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

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ Й ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЧЕВИЦІ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 22 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ДЖУЛАЙ Денис Миколайович

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

Умань – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ СОЧЕВИЦІ (огляд літератури) 5
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Антоніна)..... 10
РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ 11
3.1 Характеристика ґрунту під дослідом..... 11
3.2 Кліматичні та погодні умови 12
3.3 Схема досліду та розміщення варіантів 13
3.4 Агротехнологія вирощування сочевиці у досліді 14
3.5 Програма досліджень і методика їх проведення 14
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ 16
4.1 Зміна агрохімічних показників ґрунту..... 16
4.2 Формування азотфіксувального апарату..... 17
4.3 Динаміка наростання листкового апарату 20
4.4 Забезпеченість рослин азотом 22
4.5 Урожайність і якість насіння..... 23
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ І БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ ПІД СОЧЕВИЦЮ 27
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ... 29
6.1 Моделювання виробничих небезпек під час застосування добрив і збиранні врожаю сочевиці 29
6.2 Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні добрив..... 30
ВИСНОВКИ 33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 34
ДОДАТКИ..... 38

ВСТУП

Характерним для сочевиці є досить висока посухо- й холодостійкісь і добре пристосування до умов помірного клімату. Краще переносить посуху, ніж більшість бобових культур. Завдяки особливій здатності – фіксації атмосферного азоту здатна поліпшувати родючість ґрунту, що в свою чергу сприяє підвищенню врожайності наступних культур сівозміни.

До насіння сочевиці входить значна кількість цінного білка, воно багате на вітаміни, амінокислоти і мікроелементи, завдяки чому вона відноситься до незамінних продуктів харчування, особливо часто використовується у вегетаріанських дієтах.

Так, не зважаючи на високу цінність культури, її урожайність поки що на досить низькому рівні. В Україні, технологія вирощування сочевиці не в достатній мірі розроблена та не спрямована на максимальну реалізацію її біологічного потенціалу. Адже у виборі складових технології, виробничники у більшості покладаються на технології вирощування інших зернобобових культур. Таке відношення до вибору технологічного процесу призводить до того, що середня врожайність сочевиці по Україні змінюється від 1,2 т/га до 1,70 т/га.

Отже, в Україні основною проблемою для отримання високих врожаїв сочевиці є відсутність її розробленої технології вирощування, вирішення цієї проблеми може гарантувати отримання стабільних і високих врожаїв культури та підвищення економічної ефективності. Тому наразі основним завданням досліджень є вдосконалення складових технології вирощування сочевиці.

Метою досліджень було встановлення оптимальних доз добрив для формування високих і якісних врожаїв сочевиці, вивчення впливу інокуляції в комплексі з удобренням на формування врожаю.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше в умовах Правобережного Лісостепу України розкрито вплив удобрення та удобрення + інокуляція на біологічний потенціал сочевиці сорту Антоніна.

Удосконалено вже наявні технології вирощування сочевиці завдяки впливу удобрення та інокуляції на процеси росту й розвитку рослин і формування високої продуктивності культури.

Набули подальшого розвитку питання підтвердження впливу доз добрив та інокуляції на врожайність і якість насіння. Обґрунтовано енергетичну та економічну ефективності вирощування сочевиці за досліджуваною технологією.

Практичне значення отриманих результатів полягає в удосконаленні системи удобрення сочевиці на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України.

Апробація матеріалів. Результати досліджень оприлюднювалися та обговорювалися на засіданнях студентського наукового гуртка на кафедрі агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС. За матеріалами досліджень опубліковано матеріали доповіді у збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченій 150-річчю академіка О. І. Душечкіна.

РОЗДІЛ 1.
ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЧЕВИЦІ
(огляд літератури)

Зернобобові культури можуть сприяти пом’якшенню наслідків від зміни клімату, оскільки мають низьку потребу в синтетичних добривах. У процесі виробництва та використання мінеральних добрив проходить викид парникових газів в атмосферу, тому їх надмірне використання може мати згубні наслідки для навколишнього середовища. Особливістю зернобобових є здатність до природного зв’язування в ґрунті атмосферного азоту, а інколи спостерігається хороше використання запасів фосфору з ґрунту, як наслідок знижується потреба в мінеральних добривах [19].

Відомо, що в середньому на формування 1 т основної продукції, рослинами сочевиці виноситься 58–60 кг азоту, 20–22 – P_2O_5 і 28–30 кг K_2O з ґрунту. Різні дані свідчать, що бобові культури здатні забезпечити 2/3 своїх потреб в азоті, фіксацією його з повітря за участю бульбочкових бактерій, тому, створивши оптимальні умов для роботи цих бактерій, можна зменшити потребу бобових рослин в азоті мінеральних сполук. На тлі цього рослини сочевиці мають високу потребу в фосфорі і калії, це пов’язано з тим, що ці елементи здатні поліпшити умови симбіотичної азотфіксації. Також для підвищення ефективності роботи симбіотичного комплексу необхідні мікродобрива, а саме молібден і бор. Молібден входить до складу ферменту нітрогенази, яка зв’язує азот повітря, а бор має вплив на розвиток судинно-провідної системи [1, 3, 35].

Сочевиця здатна сприяти підвищенню родючості ґрунту. Так, дослідження, які проводилися в Канаді показують, що найвищі показники мікробіологічної діяльності (збільшення від 170 до 286 %) та накопичення азоту в ґрунті було за вирощування культур в такій ланці сівозміни: «сочевиця – пшениця», а найменші їх показники – «горох – пшениця» [37, 38]. Симбіоз сочевиці із азотфіксувальними бактеріями здатний засвоювати значну кількість азоту з

атмосфери (до 80 кг/га), також вона використовує важкорозчинні мінеральні сполуки, які малодоступні для більшості зернових культур. Після збирання врожаю на кожному гектарі поля залишається стільки ж поживних речовин, скільки від 10 т перегною, в результаті залишення післяжнивних решток [21, 35].

Дози добрив також залежать від вмісту цих поживних речовин у ґрунті. Так, у середньому доза під основний обробіток ґрунту може складати 300–400 кг/га суперфосфату гранульованого, а також 60–100 кг/га калію хлористого. Рекомендується перед сівбою обробити насіння сочевиці мікродобривами, це може зробити борною кислотою і молібдатом амонію в дозі 0,6–1,5 г/кг насіння, а під час сівби можна внести 60–70 кг/га суперфосфату гранульованого [25].

За кількістю фіксованого азоту впродовж вегетації зернобобові культури розташовують в наступній послідовності (у порядку зростання): сочевиця, горох, нут, квасоля, вика, боби, соя, люпин. Внесення N_{30} у вигляді азоту мінеральних сполук, навіть у такій незначній дозі, може негативно впливати, як на формування бульбочок на коренях, так і на їх азотфіксувальні властивості. По зростанню негативного впливу азоту мінеральних сполук на симбіотичний апарат, зернобобові можна розташувати у такому порядку: сочевиця, горох, нут, боби (10–15 %) – соя і квасоля (21 %) – вика й люпин (25–30 %). Внесення стартової дози 30–60 кг/га азоту мінеральних добрив, переважно в більшості випадків формує таку ж саму врожайність, як на посівах, де добрива не вносились, тому сочевицю можна вирощувати без основного внесення азотних добрив, навіть коли спостерігається низька забезпеченість ґрунтовим азотом.

