

Міністерство освіти і науки України
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агрономії та лісівництва
Спеціальність: 201 «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри землеробства,
грунтознавства та агрохімії
доцент _____ М.І. Поліщук
« ____ » _____ 2021 р.
протокол № ____ від _____

*Формування продуктивності сої залежно від оптимізації системи
удобрення в умовах дослідного поля ВНАУ*

Студент - випускник

Роман Волошанюк

Керівник дипломної роботи,
ст. викладач

Людмила Пелех

Рецензент

Вінниця 2021

ЗМІСТ

	сторінка
АНОТАЦІЯ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Народногосподарське значення, ботанічна та біологічна характеристика культури.....	7
1.2. Вплив мінеральних добрив на урожайність сої	15
1.3. Бактеріальні добрива як фактор підвищення продуктивності	19
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПОРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Характеристика зони проведення досліджень	24
2.2. Методика проведення досліджень.....	27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	30
3.1. Вплив інокуляції насіння та мінерального удобрення на формування густоти стояння рослин у посівах сої	30
3.2. Динаміка росту рослин сої протягом вегетаційного періоду	32
3.3. Особливості формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від інокуляції та мінеральних добрив	33
РОЗДІЛ 4. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ДОБРІВ	35
4.1. Урожайність насіння сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння.....	35
4.2. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на вміст і збір сирого протеїну.....	36
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	39
ВИСНОВКИ.....	41
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	43
ДОДАТКИ.....	49

АНОТАЦІЯ

Обсяг дипломної роботи за темою «Формування продуктивності сої залежно від оптимізації системи удобрення в умовах дослідного поля ВНАУ» становить: 53 сторінки друкованого тексту, містить 7 таблиць, 2 додатки, 61 літературне джерело.

Об'єкт дослідження – процес росту, розвитку та формування врожаю насіння сої, його якості залежно від технологічних прийомів.

Предмет досліджень – скоростиглий сорт сої Київська 98, мінеральні та бактеріальні добрива.

Мета роботи – встановлення закономірностей процесу формування елементів продуктивності скоростиглого сорту сої залежно від мінеральних добрив і різних видів бактеріальних препаратів та удосконалення технології її вирощування.

Методи дослідження польовий – для визначення дії і взаємодії агротехнічних факторів, які досліджували; лабораторний – проведення агрохімічного аналізу ґрунту і рослин; вимірювально-ваговий – визначення біометричних показників формування врожаю зерна сої; математично - статистичний – встановлення достовірності отриманих результатів; розрахунково-порівняльний – визначення економічної ефективності вирощування сої залежно від досліджуваних факторів.

Особистий внесок полягає у розробці програми і безпосередній участі у проведенні польових досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результатів. Автором опрацьовано та проаналізовано 61 наукове джерел провідних вітчизняних вчених з даної наукової проблеми.

Практична цінність роботи полягає в удосконаленні окремих технологічних прийомів вирощування, що забезпечить формування високопродуктивних фітоценозів сої із максимальним прибутком та високим рівнем рентабельності.

ВСТУП

У вирішенні важливої проблеми рослинного білка – найголовнішої складової частини продовольчих ресурсів, що визначають рівень і якість харчування, стан здоров'я, провідна роль належить зернобобовим культурам, в тому числі сої, насіння якої містить 38 – 42 % сирого протеїну, 18 – 23 % жиру, 25 – 30 % вуглеводів, ферменти, вітаміни, мінеральні речовини тощо [8].

Проте до останнього часу площі посіву сої в Україні нестабільні, середня врожайність зерна низька, а його виробництво далеко не відповідає потребам використання цієї культури на харчові та кормові цілі [2].

Феномен цієї культури полягає в тому, що в ній за вегетаційний період синтезується два врожаї - білка і жиру – та майже всіх органічних речовин, які є в рослинному світі. Він криється в унікальності її хімічного складу, адаптивності до умов вирощування, широкому застосуванні, потребі людства в соєвому білку, рослинній олії та інших цінних продуктах, у високому вмісті цих важливих сполук, їх рідка за природою збалансованість, які відповідають потребі людства, здатності корінним чином змінити баланс азоту в землеробстві.

Одним із найважливіших завдань у вирішенні проблеми рослинного білка є створення нових сортів. А впровадження новостворених скоростиглих, високопродуктивних сортів дасть можливість не тільки підвищити врожайність сої, а й розширити площі їх вирощування і на основі цього добитися вагомого збільшення виробництва зерна сої.

За підсумками Державного випробування і наукових досліджень встановлено, що частка нових більш продуктивних сортів в загальному прирості врожаю становить близько 35%. Впровадження нових сортів обходиться набагато дешевше, ніж використання інших факторів інтенсифікації землеробства. В зв'язку з цим вивчення біології новостворених сортів культури, її хімічного складу та урожайності залежно від агрокліматичних факторів і системи удобрення є важливим завданням, яке потребує наукового обґрунтування в умовах регіону [8].

Площі під соєю в Україні та світі поступово зростають, що зумовлено фінансовою привабливістю цієї культури. Поряд із цим у останні десятиліття намітилася тенденція до здорожчання виробництва сільськогосподарської продукції та посилення антропогенного впливу на ґрунт. Аграрні підприємства почали відмовлятися від оранки і переходити до ресурсозберігаючих технологій вирощування. Особливо це стосується перехідного періоду від традиційних до вищезазначених технологій. Вітчизняний та світовий досвід мінімізації обробітку ґрунту свідчить про те, що у перші роки урожайність сільськогосподарських культур може істотно знижуватися порівняно із оранкою. Насамперед, це пов'язано зі зміною ґрунтових параметрів та поживного режиму. Мінеральні добрива нівелюють обмежуючу дію механічного обробітку ґрунту на врожай сільськогосподарських культур [16].

Крім того, питання системи удобрення вивчене не достатньо. На відміну від традиційного способу, за ресурсозберігаючих технологій, поживні елементи переважно концентруються у верхньому шарі ґрунту (0–10 см). Це опосередковано впливатиме на живлення рослин сої впродовж періоду вегетації. Тому, оптимізація ґрунтових процесів та росту і розвитку рослин за рахунок внесення добрив є актуальними питаннями і потребує додаткових досліджень.

Метою даної роботи є вивчення особливостей формування продуктивності сої залежно від бактеріальних препаратів та мінерального удобрення в умовах дослідного поля ВНАУ.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Народного господарське значення, ботанічна та біологічна характеристика культури

Соя є однією з найдревніших культур, яка вирощується людиною. Еволюція її як культурної рослини розпочалась 6-7 тис. років тому і тривалий час відбувалася в країнах Південно-Східної Азії [40].

Країною походження сої більшість вчених вважають Китай, а точніше його Центральну частину. У цій країні вона вирощується і використовується безпосередньо в їжу, а також для виготовлення ліків у фармацевтичній промисловості вже близько 5000 років [41].

