрення та інокуляції на формування асиміляційної поверхні.

Таблиця 5

Площа листкового апарату посівів сочевиці залежно від удобрення та інокуляції (2023 р), тис. м^2/га

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослин					
	Гілкування		Цвітіння		Утворення бобів	
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	14,4	19,2	30,6	34,6	28,4	32,9
$P_{30}K_{40}$	15,8	20,5	31,4	34,5	28,8	33,9
$N_{60}K_{40}$	17,3	21,9	31,8	34,9	30,5	33,9
$N_{60}P_{30}$	17,9	22,1	32,2	35,5	30,9	34,2
$N_{60}P_{30}K_{40}$	19,7	24,5	34,2	38,4	32,4	35,3

Примітка: б/і – без інокуляції; і – з інокуляцією.

Варто відзначити, що найбільша кількість площі листків сформовано у фазу цвітіння, але незалежно від фази бачимо значний вплив застосування азотних добрив на формування листової поверхні. Так, введення в систему удобрення азотних добрив сприяло збільшенню показника на 2,9–5,3 тис. м^2/га у фазу гілкування, на 1,2–3,6 у фазу цвітіння та на 2,1–4,0 у фазу утворення бобів, при цьому максимальний приріст відмічено у варіанті із повним внесенням мінеральних добрив – $N_{60}P_{30}K_{40}$.

Також встановлено значний вплив від передпосівної інокуляції. Так, залежно від фази росту й розвитку рослин відмічено приріст на: 4,2–4,8, 3,1–4,2 та 2,9–5,1 тис. м^2/га у фазу гілкування, цвітіння та утворення бобів відповідно.

Отже, добрива, особливо азотні та передпосівна інокуляція насіння мали істотний вплив на формування площі листової поверхні.

4.4. Урожайність і якість насіння сочевиці

Хоч і початок вирощування сочевиці досить давній і є ряд технологічних розробок та рекомендацій щодо її вирощування, рівень її врожайності досить низький. В господарствах України цей показник значно варіює – від 0,7 до 2,7 т/га, на нього значний вплив має ефективність застосування агротехнологічних заходів, лімітуючими серед яких є система удобрення та інокуляція [28, 34].

Сьогоднішні кліматичні зміни сприяли зростанню інтересу аграріїв до даної культури, що зумовило необхідність розробки адаптивних технологій її вирощування, пошук оптимальних систем удобрення та поєднання їх з передпосівною інокуляцією насіння. [55].

Варто відмітити позитивну реакцію сочевиці, як на застосування добрив, так і на передпосівну інокуляцію насіння відповідними штамами бактерій (табл. 7).

Дослідженнями встановлено істотний приріст від введення мінеральних добрив у систему догляду за рослинами сочевиці. Так, внесення добрив сприяло підвищенню врожаю на 0,29–0,78 т/га. При цьому приріст від азоту становив – 0,49, від фосфору – 0,36 і від калію – 0,19 т/га. Найбільший приріст відносно контролю отримано за внесення $N_{60}P_{30}K_{40}$ – 0,78 т/га.

Таблиця 7

Урожайність сочевиці залежно від удобрення та інокуляції (2023 р), т/га

Варіант досліду	Без ін-ції, т/га	З ін-цією, т/га	Приріст від добрив, т/га	Приріст від інокуляції, т/га	Вплив інокуляції, %
Без добрив (контроль)	1,88	1,99	–	0,11	6
$P_{30}K_{40}$	2,17	2,37	0,29	0,20	9
$N_{60}K_{40}$	2,30	2,52	0,42	0,22	10
$N_{60}P_{30}$	2,47	2,71	0,59	0,24	10
$N_{60}P_{30}K_{40}$	2,66	2,91	0,78	0,25	9
$НІР_{05}$	0,16		—	—	—

Інокуляція сприяла підвищенню даного показника на 6–10 % або на 0,11–0,25 т/га. Якщо аналізувати відсотковий приріст урожаю, то відсутність і наявність азотних добрив давала однаковий приріст 9%, однак в т/га варіант з комплексним внесенням забезпечував більший приріст – 0,25 т/га.

Приріст до абсолютного контролю без інокуляції становив 0,78 т/га, тоді к проведення даного агрозаходу забезпечувало приріст на рівні 1,03 т/га у варіанті досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$.

Отже, для отримання високого рівня врожаю варто забезпечити рослини основними елементами живлення та проводити передпосівну інокуляцію насіння бактеріальним препаратом.