Бактеризація насіння може ефективно поєднуватися з внесенням у рядки фосфорних або складних добрив. Сівба з інокуляцією насіння та внесенням складних добрив сприяє підвищенню врожайності зерна в 1,5 рази і на 21–50 % підвищити окупність добрив, тому всі зернобобові культури доцільно вирощувати [36].

Підвищення врожайності завдяки органічним добривм можливе, якщо їх вносити під попередник. Дані проведених дослідів на Миронівській селекційній станції (що в Київській області) попередником для сочевиці був буряк цукровий, попередником для яких була пшениця озима. Під пшеницю озиму і буряк цукровий вносили добрива, що в середньому за роки дослідження дало приріст урожайності сочевиці за внесення органічних і мінеральних добрив під буряк по двох сівозмінах – 1,4–2,6 ц/га, а за внесення тільки мінеральних добрив – 0,6–1,6 ц/га. Внесення 27 т/га гною під буряк цукровий дало найбільший середній приріст урожайності сочевиці – 2,6 ц/га. Сочевиця також здатна добре реагувати на внесення гною під третю культуру в сівозміні. В даному ж досліді 20 т/га гною, внесеного під пшеницю озиму, дало приріст урожаю – 1,9 ц/га. Поряд із внесенням органічних добрив під оранку, рекомендовано вносити від 2,5 до 5,5 ц/га фосфоритного борошна, а навесні під культивацію вносять по 2,1–3,0 ц/га суперфосфату і по 1,6–2,0 ц/га калійної солі. Потреба в азотних добривах спостерігається лише на початку розвитку рослин сочевиці, коли на корінні ще нема бульбочкових бактерій. За слабкого розвитку рослин рекомендовано вносити азотні добрива в дозі 11–15 кг/га у вигляді підживлення [14].

Такі самі дані отримані на Петровській селекційно-дослідної станції у п’ятирічних дослідженнях, де врожайність сочевиці, посіяної на тлі гною, була на 0,7 ц/га менша, а соломи – на 0,7 ц/га – більше, ніж без внесення гною. Це пов’язано з тим, що за внесення в ґрунт азоту з гноєм або повним мінеральним добривом, рослини сочевиці інтенсивно розвивали зелену масу, уражалися іржею, більше вилягали, менше утворювали бобів, внаслідок цього часто розтягується вегетаційний період, що призводить до потрапляння під суховій у фазу наливу зерна [14].

З попередніми даними і твердженням погоджуються й інші вчені, вказуючи, що після удобрених попередників на родючих ґрунтах, сочевиця не має потреби у внесенні мінеральних добрив. Після неудобрених попередників

на бідних ґрунтах рекомендовано вносити під зяблеву оранку фосфорні та калійні добрива в розрахунку $Р_{40}К_{40}$ – $Р_{60}К_{60}$.

Внесення азотних добрив вважають менш ефективним, ніж створення сприятливих умов для симбіотичної азотфіксації [18, 32].

Урожайність сочевиці значно залежить від використання рослинами фосфору й калію з внесених добрив. Беручи до уваги високу фізіологічну активність кореневої системи сочевиці, під оранку на дерново-підзолистих, опідзолених чорноземних ґрунтах рекомендується вносити з фосфорних добрив – фосфоритне борошно, на чорноземах – суперфосфат у розрахунку $Р_{45\text{-}60}$ та калійні добрива – $К_{45\text{-}60}$ [26].

В сівозмінах, де під попередні культури зовсім або мало вносилося добрив, рекомендовано вносити під сочевицю фосфорні та калійні добрива в розрахунку відповідно 50–60 та 40–50 кг/га діючої речовини (1/2 вноситься восени під зяблевий обробіток, а 1/2 – під передпосівну культивацію). Азотні добрива можуть вноситися за потреби, але в невеликих дозах і дуже обережно на початку вегетації [28].

У дослідження, проведених в умовах Центрального Таджикистану отримали максимальну врожайність зерна сочевиці – 1,44 т/га отриманий за спільного внесення фосфорних і калійних добрив ($Р_{46}К_{28,5}$) і мікродобрив ($В_1Мо_{0,5}$) у поєднанні з інокуляцією, що був більший за контроль на 0,65 т/га (82,2 %), а в сприятливих за погодними умовами роках він сягав 1,7 т/га. З використанням інокуляції спостерігався значний приріст урожаю зерна, по відношенню до контролю за роки досліджень був – 2,7 ц/га, що складає 34,1 %. Внесення $Р_{46}К_{28,5}$ у поєднанні з бором та молібденом за використання інокуляції збільшувало врожай відповідно на 0,39–0,44 т/га, а за внесенні N_{85} він знижувався, в порівнянні з фоном на 0,06 т/га [12].

Ще за одними даними оптимальною дозою внесення фосфорних і калійних добрив вважається $Р_{20\text{-}80}К_{60\text{-}100}$ [18].

Для стимулювання кращого росту та розвитку рослин в якості стартового добрива необхідно вносити фосфорні добрива та до 20 кг/га азоту [17].

За інтенсивних технологій вирощування сочевиці в умовах України, рекомендовано вносити фосфорні й калійні добрива дозою 45–60 кг/га діючої речовини. На полях з низьким вмістом поживних елементів є потреба вносити азотні добрива в розрахунковій дозі 30 кг/га діючої речовини. Доцільним вважається внесення фосфорних добрив дозою P_{10-15} у рядки під час сівби сочевиці. За умов холодної весни, коли спостерігається поганий розвиток рослин, посіви сочевиці доцільно підживлювати азотними добривами (N_{10-15}) [27].

Внесення мінеральних добрив під сочевицю в регіонах недостатнього зволоження втрачають свою високу ефективність. Застосування фосфорних і калійних добрив у цих умовах зволоження доцільніше застосовувати під попередник. Якщо розміщення культури йде після попередника під який вносили органічне добриво у вигляді гною, то внесення азотних добрив не рекомендується. У регіонах ведення сільського господарства, де сума річних опадів може складати 450–500 мм, рекомендовано вносити фосфорні і калійні добрива в дозі по 40–60 кг/га діючої речовини восени під основний обробіток ґрунту, також навесні в рядки під час сівби вносять фосфорні – 10–15 кг/га діючої речовини. На бідних ґрунтах, щоб отримати запрограмований врожай, доцільно вносити й азотні добрива в розрахунку 30–40 кг/га діючої речовини навесні під передпосівну культивацію [4].