У наш час соя є не тільки важливою з економічної точки зору рослиною серед бобових, яка забезпечує протеїном мільйони людей, а й інгредієнтом для сотень хімічних продуктів. Річний дефіцит рослинного білка у тваринних кормах в Україні складає 1,5-1,8 млн. т, чи 25-30 % [43].

У вирішенні проблеми стабілізації та збільшення виробництва рослинного білка, важливе місце належить зернобобовим культурам, серед яких соя виділяється підвищеним його вмістом.

Використання сої для харчування і потреб тваринництва залежить, у першу чергу, від кількості та якості поживних речовин, які містяться в насінні. Найбільш вагоме місце займають білок і жир. При введенні білка сої у кормові раціони тварин, значно підвищується їх продуктивність, скорочуються витрати кормів. Розширення посівних площ під соєю дозволить у значній мірі вирішити проблему забезпечення раціонів високоякісним білком [6, 17,43].

Підвищенню білковості насіння сої приділяють значну увагу в багатьох країнах світу, оскільки цю культуру вирощують в основному для отримання високоякісного протеїну [47].

За розрахунками вчених А.О.Бабича, В.Ф.Петриченка за вмістом білка соя є однією з високобілкових культур серед зернових та зернобобових. Із 1 га при врожайності зерна 28,0 ц/га одержують 1078 кг білка, при 36 ц/га пшениці – 455 кг, при 30,0 ц/га гороху – 663 кг, при 55,0 ц/га кукурудзи – 540 кг [14]. Стабільна зацікавленість до виробництва та використання сої пояснюється також рідкісним хімічним складом її насіння. Воно містить від 35 до 45 % протеїну, 20-27 % олії та понад 20 % вуглеводів, різні вітаміни та мінеральні речовини [8, 19,40,45,46]. Білок сої добре збалансований за амінокислотним складом і містить повний набір необхідних для людей й тварин амінокислот. В його склад входять в основному легкорозчинні (59-61 %), а також важкорозчинні глобуліни (3-7%), альбуміни (8–25%). Проте, в насінні культури є ряд речовин (трипсин, гемаглютенін та інші), які погіршують його поживну цінність, але під час термічної обробки вони майже повністю руйнуються.

Багато в насінні сої калію, кальцію, фосфору, заліза (останнє на 80 % біологічно доступне організму теплокровних). Вміст калію становить 1,7-2,5 %, кальцію – 0,23-0,96%, фосфору – 0,44-1,9%, магнію – 0,11-0,55%, сірки - 0,41-0,48%, заліза – 95-240 мг на 1 кг сухої речовини [26].

При ранньому збиранні соя є відмінним попередником для озимої пшениці. Як стверджують вітчизняні науковці в галузі вирощування сої А.О. Бабич, С.І.Колісник, соя як бобова культура залишає в ґрунті близько 60-80 кг/га азоту і є добрим попередником для багатьох культур у сівозміні. Після неї врожайність озимої пшениці зростає на 2,5-4,0 ц/га, кукурудзи – на 3-8 і ячменю – 4-6 ц/га [12]. Вона покращує фізичні властивості ґрунту і завдяки діяльності кореневої системи й бульбочкових бактерій залишає його в розпушеному стані. Усе це сприяє поліпшенню поживного режиму, доброму проникненню води в ґрунт і одержанню високого врожаю культур, що йдуть після неї [11].

За сприятливих умов вона може залишати в ґрунті до 320 кг/га азоту. Азот сої на відміну від азоту мінеральних добрив, а інколи й органічних, не

забруднює навколишнє середовище, легко засвоюється іншими рослинами. Приріст врожайності озимих зернових після сої досягає близько 70- 80%.

Згідно досліджень вітчизняних науковців, сою можна вирощувати практично у всіх областях України [13, 26, 47].

Співробітники Інституту кормів НААН (А.О.Бабич, В.Ф.Петриченко) пропонують створити своєрідний “соевий пояс” у зоні Лісостепу та північного Степу, а на півдні - значно збільшити площі посівів сої на зрошуваних землях [7-10]. При застосуванні скоростиглих сортів у південних районах сою можна вирощувати і на парах як попередник пшениці.

Сорт є економічно найбільш вигідним фактором, оскільки при мінімальних витратах дозволяє значно збільшувати виробництво зерна [39]. Створення і впровадження ранньостиглих сортів сої на думку академіка В.Ф.Сайка дало можливість успішно вирощувати її у Лісостепу навіть у західних та північних районах і одержувати по 20-25 ц/га насіння.

Ідуть пошуки шляхів заміни існуючої системи землеробства до нової, яка ґрунтується на максимальному використанні біологічних ресурсів агроценозу, особливостей сільськогосподарських культур та біоти і дає змогу значно скоротити застосування хімічних засобів на полях. Найістотнішим у розробці наукових основ землеробства є питання застосування біологічного азоту у живленні рослин, джерелом якого є мікроорганізми [9].

У сучасних умовах вирощування сої в Україні дуже важливе раціональне використання симбіотичної азотфіксації для підвищення продуктивності рослин, білковості зерна й зниження енерговитрат та собівартості продукції [19].

Надійним шляхом одержання високоякісних екологічно чистих продуктів харчування із сої є впровадження у виробництво біологізованої технології, яка передбачає підсилення функціонування симбіотичної системи, фіксації атмосферного азоту, обмежене використання пестицидів і мінеральних, особливо азотних, добрив [7].

Завдяки цьому екологічно чистому біологічному процесу в ґрунти України щорічно надходить близько 200 тис. т. біологічно зв'язаного азоту (у США, де кожен третій гектар посіву займають бобові – нагромадження біологічного азоту складає до 6 млн. т.). Ще до недавня посіви зернобобових культур в Україні перевищували 1,2-1,5 млн. га, проте за останній час вони скоротилися більше, ніж удвічі. Отже, для вирішення проблеми рослинного білка необхідно суттєво розширити площі під посівами цих культур, довести їх до 1,6 млн. га [23].

Збільшення потенціалу азотфіксації в агросистемах є важливим теоретичним і практичним завданням сучасної фізіології рослин і агротехнологій. Одним із перспективних шляхів підсилення азотфіксації є комплексне застосування препаратів азотфіксувальних вільноіснуючих та симбіотичних бульбочкових бактерій разом із біологічно активними речовинами природного або синтетичного походження [46].

Соя (*Glycine hispida*) – однорічна рослина, відноситься до класу дводольних (*Dicotilidone*), родини бобових (*Fabaceae*), роду *Genus Glycine* підвиду *Soya* [47].

Рослини сої мають стрижневу кореневу систему з порівняно коротким головним коренем, великою кількістю бокових коренів і корінців. Проникають вони на глибину 2 м і більше. Проте основна маса коренів розміщується в орному шарі. При інокуляції активними штамми бульбочкових бактерій (нітрагін, ризоторфін) на головному й бокових корінцях утворюються бульбочки, в яких відбувається біологічна фіксація азоту [10].