Вагома роль у визначенні цінності отриманого врожаю належить якісним показникам. Дослідженнями встановлена позитивна дія застосування калійних добрив на масу 1000 насінин. Застосування азотно-калійного удобрення забезпечило масу 1000 насінин на рівні 51,5 г, що на 6,0 г більше відносно контролю. Інокуляція сприяла збільшенню даного показника лише на 0,6–1,5 г.

Таблиця 9

Якість насіння сочевиці залежно від доз і поєднань добрив та інокуляції, 2023 р.

Варіант досліду	Маса 1000 насінин, г		Вміст, %			
			білка		жиру	
	1*	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	45,5	46,6	24,1	24,4	0,82	0,79
$P_{30}K_{40}$	48,1	49,5	23,8	24,1	0,96	0,89
$N_{60}K_{40}$	51,5	52,7	24,5	24,8	0,72	0,69
$N_{60}P_{30}$	47,4	48,9	24,7	25,2	0,73	0,68
$N_{60}P_{30}K_{40}$	49,3	50,3	24,8	25,2	0,71	0,67
$НІР_{05}$	2,4		1,1		0,03	

Примітка. 1 – без інокуляції насіння, 2 – з інокуляцією.

Істотних змін у вмісті білка в насінні залежно від досліджуваного варіанту не спостерігалося. Інокуляція сприяла підвищенню вмісту білка, як наслідок зменшувався вміст жиру в насінні сочевиці.

РОЗДІЛ 5.
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ

Виробництву зерна належить важливе місце серед інших галузей рослинництва, адже воно є основною умовою існування людства, а також визначає соціально-економічне становище країни на світовій арені. Проте, нажаль, збільшення обсягів виробництва продовольчого та фуражного зерна українськими товаровиробниками в сучасних ринкових умовах ще не є ознакою ефективної їх діяльності та розвитку сільськогосподарського виробництва загалом. Основна причина цього це недосконаліть системи реалізації отриманої продукції. Істотне зростання виробництва зерна та його експорту, яке прогнозується найближчими роками, за рахунок підвищення урожайності, збільшення кількості посівних площ під зерновими культурами та ефективного господарювання – вимагає й ефективних каналів збуту продукції.

Поряд із рівнем продуктивності важливою умовою вирощування сільськогосподарських культур залишаються й економічні аспекти технології вирощування. Адже ефективність та окупність з отриманим врожаєм застосовуваних технологічних заходів дозволяє оцінити беззбитковість технології вирощування в цілому та можливість рекомендувати її для поширення у виробництво.

За результатами економічної ефективності бачимо, що із застосуванням мінеральних добрив у досліді підвищувався отриманий прибуток, але зменшувався рівень рентабельності. Найбільш економічно вигідний варіант досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$, який забезпечив отриманий прибуток на рівні 33166 грн/га без інокуляції та 37766 грн/га з інокуляцією. Бачимо, що додатковий прибуток від інокуляції становить 4600 грн/га, тоді як витрати на неї в 10 раз менші.

Таблиця 8

Економічна ефективність застосування добрив та інокуляції під сочевицю, 2023 рр.

Варіант досліду	Витрати на 1 га, грн	Урожайність, т/га	Вартість 1 т насіння, грн	Собівартість 1 т насіння, грн	Дохід, грн	Прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Без добрив (контроль)	11955 11355	1,88 1,99	20000	6359 5706	37600 39800	25645 28445	215 251
$P_{30}K_{40}$	16162 16562	2,17 2,37	20000	7448 6988	43400 47400	27238 30838	269 286
$N_{60}K_{40}$	17589 17989	2,30 2,52	20000	7647 7138	46000 50400	28411 32411	262 280
$N_{60}P_{30}$	18272 18672	2,47 2,71	20000	7398 6890	49400 54200	31128 35528	270 290
$N_{60}P_{30}K_{40}$	20034 20434	2,66 2,91	20000	7532 7021	53200 58200	33166 37766	166 185

Примітка. Над рискою без інокуляції насіння, під рискою – з інокуляцією.

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив на посівах сочевиці та організація умов і заходів з охорони праці

Технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають внесення пестицидів та мінеральних добрив, тому питанням охорони праці приділяється багато уваги. Їх правильне і якісне внесення передбачає застосування сільськогосподарської техніки, тому повинна бути чітка організація роботи по їх застосуванню, першочергово мають бути створені необхідні санітарно-гігієнічні умови для працюючих з ними робітникам.

