МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту
«____» _____ 2025 р.
Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент
_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВПЛИВ УМОВ ЖИВЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 25 м-а
спеціальності 201 Агрономія
ВОЛИНЧУК Вадим Анатолійович

Керівник: Ліна МУСІЄНКО,
доктор філософії, старший викладач

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОЧЕВИЦІ (огляд літератури).. 5
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. Агротехнологія вирощування сочевиці..... 16
3.5. Програма досліджень і методика їх проведення 16
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЧЕВИЦІ…… 18
4.1 Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сочевиці…… 18
4.2 Формування азотфіксувального апарату..... 19
4.3 Динаміка наростання листкового апарату 21
4.4 Забезпеченість рослин азотом 23
4.5. Урожайність і якість насіння 24
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЧЕВИЦІ…… 28
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ... 30
6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування сочевиці…….....…. 30
6.2. Охорона навколишнього природного середовища під час застосування пестицидів і добрив..... 32
ВИСНОВКИ 33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 34

ВСТУП

Відомо, що для зернових колосових культур, особливо озимих, найкращими попередниками є зернобобові культури. Це пов’язано з тим, що вони залишають значну кількість азоту; порівняно з іншими культурами після них залишається поліпшена структура ґрунту; і, що найголовніше, вони рано звільняють поле. Останнє дає змогу накопичити і зберегти на період сівби достатні запаси вологи, що дасть змогу отримати сходи озимих культур. Зернобобові відомі, як відмінні поліпшувачі ґрунту. Завдяки симбіозу з азотфіксувальними бактеріями вони засвоюють велику кількість атмосферного азоту, а завдяки стрижневій кореневій системі можуть використовувати важкодоступні для зернових мінеральні сполуки як з орного шару, і більш глибоких горизонтів [14, 25]. Введення в сівозміну бобових культур дає змогу попередити можливі накладки під час посівної та жнив, оскільки, у зв’язку з біологічними особливостями, їх висівають після сівби зернових колосових, а збирають до початку (горох) або після збирання зернових колосових (чина, нут, сочевиця).

Також, зернобобові, зокрема горох, чина й нут належать до цінних кормових та продовольчих культур. Адже, поміж сільськогосподарських культур зернобобові мають найвищий вміст білка. Так, наприклад, у зерні ярої пшениці (твердої) середній вміст білка в межах 16 %, то в зерні зернобобових – 25−35 %. За калорійністю і вмістом білка в зерні зернобобові культури переважають рибу, м’ясо та інші продукти харчування. Також важливим є й те, що їх білки повноцінні за амінокислотним складом та значно краще засвоюються організмом, порівняно з білками злакових культур [22, 32].

Мета досліджень полягала у встановленні оптимальних доз добрив для отримання високих і якісних врожаїв, вивченні впливу інокуляції у поєднанні з удобренням на формування врожаю.

Наукова новизна одержаних результатів: вперше в умовах Правобережного Лісостепу розкрито вплив удобрення та удобрення в комплексі з інокуляцією на біологічний потенціал сочевиці сорту Антоніна.

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

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

До **практичного значення отриманих результатів** відносять удосконалення системи удобрення сочевиці на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу.

Апробація матеріалів. Результати проведених досліджень підлягали оприлюдненні та обговоренні на засіданнях студентського наукового гуртка кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУ. За матеріалами досліджень опубліковано тези доповіді у збірнику тез Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної аграрної науки».

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЧЕВИЦІ
(огляд літератури)

В Україні поступово набирає популярності нішева зернобобова культура – сочевиця. Так, посівні площі під сочевицею поступово зростали, у 2016 р становили – 1,6 тис. га, в 2017 – 8,2 тис. га та у 2018 – 28 тис. га; далі через недостатній рівень знань її потреб і складність вирощування площі її вирощування зменшилися до 7,7 тис. га у 2019 та 3,2 тис. га у 2020 році [39].

Основні області її вирощування в Україні це Вінницька, Полтавська, Харківська, Київська, Дніпропетровська, Кіровоградська, Сумська, Тернопільська, Одеська, Хмельницька [8].

Як і в решти зернобобових, насіння її багате на білок (до 34 %), має хороші смакові якості. Використовують його для виготовлення ковбас, супів, консервів, білкових препаратів, шоколаду та печива [39]. За повноцінністю рослинного білка серед зернобобових культур вона перевищує горох, нут і квасолю. До складу білків сочевиці входять критичні амінокислоти (триптофан, метіонін, лізин), вони можуть задовольнити добову норму людини у них. Вміст триптофану в насінні сочевиці в 6,8 разів більше, ніж у насінні гороху та 2,5 ніж у насінні сої [26, 43].

Сочевиця є цінним попередником для багатьох зернових і технічних культур. Цінність її, як і решти зернобобових полягає в тому, що вона сприяє фіксації азоту з повітря, поліпшує родючість ґрунту, що підвищує врожайність наступних культур сівозміни. Так, деякими дослідженнями встановлено, що культура здатна накопичувати 100–150 кг/га азоту за рік [42], ще за одними даними – до 200–300 кг/га [24]. Після збирання врожаю, вона залишає в ґрунті до 90 кг/га біологічного азоту [47].

Введення в сівозміну 20 % бобових може зменшити застосування азоту мінеральних сполук на 30–40 %, цей агрозахід досить популярний в

біологічному землеробстві. Збільшивши посівні площі зернобобових, можна забезпечити підвищення врожайності інших культур сівозміни. Сочевиця може використовувати вологу з метрового шару ґрунту, а також здатна економно її витрачати, це робить її придатною для вирощування в засушливих районах. Вона дає можливість гарно підготувати ґрунт під наступну культуру і не виснажує його, адже вона рано звільняє посівні площі. В цьому і полягає її цінність, як попередника і як джерела екологічного добрива. Врожайність зернових після сочевиці може підвищитися на 0,3–0,6 т/га [48].

Важливим чинником, що впливає на ріст і розвиток рослин є їх мінеральне живлення. На початку вегетації сочевиця росте повільно, засвоює мало поживних речовин, тому високі врожаї можна отримати лише на незабур'янених полях. До найкращих попередників для неї можна віднести просапні культури (кукурудзу, картоплю, буряк цукровий та пшеницю озиму [10, 46].

Ключовим чинником підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, в тому числі і сочевиці, є удобрення. Головна умова одержання високоякісних врожаїв є оптимальне живлення рослин, досягнення даної мети неможливе без застосування добрив [4, 21, 27, 28, 35, 36, 44].

Забезпечення рослин азотом є важким завданням, порівняно із будь-яким іншим елементом, адже важливо правильно відрегулювати живлення азотом мінеральних сполук та фіксованим азотом з атмосфери [31]. Спостерігається висока потреба рослин сочевиці в азоті впродовж усього періоду вегетації.