Під час проростання насіння соя виносить сім'ядолі на поверхню ґрунту. Листки складні, трійчасті, опушені, а листочки широкояйцеподібні, овальні, широколанцетоподібні, овальновидовжені, розміщуються почергово [25].

Висота стебла районованих сортів – 60-100 см і більше. Стебло округле, грубе, жовто-буре або сіро-біле, завтовшки від 3-4 до 11-12 мм,

колінчасте, довжина міжвузля – від 3 до 15 см. Стебло, гілки й боби покриті волосками жовто-коричневого, білого й рудого кольору.

Суцвіття, розміщені в пазухах листків, на верхівці стебла і на бокових гілках. У кожній китиці від 2 до 20 квіток і більше. Вони дрібні, метеликового типу, п'ятипелюсткові, білого, ясно-фіолетового або фіолетового кольорів. Соя - самозапильна рослина, запліднення відбувається у фазі закритої квітки, після чого вона розкривається. Перехресно запилюється дуже рідко. Боби прямі, зігнуті, серпоподібні, опушені, зрідка голі, завдовжки 3,1-7,4 см [12].

За результатами досліджень О.І.Зінченка встановлено, що кількість бобів на одній рослині може складати від 45 до 160 штук і це залежить від сорту, густоти стояння рослин, умов живлення і водного режиму [15]. Кількість насінин у бобі – 2-3, рідше – 4. Насінина овальна, куляста, видовжена, ниркоподібна, має жовтий, ясно-жовто-зелений, коричневий або чорний колір. Маса 1000 насінин у районуваних сортів – 130-150 г і більше.

Багато тепла соя потребує в період проростання насіння, під час цвітіння, зав'язування бобів та формування насіння. Під час досягання потреба в теплі зменшується [56].

Мінімальна температура для проростання насіння $6-7^{\circ}\text{C}$, сприятлива $12-14^{\circ}\text{C}$, оптимальна $18-20^{\circ}\text{C}$. Сума активних температур за вегетаційний період становить від 1700 до 3200°C , при середньодобових температурах не менше $15-17^{\circ}\text{C}$. Для формування репродуктивних органів сої сприятливою температурою є $18-19^{\circ}\text{C}$, оптимальною – 21- 23, для цвітіння – відповідно 19-21 і $22-25^{\circ}\text{C}$; для утворення бобів і насіння 17-18 і $20-23^{\circ}\text{C}$; для досягання –13-16 і $18-20^{\circ}\text{C}$ [14].

Короткочасні заморозки на поверхні ґрунту під час сходів (до $2,5-4,0^{\circ}\text{C}$) соя переносить добре, але не витримує заморозків у фазі цвітіння і формування бобів [37].

Соя дуже чутлива до поживного режиму ґрунту, причому поживні речовини, вона засвоює під час вегетації нерівномірно: від сходів до цвітіння азоту 6-16 %, фосфору – 8,4-12,3, калію 9-23,8, кальцію – 10-11, магнію-6-

8%. На формування 1 ц зерна витрачається 7,7- 10,0 кг азоту, 1,7-4,0 кг фосфору, 3,2-4,0 кг калію [5,10, 32,42].

Взаємодія бобових рослин і бульбочкових бактерій носить специфічний характер. Це проявляється в здатності певного виду ризобію інфікувати і утворювати функціональні бульбочки на рослинах відповідних груп перехресного інфікування [26, 29].

За сучасним уявленням, вибірковість взаємодії симбіонтів здійснюється на ранніх етапах формування симбіозу і важливу роль в цьому процесі відіграють, з одного боку, лектини рослин, а з іншого – поверхньоолокалізовані полісахариди бульбочкових бактерій [2, 19].

Дослідження А.О.Бабица показали, що за нормальних умов на одній рослині утворюється в середньому від 21 до 80 бульбочок і більше. Вони формуються, головним чином, на головному корені та бокових коріннях, які розміщуються в орному шарі [13]. При створенні сприятливих умов для симбіозу, соя здатна формувати масу активних бульбочок до 1,5-2,0 г і більше на рослину.

До 50-70 % від загального споживання азоту соя отримує за рахунок біологічної фіксації його з повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями [61].

Початок утворення бульбочок на корінні пов'язаний з періодом появи перших листків, тобто з початком фотосинтетичної діяльності рослин. Листки є одним із вирішальних факторів у процесі утворення бульбочок, їх розвитку та життєдіяльності, оскільки вони дають енергетичний матеріал, необхідний як рослині, так і мікроорганізмам.

У результаті впливу бульбочок на ріст і розвиток рослин, участь їх у процесах фіксації азоту повітря сприяє більш довгому функціонуванню листового апарату й нагромадженню органічних речовин, в тому числі азотистих сполук, спочатку у вегетативних, а потім у репродуктивних органах сої [9, 45,52].

Як за інокуляції, так і без неї, низькі температури й затінення послаблюють темпи накопичення біомаси. Не встановлено зв'язку між

біомасою й накопиченням азоту під впливом понижених температур, проте спостерігається підсилення накопичення фосфору [26].

У сої фіксація азоту з атмосфери бульбочковими бактеріями і надходження його в рослину найбільш інтенсивно відбувається у фазі цвітіння, формування і наливу бобів при температурі повітря 24-28 °С і відносній вологості 40-60 % [15].

Умови освітлення впливають на інтенсивність фотосинтезу, біологічну фіксацію азоту бульбочковими бактеріями, на мінеральне живлення й врожай. Сприятливими умовами для розвитку бактерій є достатнє освітлення, при якому підвищується інтенсивність фотосинтезу й утворення вуглеводів [11].

Для більшості сортів сої сприятлива тривалість дня становить 13-15 год. Для оптимального розвитку кожного органа рослини сої необхідна своя тривалість дня. Осьові органи - стебло і корінь у сої досягають максимуму при дуже короткому дні, рівному всього 4 годинам, листя й боби - 8-10 годин. Оптимальна площа листя, при якій спостерігається найменша обсіпаємість бобів, створюється у рослин сої при вкороченому дні (8-10 год.) [18].

Посів сої, що має потужний фотосинтетичний потенціал і високу продуктивність фотосинтезу, здатен сформувати більше сухої речовини насіння.

Найбільше вологи соя споживає у період цвітіння, формування й наливу бобів. Щоб одержати високий урожай, необхідно підтримувати вологість у ґрунті у період сходи - початок цвітіння на рівні 70% НВ, у період формування й наливання насіння – 80% і досягання – 60-70% НВ, при сприятливій температурі повітря. Для формування 30 ц/га соя витрачає 5,0-5,5 тис. м³/га води. При цьому для неї характерне нерівномірне використання вологи за фазами росту і розвитку рослин. Транспіраційний коефіцієнт її коливається в межах від 390 до 700, середній – 500-650, що менше, ніж у гороху, кормових бобів, ріпаку й соняшника [15, 18].