Залежно від хімічних і фізичних властивостей мінеральних добрив, вони можуть діяти на людину у вигляді газоподібних речовин, парів та аерозолів, що шкідливо діють на організм. Потрапляючи в надмірній кількості на шкіру або в органи дихання, вони негативно впливають на здоров’я, а в деяких випадках становлять небезпеку для життя. Навіть сипкі і порошкоподібні мінеральні добрива (азотні, фосфорні, калійні) мають властивість сильно подразнювати слизові оболонки, шкіру і дихальні шляхи.

Головне завдання охорони праці в умах сільськогосподарського виробництва – прийняття необхідних заходів запобігання і унеможливлення виробничого травматизму. Завдання моделі передбачення можливої небезпеки, і як наслідок травмування, повинно передбачати ту чи іншу небезпечну умову і по можливості унеможливлювати причини настання нещасних випадків або ж травматизму.

Не виконання правил техніки безпеки при експлуатації машин та вимог санітарії зумовлює виникнення небезпечних ситуацій (НС). При визначенні шкідливих факторів небезпечні ситуації не є початковою ланкою.

Передумовою виникнення небезпечної ситуації є небезпечна умова (НУ). Наявність небезпечних умов призводить до виникнення небезпечної дії (НД). НУ + НД = НС.

Для прикладу розглянемо наступну модель небезпечної ситуації:

Небезпечна умова (НУ) – відсутні захисні щитки рухаючих частин трактора;

Небезпечна дія (НД) – тракторист наблизився до рухаючих частин трактора;

Небезпечна ситуація (НС) – захват одягу з подальшим захватом тіла рухаючими частинами трактора;

Травма (Т) водія.

НД

↓

НУ→НС→Т

Отже для запобігання виникнення травм при вирощуванні сочевиці варто передбачити і запобігти виникненню всіх можливих небезпечних умов, дій та ситуацій. Це можливо за виконання таких правил:

1. Перед початком роботи зібрати задіяних робітників і організувати навчання з охорони праці;

2. Назначити відповідальних, які здійснюватимуть контроль тих чи інших технологічних процесів;

3. Не допускати до початку роботи сільськогосподарську техніку без встановлення захисних щитків;

4. При роботі з мінеральними добривами і пестицидами забезпечити виконання виробничої санітарії;

5. Під час руху с.-г. техніки забороняється посадка/висадка робітників

Отже, за умов вирощування сочевиці, як і всіх сільськогосподарських культур, працівникам необхідне дотримання правил техніки безпеки, керівникам – постійний моніторинг можливих небезпечних ситуацій і шляхів

їх попередження, проведення відповідних інструктажів перед початком роботи.

6.2. Охорона довкілля при застосуванні мінеральних добрив

Сучасне ведення сільського господарства неможливе без застосування мінеральних добрив, які підвищують родючість ґрунтів, врожайність с.-г. культур та якість отриманої продукції. Їх використання може підвищити урожайність до 50 %, відповідно і збільшиться такий бажаний показник, як прибуток. Тому, на сьогоднішній день відмова від застосування синтетичних мінеральних добрив неможлива, адже це призведе до різкого скорочення валової продукції зерна і плодів сільськогосподарських культур, що в свою чергу спричинить не лише зменшення прибутковості сільськогосподарського виробництва, а в окремих випадках і до голоду населення.

Однак недотримання наукових основ застосування добрив, недосконаліть способів їх внесення може призвести до їх негативного впливу на окремі компоненти біосфери та стан довкілля і людини.

Небезпека неправильного внесення азотних добрив є нагромадження нітратів в отриманій продукції. Їх нагромадження залежить в основному від дози, термінів внесення, довжини світлового дня, а також від освітлення – на затінених ділянках вміст нітратів вищий.

До екологічних наслідків неправильного застосування фосфорних добрив відносять збільшення накопичення фосфору у водоймах, нагромадження якого в значних кількостях призводить до еутрофікації (заростання) водойм.

Що стосується калійних добрив, то вони забруднюють довкілля в меншій мірі. В основному відзначається негативна дія супутніх калію аніонів: хлорид, сульфат та інші. Хлор одна зі шкідливих домішок, що в них міститься, адже він у великих дозах негативно впливає на врожай винограду, тютюну, картоплі, цитрусових і прядильних культур.