До основних джерел азотного живлення рослин відносять:

- азот мінеральних сполук, що утворився у ґрунті в результаті мікробіологічних процесів;
- азот, що вноситься з мінеральними добривами;
- азот фіксації молекулярного азоту мікроорганімами;

- азотні сполуки, що надходять з атмосферними опадами, насінням та поливною водою [15].

Азотне живлення, яке базується тільки на фіксації азоту з повітря, має певний ризик, адже необхідна кількість азоту для рослини може бути отримана лише за умови достатньо розвиненого симбіотичного апарату та активній його діяльності [13].

Існує низка робіт в яких аргументується, що вирощувати бобові культур ліпше без застосування азотних добрив, адже за оптимальних умов розвитку рослин та бульбочкових бактерій утворюється симбіотичний союз, в результаті якого рослини можуть самі забезпечити себе азотом [5, 34].

Ефективне використання рослинами біологічно зв'язаного азоту можливе тоді, коли бульбочкові бактерії вірулентні (тобто можуть швидко проникати в корінь рослини) і активні. Вірулентність характеризується кількістю бульбочок, що утворилася, а активність – приростом врожаю та кількістю накопиченого азоту [15].

Після збору врожаю, приблизно 30 % біологічно фіксованого азоту залишається з післяжнивними рештками і використовується наступною культурою, що вирощується на полі [10].

Відомо, що за звичайних умов зернобобові культури можуть використовувати лише 10–30 % азотіксувального потенціалу [1]. Інокуляція підвищує даний показник до 15–50 %, решта може бути використана за оптимальних умовах функціонування симбіозу.

Інтродукцію активних штамів бульбочкових бактерій здійснюють передпосівною обробкою насіння відповідним мікробним препаратом [42].

З отриманих даних досліджень О. Д. Данильченко [15] видно, що обробка насіння сочевиці Поліміксобактерином забезпечувала збільшення кількості бульбочок до 11,5 шт/рослину, що на 17 % більше за контроль, при цьому маса бульбочок збільшилася на 16 %.

Відомо, що застосування фосфорних і калійних добрив в дозі 40–60 кг/га діючої речовини забезпечує приріст урожаю зерна від 0,3 до 0,7 т/га [42].

Загальновідомо, що невід'ємною умовою підвищення врожайності сільськогосподарських культур є застосування фосфорних добрив, частка їх впливу така ж, як і азотних. Позитивний вплив мікробіологічних препаратів полягає у впливі бактерій на доступність важкодоступних фосфатів ґрунту [10]. Фосфатмобілізувальні мікроорганізми здатні ферментативним шляхом завоювати органічні форми фосфатів, значна кількість яких є у чорноземних ґрунтах, і в певній мірі, поліпшувати фосфорне харчування інокульованих рослин. Мікробна біота ґрунту має змогу розчиняти навіть такий стійкий фосфоровмісний мінерал, як фторапатит [45]. Крім того, інтродуковані мікроорганізми мають біологічно активні сполуки, які забезпечують стимуляцію росту рослин, відмічається помітний інтенсивний розвиток кореневої системи, зростає їх адсорбувальна здатність, як наслідок збільшується засвоєння мінеральних речовин, в тому числі і мінеральних добрив на 20–30 % [7].

На чорноземах вилужених Молдови посіви сочевиці потрібно удобрювати мінеральними добривами дозою $P_{60}K_{60}$ і вносити їх під передпосівну культивацію [29].

У дослідженнях, проведених у природно-кліматичних умовах Центрального Таджикистану, найвищу врожайність зерна сочевиці – 1,44 т/га отримано за сумісного застосування фосфорних і калійних добрив ($P_{46}K_{28,5}$), мікроелементів ($B_1Mo_{0,5}$) та інокуляції. Це перевищувало контрольний варіант на 0,65 т/га (82,2 %), а в особливо сприятливі за погодою роки врожайність зростала до 1,7 т/га. Використання інокуляції забезпечувало істотне підвищення продуктивності: середній приріст за роки досліджень становив 2,7 ц/га, або 34,1 % від контролю. Внесення $P_{46}K_{28,5}$ у поєднанні з бором та молібденом на фоні інокуляції сприяло додатковому приросту врожаю на 0,39–0,44 т/га, тоді як використання N_{85}, навпаки, призводило до зниження продуктивності на 0,06 т/га порівняно з відповідним фоном [18].

В результаті інокуляції коренева система має потужний розвиток, що забезпечує проникнення її в глибші горизонти, звідки вона може

переміщувати важкодоступні фосфати ґрунту. По суті, інокульовані рослини є своєрідною біологічною помпою, завдяки якій відбувається повернення фосфатів у верхні горизонти ґрунтового профілю [37].

Якщо попередник сочевиці не удобрювався, рекомендовано вносити під посіви фосфорні та калійні добрива дозою відповідно 50–60 та 40–50 кг/га діючої речовини, при цьому половину вносити восени під зяблевий обробіток ґрунту, іншу половину під передпосівну культивацію. Азотні добрива вносяться за потреби [18].

Неефективним є внесення мінеральних добрив у регіонах недостатнього зволоження. Застосування фосфорних і калійних добрив у таких умовах зволоження доцільніше перенести під попередник. Якщо сочевиця розміщена в сівозміні після попередника, під який вносили органічне добриво (гній), то не рекомендується внесення азотних добрив. У регіонах де сума річних опадів може бути в межах 450–500 мм, рекомендовано вносити фосфорні й калійні добрива по 40–60 кг/га діючої речовини восени, а навесні в рядки під час сівби вносити по 10–15 кг/га діючої речовини фосфорних добрив. На бідних ґрунтах для отримання високого врожаю варто вносити й азотні добрива, по 30–40 кг/га діючої речовини навесні під передпосівну культивацію [18].

Не рекомендується вирощувати сочевицю на полях удобрених органічними добривами, адже тоді вона буде нарощувати велику зелену масу, що знижуватиме врожайність основної продукції. Вирішенням цього питання може бути вирощування сочевиці в сівозмінах другою, або третьою культурою після внесення органіки [42].

При вирішенні питання необхідності застосування мікроелементів насамперед, необхідно враховувати їх вміст у ґрунті в потенційно доступній формі. Жоден мікроелемент не можна замінити іншим, адже кожен з них виконує свою життєво важливу біохімічну функцію в рослинах, їх нестача буде лімітувати продуктивність посівів. Необхідність внесення мікродобрив виникає насамперед за низького вмісту їх у ґрунті. Плануючи отримання

високих врожаїв зернобобових культур, може виникати потреба у внесенні певних мікродобрив навіть тоді, коли їх вміст в ґрунті підвищений. На ефективність застосування мікродобрив істотно впливає спосіб їх внесення. Мікробні препарати, в свою чергу можуть підвищувати засвоюваність рослинами мікроелементів [42].