У період проростання насіння витрачається близько 100-120% води від його маси [17].

Урожайність сої залежить від кількості опадів у липні-серпні, тобто критичними періодами розвитку рослин сої є фази цвітіння, формування бобів, наливу насіння [24].

У дослідженнях Gutierrez-Boem Flario H., Thomas Grant водний стрес прискорював розвиток рослин, ослаблював ріст надземних органів, зменшував індекс листової поверхні, поглинання фосфору і його вмісту в рослині, кількість і масу насіння, врожай, збільшуючи густоту кореневої системи [22].

Від наявності вологи у ґрунті залежить інтенсивність азотфіксації. Найкраще азотфіксувальні мікроорганізми розвиваються при вологості ґрунту 40-50% повної вологості. За меншої вологості кількість клітин азотфіксувальних бактерій та інтенсивність азотфіксації поступово знижується [38,43]. Найбільш висока активність симбіотичних бульбочкових бактерій проявляється в період цвітіння рослини-господаря.

Соя забезпечує високий урожай на чорноземних, каштанових і меліорованих дерново-підзолистих ґрунтах. Найкращі для неї добре аеровані ґрунти середнього механічного складу з рН 6,2-7,0 [46].

Найбільші врожаї зеленої маси і насіння одержують на окультурених родючих ґрунтах, багатих органічною речовиною, забезпечених кальцієм, із доброю водопроникністю та обміном повітря. Це дуже важливо для біологічної фіксації азоту бульбочковими бактеріями. На нейтральних і лужних ґрунтах бульбочкові бактерії розвиваються краще, ніж на кислих; критична кислотність ґрунту для соєвих бульбочкових бактерій настає при рН 4,2 [12].

У кислих ґрунтах бульбочкові бактерії майже не розвиваються. Тому велике значення для збагачення ґрунту азотом має вапнування таких ґрунтів [17]. Вивчення процесу формування симбіотичного апарату в онтогенезі сої залежно від вапнування, внесення мінеральних добрив та інокуляції показало, що максимальна кількість бульбочок на коренях рослин

формується при вапнуванні й внесенні фосфорно-калійних добрив у дозі $P_{60}K_{60}$ [20].

Аборигенні соєві ризобії у ґрунтах України відсутні й інокуляція насіння сої забезпечує приріст урожаю зерна до 1,0-3,0 ц/га в жорстких умовах суходолу та до 5,0-8,0 ц/га за сприятливих умов і при зрошенні. Вміст білка в насінні сої збільшується на 2,0-6,0 %, а загальна кількість фіксованого соєю азоту може досягти до 150-180 кг/га. При наявності в ґрунті інтродукованих соєвих ризобій ефективність інокуляції, звичайно, буває нижчою на 30-50 %, але загальний рівень симбіотичної азотфіксації не зменшується [59].

Виключно велика роль зернобобових культур (як фактора, що створює середовище), полягає в унікальній здатності засвоювати атмосферний азот. А.М. Медведєвим встановлено, що бобові рослини містять 60-65% азоту засвоєного з повітря і тільки 35-40%-з ґрунту. Після збирання зернобобових культур на 1 га в ґрунті залишається 20-70 ц кореневих і пожнивних решток, в яких міститься 45-130 кг азоту, 10-20 кг фосфору, 20-70 кг калію [18].

1.2. Вплив мінеральних добрив на урожайність сої

За результатами досліджень дольова частка гідротермічних умов при формуванні врожаю сільськогосподарських культур, і сої зокрема, в умовах Лісостепу України, становить близько 25 – 30 %, а в несприятливі роки ще більше [61, 38].

Найбільший вплив на формування урожаю зерна сої в умовах Південного Лісостепу мав фактор умови року, частка якого серед складових урожаю становила 25,8, норма висіву – 18,8, удобрення – 15,8, спосіб сівби – 4,6, сорт – 3,4 %. Попередники сої повинні сприяти зменшенню чисельності бур'янів, створенню доброї структури ґрунту з достатньою кількістю поживних речовин, рано звільняти поле. Значимість сої як гарного попередника в сівозміні для інших культур зростає, коли її посіви підтримуються в чистому від бур'янів стані, знижується ступінь засміченості наступних культур [31]. Основний

обробіток ґрунту під сою поєднує в собі лушення дисковими або плоскорізними знаряддями, вирівнювання поверхні поля, внесення добрив та зяблеву оранку або плоскорізний обробіток. Його завданням є забезпечення максимального знищення бур'янів, створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи рослин, функціонування симбіотичного апарату, сприятливого поживного режиму і відповідно інтенсивного росту і розвитку рослин сої [9].

Від того, як бобові рослини накопичують азотні сполуки залежить їх урожайність і забезпеченість майбутнього польового сезону поживними речовинами. Дані автори [4] стверджують, що збагачення ґрунту кореневими і післяжнивними рештками сої з підвищеним вмістом азоту збільшує урожайність наступної культури (озимої пшениці) на 5 – 6 ц/га порівняно з її вирощуванням по не інокуюваній сої або кукурудзі.

Встановлено, що насіннева продуктивність сої значно залежить від технологічних прийомів вирощування [53]. В оптимальні строки сівби (середньодобова температура повітря 12 – 15 °С) посіви сої забезпечують незалежно від системи удобрення збільшення показників наземної маси рослин, площі листкової поверхні, елементів структури врожаю – кількості бобів, кількості і маси зерен з однієї рослини, маси 1000 зерен та продуктивності посівів сої [57]. За даними вчених [18], такі технологічні прийоми як обробка насіння препаратами бульбочкових бактерій, внесення фосфорно-калійних добрив, застосування стимуляторів росту рослин підвищують урожайність сої на 5 – 8 ц/га і більше.

Інтегральним показником, за яким оцінюють технологію вирощування сільськогосподарських культур є урожайність насіння, яка пов'язана з структурою та індивідуальною продуктивністю рослин. Відповідно до певного ґрунтового-кліматичного регіону, умов року та елементів технології вирощування відбуваються відповідні зміни структури врожаю сої [67]. Для того, щоб отримати урожайність сої на рівні 1,4 – 1,8 т/га необхідно створити умови, за яких густина стояння рослин має становити 60 рослин/м², кількість бобів – 8 – 11 шт./рослину та 1,67 – 1,80 насінин у бобі [13].

Добрива – це могутній фактор впливу на ріст, розвиток та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Частка участі мінеральних добрив в урожаї сої залежить від зони вирощування, погодних умов, попередника, забезпеченості поживними речовинами і становить 30 – 40 % [36]. Високу урожайність сої отримують на ґрунтах, які є багатими на органічні та мінеральні речовини і мають близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину (рН 6,5) [47].