Отже, з огляду літературних джерел можна зробити висновок, що досить обережно варто використовувати азотні добрива під культуру сочевиці, а от на внесення фосфорних і калійних добрив вона реагує позитивно. Також для отримання вищих врожаїв варто застосовувати інокуляцію насіння бульбочковими бактеріями. Для поліпшення симбіотичної азотфіксації рекомендують вносити також молібденові добрива.

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

В умовах досліду вирощували сорт сочевиці Антоніна. Зареєстрований у 2018 році. Даний сорт є відмінним попередником для більшості сільськогосподарських культур, особливо для озимих, тому що рано звільняє поле – вегетаційний період 73–78 діб.

Висота рослин змінюється від 35 до 55 см. Листочки у рослин видовжено-овальні, з цільними краями. Кількість насінин у бобі 1–3 шт. Насіння округле, зелено-жовтого забарвлення, гладеньке. Маса 1000 насінин знаходиться в межах 55–65 г. Урожайність за вологості 14 % становить $\pm$ 2 т/га. Вміст білка 22–24 %. Стійкість до посухи вища середньої – висока. Стійкість до розтріскування – 8 балів. Стійкість до хвороб і шкідників – 7 балів.

Сорт сочевиці Антоніна рекомендовано сіяти звичайним рядковим способом з нормою висіву 2,5 млн шт/га за оптимальних умов вирощування.

Рекомендований до вирощування в Степовій і Лісостеповій зонах сільськогосподарського виробництва.

РОЗДІЛ 3.
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Характеристика ґрунту під дослідом

Дослідження проводилися на дослідному полі кафедри агрохімії і ґрунтознавства в Уманському національному університеті садівництва, що знаходиться в Черкаській області.

Результати агрохімічних досліджень перед закладанням досліду показували такі значення: низький вміст гумусу (3,85 %), слабокисла реакція ґрунтового середовища (pH_{kcl} 5,9), низький вміст азоту легкогідролізованих сполук – 109 мг/кг, високий вміст рухомих сполук фосфору – 101 мг/кг та підвищений вміст калію – 128 мг/кг (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні характеристика чорнозему опідзоленого

Показник		Глибина відбирання зразка, см	
		0–20	20–40
pH_{kcl}		5,9	6,0
Вміст гумусу, %		3,85	3,69
Ємність катіонного обміну, смоль/кг		27,4	27,5
Гідролітична кислотність, смоль/кг		2,72	1,84
Ступінь насиченості основами, %		89,1	93,1
Вміст рухомих сполук, мг/кг	$N_{легк}$	109	106
	P_2O_5	101	95
	K_2O	128	100

В цілому ґрунт дослідної ділянки за агрохімічними показниками є придатним для вирощування сочевиці та інших польових культур за оптимізації умов їх живлення. Йому характерна висока родючість і за належного рівня

агротехнологічних прийомів, він здатний забезпечувати отримання високих урожаїв більшості сортів і гібридів основних сільськогосподарських культур.

Фізико-хімічні та агрохімічні показники чорнозему опідзоленого мають сприятливі показники для вирощування високих і сталих урожаїв сочевиці. Єдиним недоліком у показниках цього ґрунту можна вважати невисокий вміст азоту легкогідролізованих сполук, що можна з легкістю ліквідувати під час внесення мінеральних азотних добрив.

3.2 Кліматичні та погодні умови

Розташування Уманського району в Лісостеповій зоні, якому характерний помірно-континентальний клімат. Тут можна спостерігати м’які зими, з відносно частими відлигами. Літо часто спекотне. Середня температура повітря +7,3–9,5 °С. Період із середньодобовою температурою + 10 °С становить приблизно 155–175 діб. Опадів 460–570 мм на рік. Середня багаторічна відносна вологість повітря в межах 75 %.

Отже, можна вважати кліматичні умови області сприятливими для вирощування, як сочевиці, так і більшості польових культур. Проте, як і у всіх кліматичних зонах, в окремі роки спостерігаються несприятливі умови (відлиги, льодові кірки, посухи, суховії, сильні грозові дощі), які завдають значної шкоди сільськогосподарським культурам.

Неймовірно складні погодні умови спостерігалися у 2024 році і стали для всіх аграріїв випробовуванням на міцність (табл. 2). Агресивний погодний чинник вплинув на всі культури. Дефіцит опадів, починаючи з лютого, незвично тепла зима без снігового покриву, значні зміни температури, пізні весняні заморозки, весна без ефективних опадів у першій половині та спека і як наслідок посуха влітку – такі складалися умови для сільськогосподарських культур були у 2024 році.

Таблиця 2

Погодні умови на час проведення досліджень

(дані метеостанції Умань)

Показник	Місяці							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Сума опадів, мм								
Середня багаторічна	38	34	36	41	52	81	68	49
2024 р.	29,8	14,9	89,5	56,2	41,8	56,5	17,9	17,7
Температура повітря, °С								
Середня багаторічна	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1
2024 р.	-1,6	4,2	4,5	13,0	15,3	21,2	24,3	23,1
Відносна вологість повітря, %								
Середня багаторічна	86	85	82	68	64	66	67	68
2024 р.	84	80	76	67	57	69	60	56

3.3 Схема досліду та розміщення варіантів

Дослід було закладено на дослідних ділянках кафедри агрохімії і ґрунтознавства. Схема досліду включала 6 варіантів:

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

Розміщення варіантів – послідовне, триразова повторність. 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 зяблеву оранку ґрунту, азотні –

навесні, під передпосівну культивацію.

Варіанти розміщені систематичним методом:

I повторність II повторність III повторність

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6

3.4 Технологія вирощування сочевиці

Попередником для посівів сочевиці була пшениця яра. Відразу після її збирання проводили лущення стерні на глибину 6–8 см.

Фосфорні та калійні добрива (суперфосфат гранульований і калій хлористий) вносили восени, під зяблевий обробіток відповідно до доз, встановлених по варіантах досліду. Глибина оранки становила 25–26 см. Під ранньовесняне боронування вносили аміачну селітру.

За годину до сівби, половину насіння обробляли штамом бульбочкових бактерій (Ризостим) у дозі 1,8 л/т насіння. Сіяли 2,5 млн насінин/га з міжряддям 15 см на глибину 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 і соломи для аналізів проводили методом пробного снопа, збирання основного врожаю проводили прямим комбайнуванням [20].

Для відбору і підготовки ґрунтових проб до аналізу чинним є ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. Визначалися такі показники: кислотність ґрунту (pH_{KCl}) іономіром (згідно з ДСТУ ISO 10390-2007); вмісту загального вуглецю – за методом Тюрина модифікації Симакова (згідно з ДСТУ

4289:2004); вміст увібраних основ згідно МВВ 31–497058–007–2005; гідролітичну кислотність визналася методом Каппена (згідно ДСТУ 7537:2014); суму ввібраних основ за методом Каппена–Гільковиця (згідно ГОСТ 27821–88); ємності катіонного обміну та насиченості грунту основами за ДСТУ ISO 11260-2001; вміст азоту легкогідролізованих сполук – за методом Корнфілда (згідно з ДСТУ 7863:2015); рухомі сполуки фосфору – за модифікованим методом Чирикова (згідно з ДСТУ 4115-2002); рухомі сполуки калію – за модифікованим методом Чирикова (згідно з ДСТУ 4115-2002).