Так, наприклад низка досліджень показали, що високу ефективність має позакореневе підживлення посівів гороху комплексом добрив з мікроелементами [17, 23, 38, 40]. Деякими дослідниками встановлено підвищення ефективності біопрепаратів гороху на тлі повного мінерального удобрення ($N_{30}P_{30}K_{30}$) [9].

Сочевиця, як типова зернобобова культура, досить чутлива до забезпечення мікроелементами, особливо у бідних або однобічно удобрених ґрунтах. Дефіцит бору, цинку, молібдену, міді та мангану призводить до порушення ростових процесів, пригнічення симбіотичної азотфіксації, зниження кількості та активності бульбочок і, відповідно, до істотного недобору врожаю.

Особливе значення для сочевиці мають бор, цинк і молібден. У дослідах з внесенням Zn, B та Mo у ґрунт показано, що їх комплексне застосування на дефіцитних ґрунтах сприяє посиленню росту рослин, збільшенню кількості бульбочок, поліпшенню засвоєння поживних речовин і забезпечує істотний приріст урожайності зерна [50, 51]. У ряді польових досліджень відзначено, що поєднання бору й молібдену (наприклад, B 1,0 кг/га + Mo 3 г/кг насіння) підвищувало висоту рослин, кількість бульбочок, кількість бобів на рослині та забезпечувало приріст урожайності зерна сочевиці до 1,7–1,8 т/га порівняно з контролем [52].

Молібден відіграє ключову роль у функціонуванні ферментів азотфіксуючих бульбочкових бактерій, тому його нестача насамперед проявляється у вигляді симптомів азотного голодування, навіть за достатнього загального живлення. У рекомендаціях із живлення сочевиці зазначається, що на кислих ґрунтах культура часто позитивно реагує на

внесення молібденових добрив, що поліпшує азотфіксацію, ріст рослин і рівень урожайності [49].

Отже, з проведеного огляду літературних джерел можна зробити висновок, що питання удобрення та доцільності інокуляції сочевиці в умовах Правобережного Лісостепу залишається відкрите. При цьому залишається невиясненим ефективність різних видів мінеральних добрив, їх поєднань, а також доцільність проведення на їх тлі інокуляції насіння активними штамами азотфіксувальних бактерій.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

(особливості сорту Антоніна)

В умовах досліду вирощувався сорт сочевиці Антоніна, що був внесений до Реєстру у 2018 році. Даний сорт слугує відмінним попередником для більшості сільськогосподарських культур, особливо це стосується озимих, тому що його вегетаційний період 73–78 діб, то поле рано звільняється, що дає змогу якісно підготувати ґрунт під посіви озимих культур.

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

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

Сорт рекомендований до вирощування в Лісостеповій і Степовій зонах.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Дослідження проводилися впродовж 2025 року на дослідному полі кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету, що знаходиться в Черкаській області.

Результати агрохімічних досліджень перед закладанням досліду: вміст гумусу (3,62 %), слабокисла реакція ґрунту (pH_{kcl} 6,01), низький вміст азоту легкогідролізованих сполук – 1099 мг/кг, середній вміст рухомих сполук фосфору – 97 мг/кг та високий вміст калію – 120 мг/кг (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні характеристика чорнозему опідзоленого

Показник		Глибина відбирання проби, см	
		0–20	20–40
pH_{kcl}		6,01	6,22
Вміст гумусу, %		3,62	3,55
Сума ввібраних основ, смоль/кг		28,1	28,4
Ємність катіонного обміну, смоль/кг		30,77	30,27
Гідролітична кислотність, смоль/кг		2,67	1,87
Ступінь насиченості основами, %		91,3	93,8
Вміст рухомих сполук, мг/кг	N	109	104
	P_2O_5	97	91
	K_2O	120	101

Згідно отриманої характеристики ґрунт дослідної ділянки за агрохімічними показниками вона відповідає вимогам для вирощування, як сочевиці, так і інших польових культур за умов оптимізації їх живлення. Йому притаманна висока родючість, за відповідного рівня агротехнологічних прийомів, він забезпечить отримання високих урожаїв основних

сільськогосподарських культур.

Фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунту дослідних ділянок мають сприятливі показники для отримання високих і сталих урожаїв сочевиці. До недоліків у показниках цього ґрунту можна віднести невисокий вміст азоту легкогідролізованих сполук, що легко усунути внесенням мінеральних азотних добрив та проведенням інокуляції бобових культур активними штамами азотфіксувальних бактерій.

3.2. Кліматичні та погодні умови

Кліматичні умови Уманського району обумовлені близьким розташуванням до Степової зони, хоча район знаходиться у Лісостеповій. Загалом клімат району помірно континентальний, з м’якою зимою і спекотним літом. Середньорічна температура повітря в межах +8 ºС, а мінімальна (у січні) – -7 ºС, максимальна у липні – +22 ºС. Період із середньодобовою температурою + 10 °С в межах 155–175 діб. Опадів приблизно 460–570 мм на рік.

Отже, кліматичні умови регіону в цілому можна віднести до сприятливих для вирощування сочевиці. Однак, в окремі роки можна спостерігати несприятливі умови у вигляді відлиг, льодових кірок, посухи, суховіїв, сильних грозових дощів. Ці явища завдають великої шкоди сільськогосподарським культурам.

Весна 2025 року була затяжна і багата на опади, що сприяло доброму забезпеченню рослин вологою. Прогрівання ґрунту припадало на середину травня. В цілому весь вегетаційний період культури характеризувався достатнім вологозабезпеченням, що позитивно вплинуло на отримання високих врожаїв. Початок вегетації характеризувався значними опадами, що прискорило сходи сочевиці. В середині вегетаційного періоду спостерігалась незначна кількість опадів, але це неістотно вплинуло на ріст і розвиток рослин сочевиці.

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
2025 р.	12,4	7,8	12,5	26,9	101,8	11,2	112,3	23,0
Температура повітря, ºС								
Середня багаторічна	-3,4	-2,3	2,5	9,7	15,4	19,0	20,9	20,1
2025 р.	2,1	-3,9	6,7	10,3	13,1	19,3	22,4	19,7
Відносна вологість повітря, %								
Середня багаторічна	86	85	82	68	64	66	67	68
2025 р.	86	74	67	61	74	63	65	63

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Дослід було розміщено на дослідних ділянках кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУ. До схеми досліду входило 8 варіантів:

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

5–8. Варіанти досліду 1–4 з інокуляцією насіння сочевиці.

Розміщення варіантів послідовне, у триразовій повторності. Загальна площа однієї дослідної ділянки 36 м^2, облікової – 25 м^2. В досліді використовували такі мінеральні добрива: азотні – аміачна селітра, фосфорні – суперфосфат гранульований і калійні – калій хлористий. Фосфорні і калійні добрива вносилися восени, під зяблеву оранку ґрунту, азотні – під

передпосівну культивацію.