Рослина засвоює поживні речовини в достатній кількості якщо ґрунтовий розчин є фізіологічно врівноваженим. У свою чергу величина урожаю і якість зерна значно залежать від внесених мінеральних добрив. Висока культура землеробства є потрібною умовою для одержання стабільних врожаїв сої. Необхідно обов'язково дотримуватись прийомів технології вирощування, одним із яких є оптимальний поживний режим ґрунту [57].

Рослини сої дуже чутливі до умов мінерального живлення і вологозабезпечення. Процес мінерального живлення, утворення бульбочок на коренях рослин піддаються впливу умов вологозабезпечення, при цьому найкраще рослини живляться при оптимальному поєднанні всіх факторів їх життя: родючості ґрунту, вологи, добрив, тепла, світла [59]. Важливе значення має тепловий режим ґрунту, адже за низької температури рослини сої повільно ростуть і розвиваються. Зниження температури на перших етапах росту та розвитку значно впливає на азотне і фосфорне живлення, через слабку мобілізацію і менше використання азоту і фосфору із запасних речовин насінини, спостерігається уповільнене поглинання цих елементів з ґрунту [62].

Збільшення врожаю при застосуванні добрив викликане більш інтенсивним розвитком вегетативної маси рослин, формуванням додаткових бобів, збільшенням кількості квіток, кращою наповненістю боба у фазі повної стиглості [33].

Особливості мінерального живлення зернобобових культур обумовлені їх специфічними біологічними властивостями, такими як відносно слабка реакція на фактори інтенсифікації і, в першу чергу, на підвищенні норми мінеральних добрив. Зернобобові культури менше відзиваються на

покращення поживного режиму ґрунту порівняно з іншими культурами, але за продуктивністю практично не поступаються останнім, хоча маса зерна в загальному біологічному врожаї буває низькою і нестабільною залежно від року [47].

Проведені дослідження з питань живлення зернобобових культур забезпечують великий об'єм інформації відносно оптимальних норм внесення мінеральних добрив розглядаючи їх ефективність, вплив на продуктивність рослин та якість урожаю [21]. Висота рослин, висота прикріплення бобів, довжина та кількість бобів на рослині, кількість зерен у бобі і вага 1000 зерен є основними структурними елементами врожаю зернобобових культур. За рахунок внесення добрив можна впливати на ці елементи і змінювати величину врожаю. Доведено, що внесення добрив позитивно впливає на елементи структури врожаю [25].

Соя досить вимоглива до вмісту поживних речовин у ґрунті культура. У першу чергу, висока продуктивність сої залежить від наявності в достатній кількості мінеральних елементів живлення в ґрунті в основні фази росту і розвитку рослин [30].

У біологічному землеробстві з метою запобігання надмірному нагромадженню нітратів у продукції рослинництва доцільно обмежити дози внесення азотних добрив [31]. Застосування азотних добрив виправдане лише під особливо цінні бобові культури (наприклад соя) і бідних на азот ґрунтах. Їх внесення проводять у ранні весняні строки, коли на коренях ще не утворились бульбочкові бактерії [33].

За твердженням окремих вчених [30], необхідно застосовувати «помірні» дози мінерального азоту під бобові культури до активізації бобово-ризобіальної системи. Інші науковці вважають, що потрібно повне забезпечення рослин мінеральним азотом упродовж вегетації [30]. Існує думка щодо абсолютного виключення азотних добрив з технології вирощування бобових культур [47].

За даними досліджень, проведених в умовах південної частини Західного Лісостепу України, урожайність сої зростала при застосуванні добрив порівняно з варіантами без удобрення. Урожайність зерна сої, в середньому за період

досліджень, найбільшою була на ділянках з унесенням мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{45}K_{45}$, де рівень урожайності коливався відповідно до способу сівби та сорту в межах 2,48 – 2,93 т/га [24].

Дослідженнями виявлено, що посіви сої, де насіння не обробляли бактеріальними препаратами на фоні без внесення мінеральних добрив, були більш ураженими кореневими гнилями. Застосування мінеральних добрив та інокуляція насіння дали можливість істотно знизити ступінь ураженості посівів збудниками корневих гнилей [29].

Дослідженнями встановлено, що у варіанті з внесенням $P_{60}K_{60}$ урожайність зерна досліджуваних сортів сої зросла на 11 – 13 %, а додаткове щорічне внесення N_{30} підвищувало урожайність сортів на 16 – 18% [50].

Наявність у ґрунті доступних для рослин поживних речовин, особливо сполук азоту, зумовлює значне зростання урожайності сої, як і більшості сільськогосподарських культур. Так застосування азотних добрив за останні роки різко знизилося у зв'язку з високою вартістю енергоресурсів та низькою платоспроможністю товаровиробників. Саме тому виникає потреба у пошуку альтернативного шляху розв'язання цього питання, який базувався б на застосуванні економічно виправданих і екологічно безпечних прийомів технології вирощування [19].

1.3. Бактеріальні добрива як фактор підвищення продуктивності

Важлива роль у біологізації сучасних агроєкосистем відводиться ґрунтовим мікроорганізмам. Адже за умов обмеженого ресурсного забезпечення сучасного вітчизняного сільськогосподарського виробництва одним із шляхів оптимізації агроєкосистем є застосування біологічних препаратів на основі азотфіксувальних та фосформобілізівних бактерій [37].

Біологічна азотфіксація в посівах бобових є своєрідним прикладом безвідходної технології, коли коефіцієнт використання азоту в бобово-ризобіальних системах наближається до 100 % [37, 38].

Тому, одним із пріоритетних напрямків світового сучасного землеробства є використання можливостей симбіотичної азотфіксації для підвищення продуктивності бобових культур і родючості ґрунту [31].

Соя, як і інші бобові культури, має дуже цінну природну властивість - біологічно зв'язувати азот повітря. Ця культура протягом вегетаційного періоду зв'язує близько 70-150 кг/га, на 50-75% задовольняючи свої потреби в цьому елементі [13, 14, 19].

За даними науковців при урожайності 20 ц/га і створення необхідних умов для азотфіксації за допомогою азотфіксувальних бактерій соя засвоює з повітря близько 100 кг азоту в розрахунку на 1 га [16, 17] і 50-60 кг – у пожнивних рештках [42].

На думку А.О.Бабича та А.А.Побережної річна біологічна фіксація азоту на Землі становить близько 100 млн. т [7-10].

Фіксація азоту й надходження його у рослину найбільш інтенсивно проходять у фазі цвітіння та формування бобів при температурі повітря 24-28 °С і відносній вологості 40-60%. Більш високі температури й вологість пригнічують розвиток азотфіксувальних бактерій [11].

Азот, який засвоюється симбіотичними бульбочковими бактеріями, накопичується в ґрунті поступово, протягом вегетації. Таким чином, це джерело азоту є свого роду акумулятором ґрунтової родючості. За вегетацію доступним рослинам стає всього лише 6-10% асимільованого бактеріями азоту. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з бобовими рослинами можна підвищити, використовуючи різні активні форми цих бактерій [9].