Кількість бульбочок у двох несуміжних повтореннях визначали на кореневій системі сочевиці (у кожному варіанті досліду на 10 рослинах).

Площа листкової поверхні – методом висічок.

Визначали вміст білка та жиру – методом інфрачервоної спектроскопії (приладом InfratecNova); масу 1000 насінин за ДСТУ ISO 520 [13].

Розрахунок економічної ефективності вирощування сочевиці проводили за загальноприйнятими методиками, враховували витрати за технологічними картами та реалізаційні ціни періоду вирощування.

Статистична обробка результатів дослідження проводилася стандартними програмами (ПІК «Agrostat», MSOfficeExcel), дисперсійний аналіз – за методикою В. О. Єщенка та ін. [15].

РОЗДІЛ 4
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЧЕВИЦІ

4.1. Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сочевиці

До значення застосування мінеральних добрив у сівозмінах зі сторони антропогенної еволюції ґрунтів відносяться не однозначно [9]. Їх застосування супроводжується підвищенням ефективної родючості, а також істотно змінюються агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту.

Як видно з показників табл. 3, значних змін вмісту гумусу у шарі 0–20 см від застосування мінеральних добрив по варіантах досліду не спостерігалося. Це можна пояснити не значною тривалістю досліду та заорюванням нетоварної частини урожаю. Спостерігалося незначне пониження показників pH сольової витяжки (до 0,32 од.), що вказувало на підкислення ґрунту і необхідність проведення в майбутньому вапнування.

Таблиця 3

Агрохімічні показники ґрунту в шарі 0–20 см після вирощування сочевиці, 2024 р.

Варіант досліду	Вміст гумусу, %	pH_{KCl}	Нг, смоль/кг	S, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	V, %	Вміст у ґрунті, мг/кг		
							$N_{легк}$	P_2O_5	K_2O
Перед вирощуванням сочевиці	3,85	5,90	2,72	22,2	27,4	89,1	109	101	128
Без добрив	3,69	5,83	2,75	22,9	27,2	89,3	96	95	120
$P_{30}K_{40}$	3,80	5,54	2,95	23,8	27,5	89,0	113	106	138
$N_{60}K_{40}$	3,70	5,58	2,99	23,2	27,3	88,6	110	109	140
$N_{60}P_{30}$	3,71	5,63	2,92	23,5	26,8	88,9	113	105	136
$N_{30}P_{30}K_{40}$	3,87	5,77	3,19	23,9	26,9	88,2	119	115	140
$N_{60}P_{30}K_{40}$	3,89	5,81	3,21	24,2	26,5	88,3	122	120	144

Застосування добрив сприяло підвищенні гідролітичної кислотності ґрунту до 3,21 смоль/кг, що на 0,49 смоль/кг більше ніж перед закладанням досліду. Ємність вбирання та ступінь насичення ґрунту основами залежно від удобрення майже не змінювались.

Найбільше зниження гумусу за два роки спостерігалося у варіантах: без внесення добрив (0,16 %), $N_{60}K_{40}$ (0,15 %) та $N_{60}P_{30}$ (0,14 %).

Необхідно відмітити, що застосування мінеральних добрив дозволяє підвищити залишок NPK в ґрунті після вирощування сочевиці. Так, у варіанті без добрив ми спостерігали зниження цих показників відносно до початку закладання досліду (N на 13, P на 6, K на 8 мг/кг), а у варіантах із удобренням спостерігалося збільшення макроелементів від 1 до 13 азоту, від 4 до 19 фосфору та від 8 до 16 калію, і максимум спостерігався у варіанті $N_{60}P_{30}K_{40}$.

4.2 Формування азотфіксувального апарату сочевиці

В ґрунті є вільноіснуючі бактерії роду *Rizobium*, які вступають у симбіоз з бобовими культурами і здатні засвоювати азот із атмосфери. Окремо від рослин вони не можуть фіксувати азот з повітря [33].

В результаті симбіозу рослини забезпечують бактерії поживними речовинами і створюються сприятливі умови для їх життя, а бактерії в свою чергу постачають до рослин азот. Так, вирощуючи бобові культури можна накопичувати азот в ґрунті [7].

За нормальних умов для симбіотичного процесу продуктивність рослин може збільшитися до 30 %, а також збільшити вміст білка в зерні на 3–6 % [33]. Так, результатом симбіозу бактерій і сочевиці можуть бути збільшення не лише врожайності, а й вмісту вітамінів, білка, жиру та ін. в зерні [7].

Так, створення оптимальних умов для симбіозу рослина-мікроорганізми дасть можливість реалізувати закладений природою і генетично азотфіксувальний потенціал. Утворення бульбочок на пряму залежить від

листового апарату, тому що він надає енергетичний матеріал потрібний, як рослинам, так і мікроорганізмам [34].

Для фіксації молекулярного азоту важливим процесом є утворення та наростання бульбочок і їх маси, що є показником симбіотичної діяльності симбіозу сочевиці і мікроорганізмів. На симбіотичну діяльність впливає фаза розвитку та низка інших чинників. На продуктивність інокуляції впливатиме рівень мінерального живлення та штам бульбочкових бактерій, ґрунтово-кліматичні умови, створення оптимальних умов для симбіозу та інше [2, 5, 7, 29].

Встановлено, що поява перших бульбочок на рослині фіксується на 8–10 добу після сходів. Це пов’язано з появою перших листків, тому що вони дають енергетичний матеріал для розвитку рослини і симбіонта. Кількість бульбочок змінюється залежно від удобрення і інокуляції насіння перед сівбою. Найбільше їх формування спостерігалось у фазу цвітіння. На не інокульованих рослинах бульбочки утворюються поодинокі, тоді як інокульовані рослини мають значно більшу їх кількість (табл. 4).

З даних табл. 4, бачимо що кількість бульбочок на корінні сочевиці істотно змінюється по фазах росту та розвитку рослин, доз добрив та їх поєднань з інокуляцією насіння препаратом бульбочкових бактерій. У фазу стеблування була відмічена невелика кількість бульбочок на кореневій системі – від 2 до 6 шт. Істотне збільшення кількості бульбочок на кореневій системі рослин відмічалося від інокуляції – до 14 шт/рос. Пік утворення бульбочок на кореневі системі відмічався у фазу цвітіння. Найбільше утворення бульбочок спостерігалося у варіанті досліду $N_{30}P_{30}K_{40}$ і становило 23 шт/рос. без інокуляції та 26 шт/рос. з інокуляцією. Внесення азотних добрив дозою 60 кг/га д. р. сприяло пригніченню утворення бульбочкових бактерій незалежно від фази росту рослин. Це підтверджує дані щодо негативного впливу посиленого азотного живлення на утворення та ефективне функціонування симбіотичного бобово-ризобіального апарату.