Варіанти досліду розміщені систематичним методом:

I повторність				II повторність				III повторність			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8

3.4. Технологія вирощування сочевиці

Попередником сочевиці в досліді був ячмінь ярий. Відразу після збирання попередника проводили лущення стерні на глибину 6–8 см.

Суперфосфат гранульований і калій хлористий вносили восени, під зяблевий обробіток ґрунту відповідно до встановлених доз. Глибина оранки становила 24–25 см. Напровесні проводили боронування зябу. Під передпосівну культивацію вносилась аміачна селітра.

За годину до сівби, ту частину насіння, яку висівали у варіантах із інокуляцією обробляли штамом відповідних бульбочкових бактерій (удобрювальний продукт Ризостим), дозою 1,8 л/т насіння. Сіяли 2,5 млн/га насінин, міжряддям 15 см, глибина загортання насіння до 6 см. Після сівби поле коткували кільчасто-шпоровими котками.

Збирання врожаю проводили за настання повної стиглості прямим комбайнуванням.

3. 5. Програма і методика проведення досліджень

Відбір зразків рослин сочевиці для аналізів проводили методом пробного снопа, збір основного врожаю проводився прямим комбайнуванням [30].

Відбір і підготовка ґрунтових проб до аналізу робили згідно з чинними ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. Визначалися такі показники згідно календарного плану: 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 ґрунту 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 на кореневій системі сочевиці визначали у двох несуміжних повтореннях (у кожному варіанті досліду на 10 рослинах).

Площа листкової поверхні визначалася методом висічок.

Визначали вміст білка та жиру за методом інфрачервоної спектроскопії (приладом InfratecNova); масу 1000 насінин за ДСТУ ISO 520 [19].

Розрахунок економічної ефективності вирощування даної культури проводили за загальноприйнятими методиками, враховуючи витрати за технологічними картами та реалізаційні ціни в кінці періоду вирощування.

Статистична обробка отриманих результатів дослідження проводили стандартними методами [20].

РОЗДІЛ 4
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЧЕВИЦІ

4.1. Зміна агрохімічних показників ґрунту під посівами сочевиці

Для одержання високих врожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, важливою умовою є створення для рослин оптимального режиму живлення впродовж вегетації. Нестача хоча б одного елемента живлення здатна призвести до погіршення росту й розвитку рослин, як наслідок знижується врожайність та якість продукції. Тому для формування високого врожаю сочевиці важливо створювати достатній поживний режим ґрунту [3].

З даних табл. 3 можна побачити, що значних змін показників вмісту гумусу залежно від варіанту досліду не було. Це можна пояснити не значною тривалістю вегетаційного періоду сочевиці та низькими дозами внесення мінеральних добрив.

Таблиця 3

Агрохімічні показники ґрунту в шарі 0–20 см після вирощування сочевиці, 2025 р.

Варіант досліду	Вміст гумусу, %	pH_{KCl}	Hг, смоль/кг	S, смоль/кг	ЄКО, смоль/кг	V, %	Вміст у ґрунті, мг/кг		
							$N_{легк}$	P_2O_5	K_2O
Перед вирощуванням сочевиці	3,62	6,01	2,67	28,1	30,77	91,3	109	97	120
Без добрив (контроль)	3,54	5,85	2,69	28,4	31,09	91,3	103	92	116
$P_{30}K_{40}$	3,58	5,88	2,68	28,7	31,38	91,5	112	104	130
$N_{30}P_{30}K_{40}$	3,69	5,82	2,71	28,8	31,51	91,4	115	100	128
$N_{60}P_{30}K_{40}$	3,73	5,80	2,73	29,1	31,83	91,4	118	102	124

Були незначні пониження показника pH сольової витяжки, це означало, що відбувалося незначне підкислення ґрунту, і що в майбутньому буде необхідність проведення підтримувального вапнування за систематичного застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив та проведення інтенсивного обробітку ґрунту.

Показник гідролітичної кислотності збільшився неістотно в порівнянні до початку закладання досліду. Відмічено лише тенденцію змін, що можна пояснити застосуванням фізіологічно кислих добрив. На ємність вбирання та ступінь насичення ґрунту основами вирощування сочевиці та застосування різних систем удобрення не вплинуло.

Варто відмітити, що застосування мінеральних добрив позитивно впливає на поживний режим ґрунту, адже у варіантах досліду, де вносили мінеральні добрива спостерігалася тенденція підвищення вмісту в ґрунті рухомих сполук основних елементів живлення, а от на контрольному варіанті без внесення добрив ця тенденція була від'ємна порівняно з періодом закладання досліду.

Отже, застосування добрив під сочевицю у рекомендованих дозах істотно не впливає на вміст гумусу в ґрунті та його кислотно-основні властивості, проте сприяє поліпшенню його поживного режиму.

4.2. Формування азотфіксувального апарату сочевиці

Важливим показником симбіотичної діяльності між ризобіями та зернобобовими культурами, в даному випадку сочевиці, є наростання маси і утворення бульбочок, які впливають на інтенсивність фіксації молекулярного азоту. На ступінь активності симбіотичного препарату значний вплив має середня маса бульбочок. Фаза розвитку рослин та умови вирощування обумовлюють симбіотичну активність, її можна регулювати внесенням азотних добрив та інокуляцією бактеріальними препаратами [2, 6, 12, 16, 41].

В результаті росту і розвитку рослини забезпечують бактерії поживними речовинами для створення сприятливих умов для їх життя, бактерії у свою чергу постачають до рослини азот. Існує пряма залежність утворення бульбочок від розвитку листового апарату, адже він надає потрібний енергетичний матеріал рослинам і мікроорганізмам. Тому вирощування бобових культур здатне забезпечити накопичення азоту в ґрунті [12].

Дослідження показали, що на кількість бульбочок на кореневій системі рослин сочевиці мали вплив удобрення та інокуляції насіння перед сівбою. Найбільше їх формувалося у фазу цвітіння. На рослинах без проведення інокуляції бульбочки утворюються в меншій кількості, а от на інокульованих рослинах відмічено значне збільшення їх кількості (табл. 4).

Таблиця 4

Утворення бульбочок на рослинах сочевиці залежно від удобрення і інокуляції (2025 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)	4	7	15	20	–	5
$P_{30}K_{40}$	5	9	19	25	4	6
$N_{30}P_{30}K_{40}$	8	15	24	29	9	5
$N_{60}P_{30}K_{40}$	6	13	18	23	3	5

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

Фаза стеблування характеризувалася невеликою кількістю бульбочок на кореневій системі– від 4 до 8 шт/рос., істотне їх збільшення відмічалося від інокуляції – до 15 шт/рос. Найбільше бульбочок на кореневій рослині дослідних рослин нараховувалося у фазу цвітіння. Найбільше бульбочок у цю фазу розвитку сочевиці було у варіант досліду $N_{30}P_{30}K_{40}$ – 24 шт/рос. без

інокуляції та 29 шт/рос. з інокуляцією. У досліді спостерігалося пригнічення утворення бульбочок за внесення мінерального азоту дозою 60 кг/га д. р. незалежно від фази росту рослин. Це підтверджує дані, що посилене азотне живлення зернобобових культур негативно впливає на процес утворення азотфіксувальних бульбочок на кореневій системі рослин.