Використання біопрепаратів азотфіксувальних бактерій під бобові, злакові та овочеві культури замінює 20-50 кг/га мінеральних добрив [2, 48].

Азот мінеральних добрив використовується рослинами приблизно на 50%, а дія біологічного азоту пролонгована на три роки. При цьому за період його позитивної дії засвоюється близько 50-65% накопиченого азоту. Окрім цього, азотфіксувальні бактерії продукують фітогормони, які не тільки підсилюють ростові процеси рослин, а й сприяють ефективному засвоєнню ними мінеральних добрив [39].

З метою нагромадження біологічного азоту в ґрунті необхідно розширити застосування бактеріальних добрив типу ризоторфін та ризоагрін.

Біопрепарати азотфіксувальних мікроорганізмів не тільки підвищують урожай рослин, але й збільшують у них вміст повноцінного білка на 0,5-3,0% і більше [43].

Білок сформований у результаті азотфіксації, значно кращий за якістю, аніж отриманий рослинами під час засвоєння мінерального азоту [40].

При інокуляції насіння перед посівом препаратом бульбочкових бактерій, зернова продуктивність сої у середньому збільшується на 2,7-4,9 ц/га. Тільки за рахунок ризоторфіна приріст збільшується на 11,3-21,8% [40], а за даними Т.М.Ковалевської, В.П.Патики такий прийом забезпечує збільшення врожаю сої на 18,7 – 35,0 %.

Кращі результати за впливом на ріст рослин і врожайність зерна, отримували при поєднанні інокуляції з низькими дозами азотних добрив. Так, урожай на варіанті P₁₂₀K₉₀(фон) склав на 1га –10,2 ц, фон + штам 646 – 14,7 ц/га, фон + N₁₅ + штам 646 – 23,4 ц/га, фон + N₄₅ + штам 646 – 18,0 ц/га [21].

За даними Інституту кормів НААН, у сприятливі за гідротермічними умовами роки інокуляція сої ризоторфіном, забезпечує приріст урожаю насіння в межах 3,2-4,6 ц/га, тоді як в менш сприятливі - лише 0,8-1,5 ц/га. В цілому інокуляція забезпечила приріст урожаю насіння сої в межах 1,2-1,9 ц/га, при урожайності її на контролі (без інокуляції) –18,8 ц/га [21].

При сівбі сої не інокульованим насінням вона “веде” себе як звичайна зернова культура з високою чутливістю на азотні добрива. Інокульовані рослини сої (при врожайності насіння 9,0-15,0 ц/га) здатні повністю забезпечувати себе азотом і не потребують його додаткового внесення.

Рослини, що використовують азот з атмосфери симбіотичним шляхом використовують більше фосфору і більше містять його в коренях, аніж при живленні мінеральним азотом.

Фосфор позитивно впливає на утворення бульбочок у бобових рослин. В результаті досліджень встановив пряму залежність між вмістом фосфору в бульбочках та їх азотфіксувальною активністю. Фосфор активує діяльність азотфіксувальних бактерій і посилює ріст бобової рослини [14]. При невеликому дефіциті фосфору, не спостерігається зниження азотфіксувальної активності бульбочок сої, але при великій нестачі фосфору азотфіксувальна здатність бульбочок дуже знижувалась [50].

Бактерії роду *Azotobacter* і *Agrobacterium*, поряд із фіксацією азоту, здатні мобілізувати фосфор із важкорозчинних неорганічних фосфатів [27,29].

На думку ряду науковців в умовах економічної і екологічної кризи аграрного сектора країни використання комплексного препарату дає змогу заощадити азотні й фосфорні добрива (майже до 45 кг/га), отримувати прирости врожаю зерна до 15-20%, поліпшити якість його, зокрема підвищувати вміст білка на 1,5-2,0%. Препарат включає в себе штами фосформобілізівних і стандартний штам азотфіксувальних бактерій (*Bradyrhizobium japonicum* 634 б). Цим самим він забезпечує живлення рослин рухомими формами фосфору за рахунок інтенсивної мобілізації важкодоступних фосфатів ґрунту та азотне живлення - азоту атмосфери [49,52].

В Україні розроблено та успішно використовують біопрепарати на основі фосформобілізівних бактерій – альбобактерин, поліміксобактерин і фосфоробактерин [25].

Встановлено, що спільна інокуляція сої азотфіксувальними та фосформобілізівними бактеріями сприяє формуванню активного симбіозу між партнерами та збільшенню врожаю насіння на 10-28 % [8].

На основі досліджень виявлено, що внесення фосфорних та калійних добрив, а також інокуляція активними штамми ризобію є обов'язковим заходом технології вирощування сої. У результаті цього значно підсилюється активність симбіозу, підвищується врожайність культури. Кількість фіксованого азоту складає близько 120-140 кг/га, що дає можливість отримати високий врожай сої без внесення мінерального азоту [61].

Таким чином, аналіз літературних джерел з питань впливу елементів технології вирощування на продуктивність сої свідчить, про ще недостатнє вивчення комплексної дії агротехнічних факторів на кількість та якість врожаю, а також зовсім відсутній зв'язок між застосуванням бактеріальних препаратів та показниками родючості ґрунтів, їх агрохімічної характеристики.

Тому, на наш погляд, актуальним залишається питання розробки проектів технології вирощування сої, які передбачали б використання комплексних бактеріальних препаратів на основі штамів азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій та їх поєднання з мінеральними добривами для збільшення зернової продуктивності сої в умовах північного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика зони проведення досліджень

Процеси росту, розвитку та формування продуктивності рослин, в тому числі сої відбуваються за злагодженої взаємодії ґрунтових та кліматичних чинників, основними з яких є волога, тепло, світло і забезпеченість ґрунту елементами живлення. На основі аналізу ґрунтових та кліматичних умов регіону вирощування сільськогосподарських культур можна пояснити особливості росту та розвитку і, в деякій мірі, вплинути на формування продуктивності посівів.

Лісостепова зона України займає площу 20291,1 тис.га, за природно-сільськогосподарським районуванням вона включає такі провінції: Західну, Правобережну і Лівобережну. Зона Лісостепу займає центральну частину України і становить близько 34,6% її території. В складі її земельного фонду близько 80 % займають сільськогосподарські угіддя, в тому числі 66 % ріллі, 8,5% луків та 6% пасовищ. Основними галузями тваринництва є м'ясо-молочне скотарство, свинарство та птахівництво, що потребує добре розвиненого кормовиробництва та безперервного надходження кормів [56].

Зона Лісостепу простягається безперервною смугою від Карпат на заході до кордону з Росією на сході на 1500 км, ширина зони з півночі на південь коливається в межах 250–350 км [56].