Таблиця 4

Утворення бульбочок на рослинах сочевиці залежно від удобрення і інокуляції (2024 р.), шт/рослині

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослини				Зміна у фазу цвітіння	
	Стеблування		Цвітіння		удобрення	інокуляції
	Б/і	і	Б/і	і		
Без добрив (контроль)	3±1	6±2	14±3	19±3	–	5
$P_{30}K_{40}$	3±1	10±2	19±3	24±3	5	5
$N_{60}K_{40}$	2±1	8±2	14±3	18±3	0	4
$N_{60}P_{30}$	4±1	10±2	17±3	22±3	3	5
$N_{30}P_{30}K_{40}$	6±1	14±3	23±2	26±3	9	3
$N_{60}P_{30}K_{40}$	5±1	11±2	20±3	25±3	8	5

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

Інокуляція насіння сочевиці штамом бактерій мала істотний вплив на утворення бульбочок на кореневій системі в усі фази росту і розвитку рослин. Так, у фазу цвітіння рослин цей агрозахід збільшував кількість бульбочок на 3–5 шт/рослину. Також слід зазначити, що краще утворення їх було за фосфорного і калійного удобрення і помірного азотного, адже відомо, що великі дози азоту спричинюють відмирання бульбочок.

Отже, дослідженнями встановлено, що високі дози азотного добрива не рекомендуються для внесення під сочевицю, тому що вони гальмуватимуть утворення бульбочок на кореневі системі, також встановлено позитивний вплив поліпшеного фосфорного живлення на це явище, а от калійні добрива мають не значний вплив. Що стосується інокуляції, то її вплив безумовно є позитивним для утворення бульбочок, і як наслідок збільшення врожаю.

4.3 Динаміка наростання листкового апарату сочевиці

Площу листків вважають основним показником, який характеризує стан посівів. Встановлена позитивна залежність між площею листкового апарату і швидкістю його формування. Коли площа листків досягала 30–40 тис. м^2 частка енергії, яка поглиналася підвищувалася в майже пропорційній залежності; якщо площа листків продовжувала наростати, то це спричинювало погіршення освітлення середнього і особливо нижнього ярусів, як наслідок знижувалася чиста продуктивність й інтенсивність фотосинтезу. Також, інтенсивне наростання листків не завжди сприяє збільшенню загальної фітомаси, а іноді навіть знижує її [31].

За швидкого формування оптимальної площі листкового апарату, отримуються високі врожаї, листки зберігаються в активному стані більш тривалий час й надає в кінці вегетації на формування продуктивних органів, створені впродовж вегетації сполуки [16, 28].

За нестачі вологи і мінеральних речовин, не оптимальних термінів посіву і норми висіву та інших технологічних операцій різко знижується площа листків, як наслідок і ефективність роботи асиміляційного апарату.

Поряд із формуванням площі листкового апарату важливим чинником є розташування листків за висотою. Чим рівномірніше воно розміщене по стеблу, тим сприятливіша структура посіву для формування продуктивності. У такому випадку освітленість листків буде рівномірна і у посівів не буде виникати світловий голод, а навпаки, збільшиться коефіцієнт використання ФАР. Саме тому рослинам з вертикальним і рівномірно розміщеним вузькими листками по висоті, притаманна висока інтенсивність фотосинтезу [16].

На початку вегетації маса листків і її поверхня незначна, тому рослини сочевиці мають слабку конкурентоспроможність з бур’янами (табл. 5).

У період генеративного розвитку листова маса і її поверхня находяться в максимальній кількості. Але в цей періоду починає відмирати нижні листки, особливо якщо загущені посіви, зменшується фотосинтетична активність

рослин, і як наслідок часто відбувається осипання утворених суцвіть і плодів у великій кількості.

Таблиця 5

Площа листкового апарату посівів сочевиці залежно від удобрення та інокуляції насіння (2024 р.), тис. м^2/га

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослин					
	Початок гілкування		Цвітіння		Початок достигання насіння	
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	14,9	15,8	29,2	30,3	19,1	20,2
$P_{30}K_{40}$	15,9	16,8	31,6	33,0	20,8	22,1
$N_{60}K_{40}$	16,6	17,7	33,3	34,9	23,2	25,1
$N_{60}P_{30}$	17,2	18,7	32,8	34,2	23,8	25,1
$N_{30}P_{30}K_{30}$	19,1	20,5	34,7	35,9	25,5	26,9
$N_{60}P_{30}K_{40}$	20,2	21,0	35,9	38,0	27,8	29,6

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

З даних таблиці 5 бачимо, що найбільша площа листкового апарату була у фазу цвітіння, після утворення та початку достигання бобів відмічається зменшення листкового індексу на ± 10 тис. м^2/га. Навіть на початку вегетації сочевиці можна помітити позитивну дію мінеральних добрив та інокуляції на утворення листкового апарату добрив, особливо азотних і фосфорних. Так, у варіанті з внесенням $N_{60}P_{30}K_{40}$ відмічалися найбільші показники площі листкового апарату. Інокуляція насіння сочевиці незалежно від фази розвитку рослин сочевиці сприяла наростанню більшої площі листкового апарату.

Отже, на утворення та інтенсивність роботи листкового апарату істотний вплив у досліді мали дози мінеральних добрив та інокуляція. Найкраще з мінеральних добрив має вплив застосування азотних добрив. Найбільшу площу фотосинтетичного апарату за роки досліджень отримано за внесення повного мінерального добрива $N_{60}P_{30}K_{40}$ у поєднанні з інокуляцією насіння – 38,0 тис $м^2$/га (фаза цвітіння).

4.4 Забезпеченість рослин сочевиці азотом

Забезпеченість рослин сочевиці азотом визначали за допомогою N-тестера, їх широко використовують для визначення потреби рослин у підживленні. Робота N-тестера базується на визначенні вмісту хлорофілу в рослині, оскільки різні рослини мають різний вміст хлорофілу, то одержані виміряні величини потрібно уточнювати. Вимірювання можна проводити у будь який час дня, покриття листків пестицидами або вологою не впливає на отримані результати [10].

Позитивною стороною даного способу є те, що враховуються варіації вмісту хлорофілу на різних стадіях росту і розвитку різних сортів за різних кліматичних умов, але вміст доступних ґрунтових елементів живлення майже не впливає на середній показник, тому що всі умови вирощування культури однакові.

Сочевиця здатна накопичувати значну кількість азоту, тому важливе значення під час вирощування даної культури можна відвести водо- та азотозабезпеченню. Дослідженнями відмічений вплив удобрення та інокуляції на забезпеченість рослин сочевиці азотом (табл. 6).

З даних табл. 6 бачимо, що активна зміна забезпеченості рослин сочевиці азотом в сторону збільшення відмічена у варіантах із застосуванням азотних добрив – на 53–80 од. приладу без інокуляції у II декаду червня та на 25–76 од.