Позитивний вплив на процес формування кількості бульбочок на рослині, незалежно від фази цвітіння, мала інокуляція насіння перед сівбою. Так, у фазу стеблування і цвітіння рослин цей агрозахід збільшував кількість бульбочок від 3 до 6 шт/рослину.

Отже, дослідженнями відмічено необхідність проведення інокуляції насіння активними штамами бульбочкових бактерій перед сівбою для формування потужного симбіотичного союзу бульбочок з рослинами. Також відмічено негативний вплив високих доз азотних добрив на утворення бульбочок, а от поліпшене фосфорне живлення мало значний вплив на цей процес, калійні добрива мають незначний вплив.

4.3. Динаміка наростання листкового апарату сочевиці

Основним показником за яким можна характеризувати стан посівів є площа листків. Встановлена позитивна залежність між площею листків і швидкістю формування асиміляційного апарату [33]. Спостерігалася майже пропорційна залежність підвищення частки енергії, яка поглиналася, коли площа листків була в межах 30–40 тис. м^2; подальше збільшення площі листкової поверхні спричиняло зниження чистої продуктивності й інтенсивності фотосинтезу. Це пояснюється затіненням середнього і особливо нижнього ярусу листків.

На зменшення площі листків великий вплив мають нестача вологи і поживних елементів, не оптимальний термін посіву і норма висіву та інші технологічні операції, внаслідок чого знижується ефективність роботи асиміляційного апарату.

Важливим є рівномірне розташування листків по висоті рослини. Завдяки рівномірному розміщенню освітлення буде рівномірне, не спостерігатиметься світловий голод рослин і збільшиться коефіцієнт використання ФАР [33].

В початкові фази росту площа і маса листків сочевиці була незначна, тому рослини слабо конкурують з бур'янами.

Максимум площі листків припадає на генеративний період розвитку, однак тут же починається поступове відмирання листків нижнього ярусу, особливо в загущених посівах, починається зменшення фотосинтетичної активності, в результаті чого можуть осипатися утворені суцвіття і плоди у великій кількості.

Одержані в досліді дані, що наведено в таблиці 5 показують, що максимальна площа листкового апарату формувалась у фазу цвітіння, далі відмічалося зменшення площі листкового апарату.

Таблиця 5

Площа листкового апарату посівів сочевиці залежно від удобрення та інокуляції насіння (2025 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)	14,1	15,2	28,9	30,1	18,3	19,5
$P_{30}K_{40}$	15,2	16,3	30,5	31,7	20,1	21,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$	18,1	19,6	34,1	35,2	24,2	25,8
$N_{60}P_{30}K_{40}$	19,2	20,5	37,3	38,9	26,4	28,4

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

Навіть у початкові фази росту рослин можна помітити позитивну дію інокуляції та азотних добрив. У варіантах досліду відмічалося збільшення площі листкового апарату залежно від варіанту досліду і фази розвитку від 3 до 30 %. У всіх варіантах з передпосівною інокуляцією насіння відмічалася тенденція до збільшення площі листового апарату в порівнянні до такого ж варіанту, але без інокуляції.

Отже, утворення та інтенсивність роботи листкового апарату рослин сочевиці в досліді істотно залежали від доз мінеральних добрив, інокуляція та фази росту й розвитку. Азотні добрива характеризуються найбільшим впливом на зміни даного показника. Найбільші площі фотосинтетичного апарату залежно від фази росту й розвитку отримано у варіанті досліду за внесення повного мінерального добрива ($N_{60}P_{30}K_{40}$) у поєднанні з інокуляцією насіння: початок гілкування – 20,5 тис. м^2/га, цвітіння – 38,9, утворення бобів – 28,4 тис. м^2/га.

4.4. Забезпеченість рослин сочевиці азотом

Забезпеченість рослин азотом та визначення потреби у підживленні визначали за допомогою N-тестера. За допомогою приладу N-тестер визначається вміст хлорофілу в рослині. Так як вміст хлорофілу в рослинах різних видів і сортів неоднаковий, ці величини потрібно постійно уточнювати. Вимірювання проводять у будь який час дня, адже наявність вологи чи пестицидів на листках не впливає на отриманий результат [11].

Дослідження встановили вплив удобрення та інокуляції на показник забезпеченості рослин сочевиці азотом за показниками приладу N-тестер. З даних таблиці 6 видно, що поліпшення забезпеченості рослин сочевиці азотом відмічена у варіантах досліду із застосуванням азотних добрив – на 64–74 од. приладу без інокуляції у II декаду червня та на 58–80 од. приладу в II декаду липня. Також істотний вплив мала інокуляція відносно до варіантів досліду без інокуляції – до 14 од. приладу.

Таблиця 6

Динаміка забезпеченості сочевиці азотом у період вегетації за показниками N-тестер (2025 р.), од. приладу

Варіант досліду	Календарний строк визначення			
	II декада червня		II декада липня	
	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	420	428	539	546
$P_{30}K_{40}$	455	469	547	558
$N_{30}P_{30}K_{40}$	484	494	597	608
$N_{60}P_{30}K_{40}$	494	507	619	628

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

Поліпшення азотного живлення у другий період визначення пояснюється надходженням азоту в результаті симбіозу з бульбочковими бактеріями.

4.5. Урожайність і якість насіння сочевиці

Сочевиця належить до цінних зернобобових культур, тому поряд з урожаєм важлива значення має якість насіння. В наш час збільшується попит на сочевицю, як цінне джерело рослинного білка. Вона може стати важливим чинником забезпечення повноцінного харчування. За отриманням доходів їй належить одне з перших місць серед сільськогосподарських культур [39].

Система удобрення зернобобових культур повинна оптимально поєднувати азот мінеральних добрив та біологічний азот, що дасть можливість збалансувати його баланс у сівозміні [13].

В перші етапи росту й розвитку рослин, коли ще не розвинулася потужна коренева система, сочевиця неспроможна забезпечити себе азотом з ґрунту, тому виникає потреба стартового азотного живлення. Але потрібно ретельно підібрати дози добрив, адже високі дози азотних добрив гальмують розвиток бульбочкових бактерій на коренях рослин, можливий повний перехід на мінеральне живлення азотом [10].