У Лісостепу поширені такі типи ґрунтів: чорноземи типові, сірі лісові, ясно-сірі лісові, темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені, чорноземи типові, дерново-підзолисті, лучно-чорноземні, торфово-болотні та торфові ґрунти, проте вони не набули значного поширення.

Вінницька область і відноситься до правобережної провінції зони Лісостепу. Найбільш поширеними ґрунтами Вінницької області є сірі лісові, які займають площу 1000,1 тис. га, або 50,5 %, та чорноземи 830,8 тис. га, або 42,1 %. Решта ґрунтів малопродуктивні, які для виробничого використання потребують значних енергетичних витрат.

Основними ґрунтотворними породами є леси та лесовидні суглинки, що характеризуються найвищими агрономічними якостями, проте ступінь їх родючості значною мірою залежить від гранулометричного складу, відповідно збільшенню вмісту фізичної глини.

За даними Вінницької зональної агрохімічної лабораторії переважна частина ґрунтів Вінницької області мають кислу реакцію ґрунтового розчину. Із 1 млн. га обстежених ґрунтів 5,5 тис. га відноситься до дуже сильно кислих (рН до 4,1), 19 тис. га – до сильно кислих (рН 4,1–4,5), 215 тис. га – до середньокислих (рН 4,6 – 5,0), 336 тис. га – до слабокислих (рН 5,1–5,5), 271,5 тис. га близькі до нейтральних (рН 5,6 – 6,0) та 599 тис. га – нейтральних (рН >6,0). Це свідчить, що значна частина ґрунтів області не зовсім сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим проведення вапнування ґрунтів з метою нейтралізації їх кислотності є одним із основних заходів для поліпшення умов вирощування сільськогосподарських культур у тому числі і сої.

Полеві дослідження проводили на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету, яке розташоване у центральній частині Вінницької області. Територія дослідного поля має рівний рельєф. Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений сірими лісовими ґрунтами, які за морфологічними ознаками займають проміжне місце між ясно- і темно-сірими ґрунтами. Глибина орного шару ґрунту – 30 см, середньо-суглинкового гранулометричного складу, грудочкуватої структури. Його щільність знаходиться в межах – 1,32–1,4 г/см³ [44].

У зв'язку з невисоким вмістом гумусу та вимиванням колоїдних фракцій із орного шару, ґрунти не володіють агрономічно-цінною структурою. Вони сильно запливають утворюючи при цьому ґрунтову кірку, через яку прискорюється випаровування вологи, що в свою чергу призводить до затримки появи сходів, пошкодження рослин, погіршується газообмін. Знижена некапілярна шаруватість сірих лісових ґрунтів робить їх нездатними забезпечити оптимальне для рослин співвідношення між вологою і повітрям.

За даними агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники: вміст гумусу (за Тюрнімом) становить 2,06 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 62 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим), відповідно, 149 і 80 мг на 1 кг ґрунту, рН сол. витяжки 5,9. Гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв на 100 г ґрунту.

У цілому за морфологічною будовою, фізичними та фізико-хімічними показниками, сірі лісові ґрунти дослідної ділянки є типовими для Вінницької області та, в цілому, для правобережного Лісостепу, а також сприятливі для вирощування кукурудзи на силос.

За даними Вінницького обласного метеорологічного центру впродовж шести місяців (квітень-серпень) 2021 року склалась досить тепла та суха погода із значною нерівномірністю випадання опадів. Початок вегетаційного періоду (квітень-травень) характеризувався достатнім та надмірним вологозабезпеченням ґрунту – опадів випало 182 мм, що в 1,7 рази вище середньо багаторічної норми або на 74 мм. В той же час спостерігалась тепла погода, яка сприяла задовільному прогріванню верхнього шару ґрунту – відхилення за середньо багаторічними показниками в квітні-травні становило +1,8–2,4 °С.

Червень був дощовим і спекотним, опади випадали нерівномірно, в основному зливого характеру. В липні спостерігались нормальні температурні умови, наближені до норми, проте спостерігався дефіцит опадів, яких випало 38 мм за місяць, чи 49% від норми, а серпень відзначався високими середньодобовими температурами (відхилення склало +2,4 °С від норми) на фоні значного дефіциту атмосферного зволоження – випало лише 9,2 мм опадів за норми 72 мм. Оцінку окремих періодів росту та розвитку культури проводили, використовуючи показники гідротермічного коефіцієнту (ГТК). За вегетаційний період середнє значення ГТК склало 1,3, що згідно шкали визначення рівня зволоження є оптимальним для вирощування культури в ґрунтово-кліматичній зоні.

2.2. Методика проведення досліджень

Експериментальна робота з удосконалення елементів технології вирощування сої здійснювалась шляхом проведення польових досліджень на дослідному полі ВНАУ у 2021 р. У досліді вивчали ефективність дії нітрагіну та фосфонітрагіну на фоні мінерального удобрення та без нього .

Об'єктом досліджень був сорт сої Київська 98. Сорт скоростиглий, в умовах Київської області досягає за 108-110 днів, внесений у Реєстр сортів рослин України з 2001 року. Норма висіву - 700 тис. шт./га схожих насінин, спосіб сівби – широкорядний (45 см), глибина заробки насіння - 3-4 см.

Мінеральні добрива застосовували у вигляді аміачної селітри (34,4%д.р.), гранульованого суперфосфату (19,8% P₂O₅) та калімагнезії (28,0% K₂O) під передпосівну культивуацію.

Інокуляцію насіння сої бактеріальними препаратами, на основі високоактивного штаму симбіотичних азотфіксувальних бактерій *Bradyrhizobium japonicum* 71T та різних видів фосформобілізівних мікроорганізмів, проводили в день сівби, згідно «Рекомендацій по ефективному застосування біопрепаратів азотфіксувальних та фосформобілізівних бактерій в сучасному ресурсозбереженні землеробства».

Площа облікової ділянки – 25,0 м², повторність - чотирьохразова. Попередник – озима пшениця. Агротехніка в досліді – загальноприйнята для зони Лісостепу за виключенням факторів, які вивчались (мінеральні добрива та бактеріальні препарати).

Розроблена схема проектів технології вирощування дає змогу вивчати ефективність впливу на продуктивність культури бактеріальних препаратів без застосування добрив, вплив фосфорних та калійних добрив, повного мінерального удобрення та вплив бактеріальних препаратів на фоні різних доз мінеральних добрив.