Також поряд з основними елементами живлення мінеральні добрива часто містять різні домішки (солі важких металів, органічних сполук, радіоактивні ізотопи), які містяться в сировині для їх одержання (фосфорити, апатити, сирі калійні солі), їх вміст від 5 до 10 % і більше. Можуть бути присутні токсичні елементи такі, як свинець, миш'як, кадмій, стронцій, фтор, які мають розглядатися, як потенційні джерела забруднення довкілля і враховуватися при внесенні в ґрунт мінеральних добрив.

Для поліпшення стану природного середовища у зв'язку з використанням мінеральних добрив пропонується:

– використання для внесення мінеральних добрив сучасної, точної техніки, яка забезпечить рівномірне і оптимальне внесення добрив;

– першочергово має стояти питання збереження довкілля від техногенного забруднення, а не підвищення врожаїв с.-г. культур;

– впровадження природоохоронних ресурсозберігаючих технологій, які б забезпечували збереження в чистоті ґрунту, води та повітря.

Отже, для збереження і поліпшення стану навколишнього природного середовища під час ведення сільського господарства необхідно дотримуватися технологій внесення добрив під сочевицю, а також удосконалювати технологію внесення мінеральних добрив, видержувати науково обгрунтовані співвідношення внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень з метою встановлення оптимальної системи удобрення і доцільності застосування інокуляції насіння, встановлено:

- для зернобобових культур важливим є формування азотфіксувального апарату. Інокуляція насіння в досліді мала більший вплив на формування кількості бульбочок на рослинах, і у фазу максимального їх утворення (цвітіння) забезпечувала їх збільшення на 3–5 шт/рос. Варто зазначити, що внесення азоту мінеральних сполук спонукало їх зменшення, порівняно з варіантами без внесення азоту з добривами;
- збільшення наростання площі листової поверхні сприяли внесення азотних добрив та інокуляція. Так, у фазу цвітіння показник становив 30,6–34,2 тис. $м^2$/га без інокуляції та 34,6–38,4 з інокуляцією;
- застосування добрив сприяло приросту врожайності на 0,29–0,78 т/га, тоді як інокуляція збільшувала її на 0,11–0,25 т/га, або на 6–10 %;
- важливим показником при оцінюванні отриманого врожаю є показник економічної ефективності, а саме прибуток. Комплексне застосування NPK тлі передпосівної інокуляції забезпечили отримання найвищого рівня прибутку на рівні 37766 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волкогон В. В. та ін. Екологічні аспекти системи удобрення сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна наука, 2019. 264 с.

2. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія; за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наук. 2010. С. 235–245.

3. Гелюх В.М. та ін. Селекція гороху та сочевиці в Луганському національному аграрному університеті. *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*. № 20 (32). Серія «Сільськогосподарські науки». Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2002. С. 135–139.

4. Гирка А.Д., Лень О.І., Алейнікова Л.М. Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та системи мінерального живлення в умовах Лівобережного Лісостепу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № 6. С.131–135.

5. Гирка А.Д. та ін. Водоспоживання рослин сочевиці залежно від технологічних прийомів вирощування в Лівобережному Лісостепу. *Вісник Степу*. 2014. Вип. 11. С.54–57

6. Господаренко Г. М., Мусієнко Л. А. Система удобрення сочевиці на чорноземі опідзоленому. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 26–27 листопада 2020 р. у 2-х ч., ч. 1. Харків: ХНАУ, 2020. 392 с.

7. Господаренко Г. М., Мусієнко Л. А. Урожайність сочевиці залежно від складових системи удобрення. Збірник доповідей Міжнародної науковопрактичної конференції «Сучасні системи удобрення

сільськогосподарських культур». Дніпро : Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, 2020. 160 с.

8. Господаренко Г. М., Невлад В. І., Прокопчук І. В., Прокопчук С. В. Симбіотична азотфіксація та врожай : монографія. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.

9. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с

10. Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс азоту, фосфору та калію у польовій сівозміні за 40-річного застосування добрив. *Вісник Уманського ДАУ*. 2005. №12. С. 13–21.

11. Данильченко О. М., Жатова Г. О. Урожайність і якість насіння кормових бобів та сочевиці залежно від інокуляції бактеріальними препаратами і внесення мінеральних добрив. *Вісн. ЖНАЕУ*. 2016. № 1. Т. 1. С. 94–101.

12. ДСТУ 4117:2007. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 2007–08–09]. Київ, 2007. 7 с. (Національний стандарт України).