Ефективність інокуляції залежить від правильно підібраних штамів бульбочкових бактерій. Врожайність від даного агрозаходу може збільшитися на 24 %, а витрати на неї становлять лише 3–5 % від отриманого прибутку і зменшується потреба у внесенні азоту мінеральних сполук з добривами [10].

Погодні умови 2025 року забезпечили досить непоганий урожай сочевиці. До і після сівби проходили дощі, що дало змогу отримати дружні сходи і укріпитися рослинам у перші етапи росту. Невимогливість сочевиці до вологи і раціональне її використання забезпечило подальший розвиток рослин у період бездощів'я.

Урожайність сочевиці в досліді змінювалася від 1,88 до 2,55 т/га без інокуляції та від 1,91 до 2,67 т/га з інокуляцією (табл. 7). Збільшення приросту врожайності було в межах 0,23–0,67 т/га залежно від удобрення та 0,36–0,79 т/га залежно від удобрення + інокуляція, з максимальним значенням у варіанті досліду з повним мінеральним добривом $N_{60}P_{30}K_{40}$.

Вплив інокуляції спостерігався на всіх варіантах досліду, даний агрозахід збільшував врожайність сочевиці на 0,03–0,27 т/га або на 2–12 %.

Звертає на себе увагу ефективність інокуляції насіння бульбочковими бактеріями залежно від системи удобрення. На неудобрених ділянках і за внесення лише фосфорних і калійних добрив приріст урожайності насіння був незначним – відповідно лише 2 і 6 %. Внесення стартової дози азотних добрив (30 кг/га діючої речовини) сприяло підвищенню цього показника до 12 %.

Таблиця 7

Урожайність сочевиці залежно від удобрення та інокуляції насіння бульбочковими бактеріями (2025 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	1,91	–	0,03	+2
$P_{30}K_{40}$	2,11	2,24	0,23	0,13	+6
$N_{30}P_{30}K_{40}$	2,23	2,50	0,35	0,27	+12
$N_{60}P_{30}K_{40}$	2,55	2,67	0,67	0,12	+5
$НІР_{05}$	0,18		—	—	—

Отже, аналізуючи отримані дані в результаті проведених досліджень, можна зробити висновок, що найкраще себе проявив варіант досліду з внесенням $N_{60}P_{30}K_{40}$, як без інокуляції насіння, так і з її проведенням.

Якість продукції – це сукупність властивостей продукції, які обумовлюють її придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення. Якість продукції є основою конкурентоспроможності товару [11].

До основних якісних показників зернобобових зазвичай відносять вміст жиру і протеїну. Відомо, що значний влив на вміст протеїну має азот, але поряд з цим він знижує вміст жиру, а от фосфор і калій навпаки підвищують його вміст [11]. Сюди також відносять показник маси 1000 насінин [12, 14, 19]. Багато досліджень вказують на кореляційну залежність між сформованим врожаєм і масою 1000 насінин [11].

Досліджували такі якісні показники одержаного врожаю сочевиці, як масу 1000 насінин, вміст сирого протеїну та олії. Встановлено, що зміни якісних показників були залежно від системи удобрення, особливо впливало

застосування азотних добрив (табл. 8).

Таблиця 8

Якісні показники насіння сочевиці залежно від удобрення та інокуляції, 2025 р.

Варіант досліду	Маса 1000 насінин, г		Вміст, %			
			сирого протеїну		олії	
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	43,7	44,5	25,7	27,1	21,7	21,9
$P_{30}K_{40}$	46,5	47,5	25,4	26,6	20,9	21,6
$N_{30}P_{30}K_{40}$	49,5	51,5	31,1	32,0	20,7	21,5
$N_{60}P_{30}K_{40}$	48,6	50,8	31,6	32,7	20,8	21,3
$НІР_{05}$	2,5		1,5		1,0	

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

З отриманих даних бачимо, що найкращі результати показують варіанти з повним мінеральним добривом, також збільшення показників забезпечує передпосівна інокуляція насіння. Застосування добрив забезпечило збільшення маси 1000 на 2,8–5,8 г, інокуляція збільшувала даний показник лише на 0,8–2,2 г, що було в межах помилки досліду.

Вміст сирого протеїну залежав від азотного забезпечення, із збільшенням доз азоту мінеральних добрив – збільшувався вміст сирого протеїну. Достовірного збільшення вмісту олії в насінні не спостерігалося. Також встановлена залежність вмісту протеїну від олії: збільшення вмісту в насінні сочевиці протеїну знижує вміст олії.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ І БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ ПІД СОЧЕВИЦЮ

Економічна ефективність – це результативність економічної системи, що виражається у співвідношенні кінцевих корисних результатів її функціонування до витрачених ресурсів.

Важливим чинником при виборі культури для вирощування є максимальний прибуток, який можна отримати у кінцевому результаті.

Проаналізувавши дані таблицю 9, можна побачити, що витрати збільшуються по варіантах досліду, починаючи від контрольного варіанту – 13398/13748 грн до варіанту досліду з максимальними дозами внесення мінеральних добрив $N_{60}P_{30}K_{40}$ – 23010/23360 тис. грн, але можемо побачити, що поряд зі збільшенням витрат є збільшення врожайності, що в свою чергу збільшить дохід від 37600 до 53400 грн/га.

Хоч і найбільші витрати були у варіанті $N_{60}P_{30}K_{40}$, поряд з цим отримано максимальний прибуток по досліду – 27990/30040 грн/га. Також, можемо бачити, що витрати на інокуляцію були в межах 350 грн/га, а збільшення прибутку було на 2050 грн, що робить даний агрозахід актуальним.

Варто відзначити, що рівень рентабельності вищий у варіанті $N_{30}P_{30}K_{40}$, а отриманий прибуток з проведенням інокуляції майже не відрізняється від варіанту $N_{60}P_{30}K_{40}$, тому для зменшення навантаження на ґрунт мінеральним азотом добривами краще надати перевагу варіанту $N_{30}P_{30}K_{40}$+інокуляція.

Отже, виходячи з отриманого рівня рентабельності можна рекомендувати систему мінерального удобрення $N_{60}P_{30}K_{40}$ в поєднанні з інокуляцією, адже дана система забезпечує максимальне отримання прибутку, тобто є найбільш економічно вигідною.

Таблиця 9

Економічна ефективність вирощування сочевиці, 2025 р.

Варіант досліду	Витрати на 1 га, грн	Урожайність, т/га	Вартість 1 т зерна, грн	Собівартість 1 т зерна, грн	Дохід, грн	Прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
Без добрив (контроль)	13398 13748	1,88 1,91	20000	7127 7198	37600 38200	24202 24452	181 178
$P_{30}K_{40}$	16674 17024	2,11 2,24		7902 7600	42200 44800	25526 27776	153 163
$N_{30}P_{30}K_{40}$	19842 20192	2,23 2,50		8898 8077	44600 50000	24758 29808	125 148
$N_{60}P_{30}K_{40}$	23010 23360	2,55 2,67		9024 8749	51000 53400	27990 30040	122 129

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

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Моделювання виробничих небезпек та заходи по їх усуненню під час удобрення сочевиці

Незнання та порушення правил безпеки при технологічних процесах під час вирощування сільськогосподарських культур є основними причинами травматизму в агропромисловому комплексі.