приладу в II декаду липня, також істотно збільшується цей показник від інокуляції – до 18 од. приладу відносно до варіантів без інокуляції.

Таблиця 6

Динаміка забезпеченості сочевиці азотом у період вегетації, од. приладу N-тестер

Варіант досліду	Календарний строк визначення			
	II дек. червня		II дек. липня	
	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	415	425	544	557
$P_{30}K_{40}$	455	465	547	561
$N_{60}K_{30}$	468	476	569	576
$N_{60}P_{30}$	471	479	581	599
$N_{30}P_{30}K_{40}$	478	489	605	618
$N_{60}P_{30}K_{40}$	495	503	620	633

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

Поліпшення живлення рослин сочевиці азотом у другий період визначення можна пояснити надходженням його завдяки симбіотичній азотфіксації. Особливо це чітко проявляється за внесення невисоких доз азотних добрив і достатнього живлення рослин фосфором і калієм.

4.5 Урожайність і якість насіння сочевиці

Серед зернобобових збільшується попит на таку нішеву культуру, як сочевиця. Невимогливість її до вологи надає її поширення в зоні Степу і Лісостепу [22].

Система удобрення зернобобових культур спрямована на оптимальне поєднання біологічного азоту та азот мінеральних добрив, що дає можливість збалансувати його колообіг по сівозміні [8].

Перші етапи росту й розвитку рослин характерні неспроможністю забезпечити себе азотом з ґрунту, тому бобові потребують стартового азотного живлення, особливо в холодні і затяжні весни. Проте внесення високих доз азотних добрив гальмує розвиток бульбочкових бактерій на корінні рослин, знижується їх азотфіксувальна здатність і рослини переходять на живлення мінеральним азотом [6].

На ефективність симбіозу бульбочкових бактерій і рослин сочевиці істотний вплив має інокуляція відповідним штамом бактерій. Приріст основної продукції від симбіотичної азотфіксації може становити 24 %, а витрати на проведення інокуляції не більше 3–5% отриманого прибутку. Також на тлі цього зменшуються потреби у внесенні мінеральних азотних добрив. [6].

Дослідженнями встановлено, що на врожайність у дослідний періоду значний вплив мали погодні умови, які були несприятливі у 2024 році, тому спостерігалося зниження врожайності в порівнянні з попередніми роками. Якщо порівнювати ділянки з внесенням добрив відносно контролю, то слід відмітити варіант із повним мінеральним добривом, де приріст від удобрення в становив 0,67 т/га (табл. 7).

Що стосується інокуляції насіння, то цей агрозахід збільшував врожайність по всіх варіантах досліду. Найбільший приріст при цьому був у варіантах досліду $N_{30}P_{30}K_{40}$ – 0,29 т/га та $N_{60}P_{30}$ – 0,31 т/га, або 13,6 і 14,1 % відповідно.

Отже, проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що в залежності від впливу добрив і інокуляції найкраще себе проявив варіант досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$, де врожайність становила 2,35 т/га без інокуляції та 2,61 т/га з інокуляцією.

Таблиця 7

Урожайність сочевиці залежно від удобрення та інокуляції, т/га

Варіант досліду	Без інокуляції, т/га	З інокуля-цією, т/га	Приріст від добрив, т/га	Приріст від інокуляції, т/га	Вплив інокуляції, %
Без добрив (контроль)	1,68	1,90	–	0,22	13,1
$P_{30}K_{40}$	2,00	2,20	0,32	0,20	10,0
$N_{60}K_{40}$	2,08	2,25	0,40	0,17	8,2
$N_{60}P_{30}$	2,20	2,51	0,52	0,31	14,1
$N_{30}P_{30}K_{40}$	2,13	2,42	0,45	0,29	13,6
$N_{60}P_{30}K_{40}$	2,35	2,61	0,67	0,26	11,1
$НІР_{05}$	0,12				

Якість насіння зернобобових зазвичай визначають вмістом жиру і протеїну. Відомо, що на вміст жиру в насінні має вплив внесення фосфорних і калійних добрив [23]. А от внесення високих доз азотних добрив навпаки значно зменшує вміст жиру, але значно впливає на вміст протеїну.

Маса 1000 насінин називають одним з основних якісних показників структури врожаю зерна бобових культур [7, 11, 13, 30]. Чисельні дослідження встановили кореляційну залежність між M_{1000} і величиною сформованого врожаю [10].

Дослідженнями встановлено, що за різних систем удобрення, особливо азотними добривами, змінюється якість насіння сочевиці (табл. 8).

З даних табл. 8 бачимо, що зміна якісних показників варіювала залежно від удобрення та інокуляції. Так на масу тисячі насінин значний вплив мають калійні добрива, тому найменший це показник був у варіанті $N_{60}P_{30}$ та без внесення добрив. Вміст сирого протеїну змінювався не сильно і в залежності від азотного забезпечення. Збільшення вмісту олії в насінні залежало від

забезпечення рослин фосфором і калієм. Також встановлено, що зі збільшенням вмісту в насінні сочевиці протеїну, вміст олії знижується.

Таблиця 8

Якісні показники насіння сочевиці залежно від удобрення та інокуляції

Варіант досліду	Маса 1000 насінин, г		Вміст, %			
			сирого протеїну		олії	
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	47,5	48,9	26,7	27,6	21,4	21,3
$P_{30}K_{40}$	50,9	52,8	26,8	27,9	20,5	20,1
$N_{60}K_{40}$	54,8	56,9	26,7	27,9	20,5	21,0
$N_{60}P_{30}$	52,6	53,7	29,8	30,3	20,9	21,5
$N_{30}P_{30}K_{40}$	54,2	56,4	31,7	32,8	20,6	21,5
$N_{60}P_{30}K_{40}$	53,8	54,8	32,8	33,9	20,8	21,3
$НІР_{05}$	2,62	2,70	1,45	1,50	1,04	1,06

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

РОЗДІЛ 5.
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ І БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ ПІД СОЧЕВИЦЮ

Культивуючи будь яку сільськогосподарську культуру, кожен агроном хоче отримувати високу економічну ефективність від її вирощування, а саме максимальний прибуток.

Ефективною технологією вирощування сільськогосподарських культур, зокрема таких її складових, як система удобрення та норма висіву, є така, що забезпечить найбільший вихід сільськогосподарської продукції з 1 га і високу окупність витрат на її вирощування. Для цього проводили економічний аналіз змінних чинників у цінах 2024 р. за такими показниками, як: вартість валової продукції, грн/га; виробничі витрати, грн/га; умовно чистий прибуток на одиницю площі, грн/га; собівартість 1 т зерна, грн/т; рентабельність, %.

З даних таблиці 9 бачимо, що кількість витрат збільшується по варіантах у залежності від доз мінеральних добрив, а у варіанті без внесення мінеральних добрив витрати були мінімальні – 11200 грн/га без інокуляції та 11700 грн/га із інокуляцією насіння. Це пов’язано із високими цінами на мінеральні добрива. Найбільші витрати спостерігалися у варіанті досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$ – 20 324 грн/га без та 20 824 грн/га з інокуляцією, але поряд з цим в цьому варіанті спостерігається найбільший прибуток – відповідно 43126 грн/га та 49646 грн/га.