13. ДСТУ ISO 712:2015 Зернові та продукти з них. Визначення вмісту вологи. Контрольний метод (ISO 712:2009, IDT). [Чинний від 2016–01–01]. Київ, 2015. 21 с. (Національний стандарт України).

14. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

15. Каленська С.М., Шихман Н.В. Продуктивність сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння в умовах правобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. 4 (26) http://www.nbuv.gov.lis/e journals/ Nd/2011_4/11ksm.pdf.

16. Каргін І.Ф., Букін С.Л., Перов М.А. Продуктивність сочевиці залежно від технології вирощування. *Захист і карантин рослин*. 2007. № 2. С. 33.

17. Каргін І. Ф. Продуктивність сочевиці залежно від технології обробітку / І. Ф. Каргін, С. Л. Букін, М. А. Перов. *Захист і карантин рослин*. 2007. № 2. С. 33.

18. Карпенко В.П., Новікова Т.П., Притуляк Р.М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. *Вісник УНУС*. 2018. 2. С. 39–44.

19. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві / А.М. Развадовський, А.О. Бабич та ін. Київ, Урожай 1990. 174 с.

20. Колісник С.І. та ін. Виористання мікробних препаратів при вирощуванні зернобобових культур. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Том 2. С. 74–76.

21. Коць С. Я. та ін. Біологічна фіксація азота: бобово-ризобіальний симбіоз. Київ : Логос, 2010. Т. 1. 508 с.

22. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.

23. Кулініч О.О. Генетичний потенціал продуктивності сочевиці *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. 2009. С. 209–214.

24. Лазер П.Н., Міхеєв Є.К. Інструментарій і технології організації інформації у землеробстві: Навчальний посібник. Херсон : Видавництво ХДУ, 2006. 372 с.

25. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 312 с.

26. Мусієнко Л. А. Вплив мінерального живлення на урожайність сочевиці. *Наукові доповіді НУБіП України*. №4 (98). 2022. 12 с.

27. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ : Сільгоспосвіта, 1994. 344 с.

28. Присяжнюк О.І., Топчій О.В., Слободянюк С.В., Карпук Л.М., Маляренко О.А., Павліченко А.А., Свистунова І.В. Сочевиця. Біологія та вирощування : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.

29. Присяжнюк О.І., Топчій О.В. Формування елементів структури врожайності сочевиці залежно від строків сівби, мікродобрив і регуляторів росту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 72–78.

30. Присяжнюк О.І., Топчій О. В., Шевченко Т.В. Біохімічні показники насіння сочевиці залежно від елементів технології вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 4. С. 409–415.

31. Притульська Н.В. Оптимізація споживчих властивостей комбінованих консервів та харчових концентратів із використанням білкововмісної сировини різного походження: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.18.15. Київський нац. торг.-екон. ун-т. / Н.В. Притульська. К., 2001. 35 с.

32. Топчій О.В. Вплив мікродобрив та регуляторів росту на урожайність сочевиці. *Агробіологія*. 2017. Вип. 2. С. 86–91.

33. Туріна О.Л., Дідович С.В., Кулініч Р.О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. 4 (81). С. 151–155.

34. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Дніпро, 2013. 48 с.

35. Фадєєв Л.В. Зернобобові культури – попит зростає. Сочевиця. Частина 1. *Зернові продукти і комбікорми*, 2017. Вип. 17. №4 (68). С.12–22.

36. Шихман Н.В. Фотосинтетична діяльність посівів сочевиці залежно від мінерального живлення та передпосівної обробки насіння *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків, 2010. Вип. 7. С. 136–141.

37. Щигорцова О. Сочевиця та її вирощування в Криму. *Агровісник України*. 2007. №9. С. 38–39.

38. Щигорцова О.Л. Розробка елементів технології вирощування нуту, гороху, чини і сочевиці в умовах зрошення в Центральному степу Криму: автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. с-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво» / О.Л. Щигорцова. Сімферополь, 2006. 16 с.

39. Ali A., Mahmood K., Bhatti M.S., Tufail M.. Selection criterion for high yielding genotypes and pure lines of lentil (Lens culinaris Medik). *Journal of Agricultural Research*. 2000. Vol. 38. № 3. P. 295–301.