До роботи з мінеральними добривами допускаються працівники, які не мають медичних протипоказань та періодично проходять медичні огляди. До таких робіт не допускаються особи молодше 18 років, вагітні та жінки, що годують.

По можливості, всі роботи з мінеральними добривами і пестицидами мають бути максимально механізовані. Процес їх внесення повинен бути із застосуванням засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), деякі роботи виконуються в протигазах або респіраторах.

Агрохімікати перевозять у присутності відповідальної особи, транспорт має бути спеціально обладнаний, тара справна і добре закрита. Інші вантажі, особливо харчові продукти, разом з ними перевозити забороняється.

Перед початком робіт техніку, яку використовують потрібно перевірити на справність, відрегулювати розташування робочих органів та норму витрати рідини (випробують на воді). На корпусах машин чи причіпів наносять написи, про необхідність застосовування ЗІЗ при роботі. Машини повинні мати бачок з водою для миття рук.

Швидкості вітру при обробці з використанням штангових і вентиляторних тракторних обприскувачів має бути не більше 4 м/с. Відстань від населених пунктів, місць відпочинку населення, ділянок проведення ручних робіт, джерел водопостачання і ділянок по догляду за культурами не менше 300 м.

Заправка обприскувачів проводиться закритим способом (по герметичних шлангах), попередньо профільтрувавши неоднорідні рідини для уникнення закупорки форсунок. При внесенні пестицидів кабіни тракторів повинні бути повністю засклені та закриті.

Найнебезпечнішим мінеральним добривом при внесенні є водний аміак, тому слід бути обережним при його внесенні. Аміаковози повинні бути обладнані заземлювачами. Ємності для зберігання повинні бути світлих тонів (для попередження вибуху, внаслідок нагріву від сонячної радіації). Регулярно перевіряють їх стан запірної апаратури, з'єднань, герметичність.

Кузова, ємності, баки, транспортні засоби і робочі органи машин по внесенню добрив після закінчення роботи промивають водою; після роботи з пестицидами обробляють знешкоджуючою речовиною (25 %-ний розчин хлорного вапна), і залишають на 40-50 хв і промивають водою.

Розташування майданчиків для відпочинку і прийому їжі, в тому числі продукти і вода, повинно бути не ближче 200 м від місць роботи з пестицидами.

Модель небезпечної ситуації під час транспортування добрив в поле:

Небезпечна умова (НУ) – водій працює без ЗІЗ;

Небезпечна дія (НД) 1 – відкриті вікна в тракторі під час внесення добрив (водного аміаку);

НД 2 – більша частина вноситься за вітром ;

Небезпечна ситуація (НС) – вдихання парів аміаку;

Отруєння водія.

НД1

↓

НУ→НС→О

↑

НД2

Отже, для запобігання отримання негативних наслідків при роботі з добривами варто дотримуватися всіх без виключень правил безпеки.

6.2. Охорона навколишнього середовища при удобренні сочевиці

Інтенсифікація сільського господарства за рахунок використання в підвищених нормах мінеральних добрив, пестицидів та агрохімікатів порушують природні умови і забруднюють навколишнє природне середовище. Тому, одним з найважливіших завдань сьогодення є збереження навколишнього середовища в чистоті.

Забруднення навколишнього середовища може бути викликане внаслідок таких причин:

1. недотримання технологій зберігання, підготовки, транспортування і внесення мінеральних добрив;
2. порушення технології та недотримання оптимальних норм застосування добрив, як у сівозміні, так і під окремі сільськогосподарські культури;
3. надмірне ущільнення ґрунту, руйнування його структури та нерівномірне хімічних меліорантів, органічних і мінеральних добрив;
4. недосконаліть хімічного складу і властивостей добрив та інших засобів хімізації;
5. порушення технологій виробництва, зберігання і внесення агрохімікатів, мінеральних і органічних добрив;
6. застосування для удобрення сільськогосподарських культур осаду стічних вод, фосфогіпсу, відходів промисловості, мулу, сапропелів та інших місцевих матеріалів;
7. забруднення навколишнього природного середовища під час виробництва і застосування добрив.

Все це може призвести до забруднення сільськогосподарської продукції та кормів для сільськогосподарських тварин нітратами, природних вод біогенними елементами через застосування добрив. Тому важливим є раціональне і правильне використання агрохімікатів у сільському господарстві.

ВИСНОВКИ

Дослідження полягали у встановленні доцільності інокуляції сочевиці та встановленні оптимальних доз мінеральних добрив. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

- на формування кількості бульбочок позитивний вплив мала інокуляція насіння перед сівбою і збільшувала даний показник на 6–6 шт залежно від варіанту досліду у фазу цвітіння. Висока доза азоту мінеральних сполук, внесених з мінеральними добривами, пригнічувала утворення бульбочок на корінні сочевиці.
- Динаміка наростання листкового апарату залежала від доз азотних добрив, чим більша доза – тим більша площа листкового апарату. Максимум даного показника досягнуто у варіанті $N_{60}P_{30}K_{40}$ із застосуванням інокуляції.
- Забезпеченість рослин азотом також залежала від застосування добрив. Залежно від варіанту досліду та строку визначення, забезпеченість рослин сочевиці азотом були у межах 420–628 одиниць приладу N-тестер.
- Інокуляція насіння сочевиці перед сівбою є відмінним агрозаходом, адже вона сприяє покращенню всіх показників та підвищувала врожайність у досліді до 12 %. Поки що даний показник не сильно великий через не заселеність наших ґрунтів відповідними штамами бульбочкових бактерій, тому надалі вплив даного показника лиш збільшуватиметься.
- За результатами досліду і аналізу отриманих показників найкраще себе проявив варіант досліду з таким дозами добрив: $N_{60}P_{30}K_{40}$, він забезпечив отримання найвищого врожаю у досліді – 2,55 і 2,67 т/га відповідно без інокуляції та з інокуляції насіння бульбочковими бактеріями, а також варіант $N_{30}P_{30}K_{40}$ з проведенням інокуляції, тому саме вони рекомендуються до впровадження у виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Алейнікова Л. М. Вплив інокуляції насіння та фонів мінерального живлення на формування симбіотичного апарату сочевиці. Матеріали науково-практичної конференції присвяченої пам'яті С. Ф. Третьякова (Полтава, 13–14 травня 2014 р.). Полтава, 2014. С. 4–5.
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. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 429 с.
4. Василенко М. Г., Худяков О. І. Ефективність органо-мінерального добрива «Віталист» на посівах сої. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». Київ, 2009. Спецвип. С. 140–147.
5. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. К.: Аграр. наука, 2011. 156 с.
6. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ: Аграр. наука, 2006. 312 с.
7. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. В.В. Волкогон та ін. Вісник аграрної науки. 2010. №5. С. 25–28.
8. Генералов Г.Ф., Шалаєв М.С. Сорти і агротехніка зернобобових культур УРСР. Київ, 1948. С. 22–23.
9. Гирка А. Д, Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В., Бочевар О. В. Способи підвищення зернової продуктивності гороху в північному Степу

України. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. №5. С. 58–63.