Найбільший рівень рентабельності у контрольному варіанті без внесення добрив, найменший у варіанті – $N_{60}P_{30}K_{40}$.

Отже, тому що для господарства чи приватного підприємця важливим аспектом вирощування будь якої культури є прибуток, то найкраще себе проявив варіант досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$, де отримано максимальний прибуток.

Таблиця 9

Економічна ефективність вирощування сочевиці, 2020-2021 рр.

Варіант досліду	Витрати на 1 га, грн	Урожайність, т/га	Вартість 1 т зерна, грн	Собівартість 1 т зерна, грн	Дохід, грн/га	Прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Без добрив (контроль)	11200 11700	1,68 1,90	27 000	6666 6158	45360 51300	34160 39600	305 338
$P_{30}K_{40}$	14868 15368	2,00 2,20	27 000	7434 6985	54000 59400	39132 44032	263 287
$N_{60}K_{40}$	18224 18724	2,08 2,25	27 000	8762 8322	56160 60750	37936 42026	208 224
$N_{60}P_{30}$	18756 19256	2,20 2,51	27 000	8525 7672	59400 67770	40644 48514	217 252
$N_{30}P_{30}K_{40}$	17596 18096	2,13 2,42	27 000	8261 7478	57510 65340	39914 47244	227 261
$N_{60}P_{30}K_{40}$	20324 20824	2,35 2,61	27 000	8648 7978	63450 70470	43126 49646	212 238

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

РОЗДІЛ 6.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Організація умов і заходів з охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час внесення добрив на посівах сочевиці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [24].

Безпека праці – умови праці на об'єктах матеріального виробництва, зокрема промисловості, транспорту тощо, що виключають вплив небезпечних і шкідливих чинників на працюючих. Безпека праці підтримується шляхом виконання комплексу заходів щодо запобігання травматизму, захворювань і аварій [24].

Недотримання правил безпеки призводить до травмування, отруєння і навіть смерті робітника, тому при роботах пов’язаних з добривами важливим є дотримання наступних вимог:

1. Транспортувати, зберігати та застосовувати пестициди потрібно з не порушенням Закону України «Про пестициди і агрохімікати».

2. У темний час доби забороняється здійснення робіт пов’язаних з перевезенням аміаковмісних мінеральних добрив, змішування і приготування розчинів та внесення їх у ґрунт.

3. Забороняється транспортування разом різних видів пестицидів, які у разі порушення герметичності упаковки можуть спричинити займання.

4. Пестициди, добрива і протруєне насіння заборонено перевозити разом з продуктами харчування, біологічними засобами захисту, а також людьми.

5. Тара від мінеральних добрив повинна утилізуватися згідно з вимог природоохоронного законодавства. Після використання тари від добрив заборонено навіть після її знешкодження.

6. Усі з'єднання машини, які використовуються в роботі з пестицидами і добривами повинні бути оснащені ущільнюючими прокладками.

Модель небезпечної ситуації під час транспортування добрив в поле:

Небезпечна умова (НУ) – тракторний причіп експлуатується без гальм;

Небезпечна дія (НД) 1 – перевищення швидкості руху водієм трактора;

НД 2 – різкий поворот;

Небезпечна ситуація (НС) – перекидання трактора з причіпом;

Аварія (А);

Травма (Т) водія.

НД1

↓

НУ→НС→А→Т

↑

НД2

Отже, для створення безпечних умов праці під час, як під час внесення мінеральних добрив, так і під час будь-яких технологічних операцій під час вирощування сочевиці важливим є знання та дотримання правил безпеки.

6.2 Охорона навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив

Екологічні проблеми агрохімії пов'язані із збереження біосфери з'явилися у світі відносно недавно, в результаті підвищення темпів виробництва і застосування мінеральних добрив у сільському господарстві. Однак ці проблеми мають міжнародне значення та глобальні обсяги.

Хімізацію землеробства неможливо переоцінити, тому що в наш час загальновідомо, що в результаті використання добрив можливий приріст врожаю близько 40 %, поліпшується кругообіг біогенних елементів.

Однак очевидним є й те, що зростання обсягів застосування мінеральних добрив може порушити природний цикл кругообігу речовин, що призведе до загострення проблем нітратів та евтрофікації водойм.

Згубний вплив добрив на навколишнє природне середовище різний, але виділяють такі причини:

1. Надходження поживних елементів з добрив у підґрунтові води та поверхневий їх стік призводе до посиленого розвитку водоростей та утворення планктону (евтрофікація природних вод).

2. Неправильний підбір і використання мінеральних добрив може призвести до погіршення кругообігу і балансу поживних речовин, агрохімічних властивостей, родючості ґрунту. Так, велике застосування азотних добрив може підвищити кислотність ґрунту.

3. Підвищене застосування добрив, низька якість і властивості мінеральних добрив призводять до зменшення продуктивності сільськогосподарських культур і якості продукції та нагромадження в ній нітратів.

За останні 20–30 років до водойм надходять стоки, що містять велику кількість сполук азоту і фосфору. Це пов’язане із змивом добрив з полів. Внаслідок цього в глибинній зоні спостерігається анаеробний обмін, нагромаджується аміак, сірководень тощо. Порушуються окисно-відновні процеси і спостерігається дефіцит кисню. Це призводить до загибелі багатьох цінних видів рослин і риб, вода стає непридатною для пиття і навіть для купання. Такі евтрофіковані водойми втрачають господарське і біогеоценотичне значення. На думку вчених, ці водойми здатні повернутися у свій першопочатковий стан, якщо до них не потраплятимуть сторонні речовини. Це пов’язують з періодом відновлення вод у природі.

Результати досліджень показують, що «цвітіння» води за рахунок водоростей помічено тільки за концентрація фосфору у воді більше 0,01 мг/л.

Щодо охорони здоров’я людей, то дуже важливо, щоб вміст нітратів та токсичних речовин у питній воді не перевищував межі допустимої концентрації. Всесвітня організація охорони здоров’я (ВОЗ) встановила межу допустимої концентрації нітратного азоту в питній воді, яка в помірних широтах становить 22, а в тропіках — 10 мг/л. Однак у районах, де інтенсивно застосовують азотні добрива часто вміст нітратного азоту в питній воді більше межі допустимої концентрації.

Втрати добрив за неправильного їх застосування бувають дуже значними, особливо при ранньовесняному або зимовому їх внесенні. Із стічними водами на полях, де є навіть незначний схил, може виноситися 50–100% азоту, 30–40% фосфору, 40–70 калію від внесеної кількості. Основна частка біогенних елементів (до 80–90% річного навантаження) надходить до водом на весні з талими водами.