40. Bhandari K., Siddique K.H.M., Turner N.C., Kaur J., Singh S., Agrawal S.K., Nayyar H. Heat Stress at Reproductive Stage Disrupts Leaf Carbohydrate Metabolism, Impairs Reproductive Function, and Severely Reduces Seed Yield in Lentil. *J. Crop. Improvement.* 2016. Vol. 30. P. 118–151.

41. Biederbeck V.O., Zentner R.P., Campbell C.A. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil biology and biochemistry*. 2005. Vol. 37. Issues 10. P. 1775–1784.

42. Bukhoriev T.A. Simbiotska aktivnost in produktivnost leče v odvisnosti od ravni mineralne prehrane. *Vestnik Kishovarz*. 2001. №1. С. 15-18.

43. CDC. Micronutrient facts, International Micronutrient Malnutrition Prevention and Control [IMMPaCt] (2016). Division of Nutrition, Physical Activity and Obesity. National Center of Chronic Disease Privention and Health Promotion. URL.: www.cdc.gov/immpact/micronutrients.

44. Cokkizgin A., Shtaya M.J.Y. Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Agricultural Science*. 2013. Vol. 1. Iss. 1. P. 55–62.

45. Economic substantiation of expediency of production of niche cultures. T. Mirzoieva, O. Nechyporenko, A. Chupriak, B. Avramchuk, V. Heraimovych, L. Ilkiv. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 937*. 2021. e032095.

46. Erskine W., Tufail M., Russell A., Tyagi M.C., Rahman M.M., Saxena M.C. Current and future strategies in breeding lentil for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica* 1994. Vol. 73. P. 127–135.

47. Foti C., Kalampokis I.F., Aliferis K.A., Pavli O.I. Metabolic Responses of Two Contrasting Lentil Genotypes to PEG-Induced Drought Stress. *Agronomy*. 2021. Is. 11. e1190.

48. Iqbal M.A. Integrated use of *Rhizobium leguminosarum*, plant growth promoting rhizobacteria and enriched compost for improving growth, nodulation and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 72. P. 104–110.

49. Ghafoor A. Effect of NPK fertilization in Various Combinations on Growth and Yield of Lentil. M.Sc. Thesis, University of Agriculture of Faisalabad. 1985. 196 p.

50. Jahan S.A., Alim M.A., Hasan M.M., Kabiraj U.K., Hossain M.B. Effect of potassium levels on the growth, yield and yield attributes of lentil. *International Journal of Sustainable Crop Production*. 2009. Is. 4. № 6. P. 1–6.

51. Johnson C.R., Combs JrG.F., Thavarajah P. Lentil (*Lens culinaris* L.): A prebiotic-rich whole food legume. *Food Research International*. 2013. Vol. 51. № 1. P. 107–113.

52. Hawtin G.C., Singh K.B., Saxena M.C. Some recent developments in the understanding and improvement of Cicer and Lens. In R. J. Summerfield & A. H. Bunting (Eds.), Advances In Legume Science. 1980. P. 613–623.

53. Herceg J. Skusenosti s vel'kovyrobnum pestovanim sosovice v nason *JRD. Uroda*. 1978. P. 26.

54. Maimandi N.M.J. Crop Botany. Food legume crops: improvement and production. Food and agriculture organization of the United National. Rome, 1979. P. 27–63.

55. Sichkar V.I., Kryvenko A.I., Solomonov R.V. Lantil in world and Ukraine: current state and prospect. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2020. Vol. 16. P. 178–193.

56. Singh S., Kundu D., Dey P., Singh P., Mahapatra B. Effect of balanced fertilizers on soil quality and lentil yield in Gangetic alluvial soils of India. *The Journal of Agricultural Science.* 2018. Vol. 156. № 2. P. 225–240.

57. Sita K., Sehgal A., Bhandari K., Kumar J., Kumar S., Singh S., Siddique K.H., Nayyar H. Impact of heat stress during seed filling on seed quality and seed yield in lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2018. Vol. 98. P. 5134–5141.

58. Skrypetz S. Lentils and chick peas. *Bi–weekly bulletin*. 1999. V.12. № 9 (Part 1). P. 11–19.

59. Summerfield R.J., Roberts E.H., Erskine W., Ellis R. Effects of Temperature and Photoperiod on Flowering in Lentils (*Lens culinaris* Medic.). *Annals of Botany.* 1985. Vol. 56. P. 659–671.

60. Traversac J.B., Tomé D. Consumer behavior and public health in relation to novel legume food uses. *Legume Perspectives*. 2015. № 9. P. 10–11.