10.. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2024. 572 с.

11. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2020. 148 с.

12. 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.

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

14. Гусарова А. Бобові у сівозміні: значення, чергування та переваги. URL:superagronom.com/articles/237-bobovi-u-sivozmini-znachennya-herguvannyata-perevagi. (дата звернення 5.07.2022).

15. Данильченко О. М. Вплив інокуляції насіння та фонів мінерального живлення на формування симбіотичного апарату чини та сочевиці. Вісн. Сумського нац. аграрн. ун-ту. Серія: Агрономія і біологія. 2012. Вип. 9. С. 121–124.

16. 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.

17. Дідур І. М. Вплив вапнування та позакореневих підживлень на урожайність та якість зерна гороху в умовах Лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 70. С. 86-92.

18. Додіхудоєва Г. Р. Симбіотична фіксація азоту повітря і продуктивність сочевиці в залежності від режиму живлення в умовах Центрального Таджикістану: автореф. дис. … канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво» Душанбе, 2004. 24 с.

19. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с.
20. 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.
21. Задубина Є. В. Вплив добрив та основного обробітку осушуваних торфових ґрунтів Лісостепу на врожайність сої Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2010. Вип. 1-2. С. 10–14.
22. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво : підручник . Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
23. Іщенко В. О. Ефективність застосування мінеральних та бактеріальних добрив при вирощуванні гороху вусатого типу в умовах північного Степу України. Корми і кормо виробництво. 2010. Вип. 66. С. 54–60.
24. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Шляхтуров Д. С. Інтенсифікація виробництва зернобобових культур в умовах Північного Лісостепу. Землеробство. 2008. Вип. 80. С. 109–115.
25. Камінський І. В. Ефективність використання зернобобових культур у польових сівозмінах як попередника. Економіка АПК. №10. С. 24−28.
26. Клиша А.І., Кулініч О.О. Елементи продуктивності у сочевиці та їх вплив на урожайність. Селекція і насінництво. 2005. Вип.90 С. 268–273.
27. Котвицький Б. Б. Нові підходи та можливості в оптимізації живлення рослин. Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». Київ, 2009. Вип. 4. С. 74–81.
28. Комбінований спосіб внесення добрив при вирощуванні сої: пат. 45657 Україна: МПК A01C 11/04. № u200903172; заявл. 03.04.2009; опубл. 25.11.2009, Бюл. №22.
29. Кузнєцов І. С. Вплив термінів посіву на урожайність сочевиці. АГРО XXI. 2008. № 7–9. С. 39–40.

30. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.
31. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В.П. Патика та ін. Київ : Урожай, 1993. 176 с.
32. Моргун В.В., Коць С.Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. Вісник НААН України. 2018. №1. С. 62−74.
33. Новохацький М. Л. Оптимізація умов фотосинтезу агроценозів сої та використання рослинами його продуктів. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2017. Вип. 21. С. 258–267.
34. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. *Пропозиція*. 2002. №11. С. 45–47.
35. Петриченко В. Ф., Фостолович В. Ф. Вплив систем удобрення на фотосинтетичну діяльність і зернову продуктивність вики ярої. Вісник аграрної науки. 2012. №6. С. 23–25.
36. Петриченко В. Ф., Дробітько О. М. Удосконалення моделі технології вирощування сої на насіння в умовах південно-західного Степу України. Корми і кормо виробництво. 2009. Вип. 64. С. 3–10.
37. Підвищення насіннєвої продуктивності люцерни при інокуляції різними штамами *Rhizobium meliloti* та застосування регуляторів росту / С.Я. Коць та ін. Бюл. ІСГМ. 2000. № 6. С. 28 – 30.
38. Плотніков В. В., Гильчук В. Г., Гуменний М. Б. Урожайність та якість зерна гороху при комплексному застосуванні системи агрохімікатів в сучасних конкурентоспроможносних технологіях його вирощування. Корми і кормо виробництво. 2008. Вип. 62. С. 155–163.
39. 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.

40. Продуктивність сортів гороху залежно від інокуляції насіння і фонів живлення. М. С. Свідерко та ін. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво : міжвід. темат. наук. зб. УААН, Ін-т землеробства і тваринництва зах. Регіону. 2009. Вип. 51, ч. ІІ. С. 118–124.
41. 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.
42. Слободянюк С. В. Особливості формування продуктивності сочевиці залежно від інокуляції та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України : дис. … док. філософії за спец. 201 Агрономія. Київ, 2021. 195 с.
43. Тележенко Л.М., Атанасова В.В. Сочевиця як важливий національний ресурс рослинного білка. Корми і кормо виробництво. 2010. №66. С. 158–163.
44. Філімончук Я. С. Післядія добрив на вміст поживних речовин у чорноземі типовому важко суглинковому. Агрохімія і ґрунтознавство. 2012. Вип. 77. С. 82–85.
45. Центило Л. В. Активність азотфіксації в агроценозах люцерни та продуктивність культури за дії добрив та мікробного препарату. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 25. С. 43–49.
46. Черенков А. В., Клиша А. І., Кулініч О. О., Корж З. В. Біологічні особливості та перспективи вирощування сочевиці в Україні. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Т. 2. С. 215–218.
47. Erskine W., Muehlbauer F. J., Sarker A., Sharma B. J. The lentil botany, production and uses. CAB International, 2009. 457 p.
48. Erskine, W. & Sarker, Ashutosh & Kumar, Shiv. (2016). Lentil Breeding. doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.00210-9.
49. Fernández M., Paredes C. Micronutrient management and productivity of lentil under different soil conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 2021, 81(3): 312–320.

50. Hossain A., Molla M., Rahman M. Soil application of zinc, boron and molybdenum improves lentil production in micronutrient-deficient soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 2020, 100(3): 245–256.
51. Kumar R., Sharma S. Effect of zinc and boron application on growth and yield of lentil (Lens culinaris Medik.). *International Journal of Plant Sciences*, 2018, 13(2): 234–238.
52. Sharma A., Meena R. Response of lentil (Lens culinaris) to boron and molybdenum seed treatment. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 2017, 8(1): 150–155.

ДОДАТКИ