Отже, явище потрапляння макро- і мікроелементів до водойм є досить небезпечне, як для людини, так і для біосфери в цілому, тому варто раціонально і правильно підбирати дози, форми і строки внесення добрив під час вирощування всіх сільськогосподарських культур, в тому числі і сочевиці.

ВИСНОВКИ

Дослідження були спрямовані на визначення ефективних доз добрив під сочевицю та встановлення доцільності передпосівної інокуляції її насіння. В результаті досліджень можна зробити наступні висновки:

- Інокуляція незалежно від варіанту досліду сприяла підвищенню врожаю, але на її інтенсивність значний вплив мають азотні добрива – великі їх дози внесення пригнічують діяльність мікроорганізмів. Також відмічена позитивна дія фосфорних добрив на симбіотичну азотфіксацію.
- Застосування мінеральних добрив та інокуляції мало значний вплив на формування листкового апарату сочевиці і найкращі показники мав варіант $N_{60}P_{30}K_{40}$ в поєднанні з інокуляцією – 38,0 тис $м^2$/га (фаза цвітіння).
- Встановлено вплив азотних добрив на забезпеченість рослин азотом на початку вегетації. Залежно від різних чинників (варіант досліду, строк визначення) показники забезпеченості рослин сочевиці азотом були в межах 415–633 одиниць приладу N-тестер.
- Залежно від удобрення та інокуляції змінювалися якісні показники і урожайність сочевиці. Так найкращі показники урожайності насіння були відмічені у варіанті досліду $N_{60}P_{30}K_{40}$ і становили 2,35 та 2,61 т/га без інокуляції та з інокуляцією відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамень Ф. Ф. Основні напрямки науково-технічної політики у селекції сільськогосподарських культур. Вісник аграрної науки. 2000. № 10. С. 5-7.
2. Алєксєєв О. О. Вплив екологічних чинників на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. Сільське господарство та лісівництво. Екологія та охорона навколишнього середовища. 2016. №4. С. 187–196.
3. Бабич А. О. Адаптивна селекція зернобобових в умовах Лісостепу. Вісник аграрної науки. 2003. № 10. С. 39-42.
4. Бобові. Коротка характеристика. Київ : ТОВ «Аваст-Трейд», 2011. 20 с.
5. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ: Аграр. наука, 2006. 312 с.
6. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.
7. Господаренко Г. М., Бахмат О. М., Прокопчук І. В., Вишневська Л. В., Кравченко В. С. Складові технології вирощування сої. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. 208 с.
8. Господаренко Г. М., Невлад В. І., Прокопчук І. В., Прокопчук С. В. Симбіотична азотфіксація та врожай. Умань : Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 324 с.
9. Господаренко Г. М. Основи інтегрованого застосування добрив у польовій сівозміні. Київ: ЗАТ “Нічлава”, 2002. 342 с.
10. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.
11. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. *Наукові горизонти*. 2018. №1 (64). С. 24–28.
12. Додіхудоєва Г.Р. Симбіотична фіксація азоту повітря і продуктивність сочевиці залежно від режиму удобрення в умовах Центрального Таджикістана: автореф. дис. … канд. с.г. наук: 06.01.09. Душанбе, 2004. 24 с.
13. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.

14. Зернові бобові культури. За ред. Д.Ф. Лихваря. Київ: Урожай, 1964. С. 52-68.

15. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

16. Камінський В. Ф., Глієва О. В. Площа листкового апарату та фотосинтетична продуктивність посівів проса за різних рівнів мінерального живлення. *Збірник наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 79–84.

17. Краєвский О.М., Карпенко О. А., Шабашов В. В. Особливості технології вирощування зернобобових культур в умовах Луганської області. Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. № 20 (32). Серія «Сільськогосподарські науки». 2002. С. 84-89.

18. Лихочвор В.В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. Львів: Українські технології, 2008. С. 607–612.

19. Масюченко О. М. Формування продуктивності окремих бобових культур залежно від елементів технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Суми, 2013. 20 с.

20. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.

21. Мусієнко Л. А. Оптимізація системи удобрення сочевиці на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України : дис. … доктора філософії. Умань, 2023. 170 с.

22. Мусієнко Л. А . Урожайність сочевиці на чорноземі опідзоленому залежно від умов мінерального живлення. *Науково-технологічне та методичне забезпечення виробництва екологічної, конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції в сучасних умовах* : Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Умань, 15 червня 2022 року. Умань, 2022. С. 54–55.

23. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. *Пропозиція*. 2002. №11. С. 45–47.

24. Пістун І. П. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво): Навчальний посібник /І. П. Пістун, А. П. Березовський, С. А. Березовський. Суми: ВТД «Університетська книга» 2009. 368 с.

25. Присяжнюк О. І., Топчій О. В., Слободянюк С. В., Карпук Л. М. та ін. Сочевиця. Біологія та вирощування : монографія. Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.

26. Рассадіна І. Ю., Недвига М. В., Нікітіна О. В., Мусієнко Л. А. Вплив мінерального удобрення та інокуляції на врожайність сочевиці. Збірник наукових праць Уманського НУС. 2020. Вип. 96(1). С. 160–169.

27. Розвадовський А. М., Бабич А. О., Петриченко В. Ф та інші. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. за ред. А. М. Розвадовського. Київ: Урожай, 1990. С. 153–157.

28. Сауляк О. М. Процеси росту і розвитку сочевиці харчової залежно від норм висіву та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №3. С. 44–48.

29. Система удобрення сільськогосподарських культур у землеробстві початку XXI століття. С. А. Балюк та ін. За ред. С. А. Балюка, М. М. Мірошниченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.

30. Слободянюк С. В. Особливості формування продуктивності сочевиці залежно від інокуляції та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України : дис. … канд. с.-г. наук : 201 «Агрономія». Київ, 2021. 195 с.

31. Сухова Г. І. Фотосинтетична діяльність сортів сочевиці в умовах Східного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ.* Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. 2012. № 2. С. 150–155.

32. Технології виробництва продукції рослинництва. Підручник. С.П. Танчик та ін. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2008. С. 476–478.

33. Толкачов М. З. Оптимізація симбіозу рослин і бульбочкових бактерій в сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво.* 2003. Вип. 51. С. 134–146.

34. Центило Л. В. Функціонування азотфіксувального симбіозу та продуктивність гороху за різних видів і рівнів удобрення. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. Вип. 24. С. 37–42.

35. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д. та ін. Сучасна технологія вирощування сочевиці. Науково-виробниче видання. Дніпропетровськ, 2013. 48 с.

36. Шевченко А.М.. Шевченко І. А. Сочевиця – цінна продовольча культура. Луганськ : ТОВ «Знання», 2003. 27 с.

37. 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. Vol. 37. Issues 10, October 2005. P. 1775-1784.

38. Biederbeck V.O., Campbell C.A., Rasiah V., Zentner R. P. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. Guang Wen. Soil biology and biochemistry. Vol. 30. Issues 8-9, August 1998. P. 1177-1185.

ДОДАТКИ