Двохфакторний дослід закладали за наступною схемою:

Схема дослідю

Фактор А - мінеральні добрива, кг/га д.р.	Фактор В - бактеріальні препарати
1) P ₆₀ K ₉₀ 2) N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1) без передпосівної інокуляції насіння (контроль) 2) нітрагін, на основі штаму азотфіксувальних бактерій <i>Bradyrhizobium japonicum</i> 71T – фон 3) фосфонітрагін №1 (фон + <i>Achromobacter album</i> 1122) * 4) фосфонітрагін №2 (фон + <i>Bacillus. sp. 4</i>) 5) фосфонітрагін №3 (фон + <i>Bacillus. sp. KB</i>) 6) фосфонітрагін №4 (фон + <i>Bacillus. sp. 8</i>) 7) фосфонітрагін №5 (фон + <i>B. mucilaginosus</i>)

*Примітка. В подальшому в тексті комплексний препарат або фосфонітрагін №1, №2, №3, №4, №5.

Для вирішення поставлених задач проводився комплекс досліджень, підрахунків і спостережень:

- фенологічні за основними фазами росту та розвитку – згідно «Методики державного сорто випробування сільськогосподарських культур»;
- облік густоти стояння рослин у фазі повних сходів і перед збиранням на двох не сумісних повтореннях за «Методикою державного сорто випробування с.-г. культур»;
- висоту рослин визначали у двох несуміжних повтореннях шляхом вимірювання у п'яти рівновіддалених місцях ділянки в основні фази росту та розвитку рослин;
- наростання вегетативної маси та накопичення сухої речовини в динаміці, за основними фазами росту та розвитку рослин, шляхом відбору проб із двох несуміжних повторень, в яких визначали сиру масу рослин, морфологічну будову рослин, вміст сухої речовини;
- площу листової поверхні визначали методом «висічок», який базується на визначенні площі й маси певної кількості (50-100 шт.) висічок, а

також маси листкової поверхні всієї проби і подальших розрахунків листової поверхні проби за формулою:

$$S = \frac{PS1n}{P1} ; \text{де} \quad (2.1)$$

S – загальна площа листків, см²;

S1 – площа однієї висічки, см²;

n- число висічок;

P – загальна маса листків, г;

P1 – маса висічок,г;

- аналіз елементів структури урожаю проводили за пробними снопами, які відбирали перед збиранням з двох несуміжних повторень у двох місцях ділянки з ділянок розміром 1 м²;

- облік урожаю насіння проводили з кожної ділянки прямим комбайнуванням;

- економічну ефективність оцінювали за витратами засобів виробництва на 1 га, за сумарним прибутком, собівартістю 1 т продукції, рівнем рентабельності. Економічні розрахунки проводили за технологічними картами в цінах 2021р.;

- математичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізу згідно «Методики польового досліджу» (Доспеховим Б.О.).

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Вплив інокуляції насіння та мінерального удобрення на формування густоти стояння рослин у посівах сої

Соя, як світлолюбива культура, формує високий урожай тільки при оптимальній для сорту площі живлення й густоті, добрій освітленості її рослин. Вона чутлива до зміни площі живлення, забезпечення вологою і поживними речовинами, що, у свою чергу, визначає облистненість, інтенсивність фотосинтезу, утворення бобів, гілкування, товщину стебла, висоту прикріплення нижніх бобів, кількість бобів і насінин на рослині, стійкість проти вилягання, обламування гілок і в кінцевому результаті визначає величину і якість урожаю. При оптимальній густоті стояння рослин і диференційованій площі живлення найбільш продуктивно використовується сонячне світло, відведена кожній рослині площа живлення з відповідним шаром ґрунту, об'ємом повітря, кількістю вологи і поживних речовин.

Одним із важливих показників для визначення біологічної урожайності культури є густота стояння у фазу повних сходів та кількість рослин перед збиранням. За результатами досліджень встановлено, що густота рослин сої й особливо динаміка її зміни, протягом вегетаційного періоду, в більшій мірі залежали від рівня удобрення та бактеріальної обробки.

В середньому за 2020-2021 рр. досліджень аналіз зміни густоти стояння рослин після сівби та перед збиранням показав, що вплив погодних умов на густоту стояння не інокульованих рослин був менш помітний порівняно з рослинами на інокульованому фоні (табл.3.3).

Аналіз впливу інокуляції насіння бактеріальними препаратами на динаміку зміни густоти посіву сої показав, що як за середніх показників, так і в окремі роки, її ефективність мала диференційований характер залежно від виду бактеріального препарату. Так, вищий відсоток збережених рослин відмічався у варіанті дослідження за передпосівної інокуляції фосфонітрагіном №1 – 93,3%, де кількість сходів складала 60,0 шт., а кількість рослин перед збиранням – 56,0

шт./м².

Таблиця 3.1

Густина стояння рослин сої у фазу повних сходів та перед збиранням залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (2020-2021 рр.)

Бактеріальний препарат	Мінеральні добрива, кг/га д.р.					
	P ₆₀ K ₉₀			N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀		
	1*	2*	3*	1	2	3
Без інокуляції (контроль)	55,4	51,0	92,0	64,1	59,0	92,0
Нітрагін	59,7	55,7	93,2	57,7	53,2	92,1
Фосфонітрагін №1	60,0	56,0	93,3	57,8	55,0	95,0
Фосфонітрагін №2	60,7	52,6	86,6	61,8	57,6	93,2
Фосфонітрагін №3	53,7	48,2	89,6	61,1	56,3	92,1
Фосфонітрагін №4	66,0	57,3	82,7	61,4	54,6	88,9
Фосфонітрагін №5	60,7	52,1	85,8	59,5	55,0	92,4

Примітка. 1*-густина сходів, шт./м²; 2*- кількість рослин перед збиранням, шт./м²; 3*- збереження рослин, %

При вивченні впливу рівня удобрення на густоту рослин встановлено, що внесення повного мінерального добрива у дозі N₃₀P₆₀K₉₀ кг д.р. забезпечило найбільшу густоту сходів – 64,1 шт./м² та кількість рослин перед збиранням – 59,0 шт./м², що і забезпечило вищий відсоток збереження – 92,0%.

На фоні різних доз мінеральних добрив за густотою сходів на 1 м² та кількістю рослин перед збиранням більш значний вплив мала передпосівна інокуляція фосфонітрагіном №4 – 66,0 шт. та 57,3 шт./м², однак відсоток збереження був не високий і склав 82,7%. Ефективність застосування фосфонітрагіну №1 на фоні внесення фосфорно-калійних добрив та повного мінерального добрива забезпечило найвищі показники збереженості в межах 93,3-95,0 %.

Таким чином, застосування інокуляції насіння сої на фоні внесення мінеральних добрив в цілому мало позитивний вплив на формування густоти посіву сої і забезпечувало дещо вищий її рівень як на період сходів культури, так і на час збирання у порівнянні з варіантами дослідів, де сівба проводилась не інокульованим насінням на удобреному фоні.

3.2 Динаміка росту рослин сої протягом вегетаційного періоду

У проведених дослідженнях встановлено, що мінеральні добрива та передпосівна інокуляція насіння в значній мірі впливали на лінійні показники росту основного стебла рослин сої, як в умовах року, так і в середньому за роки досліджень. При цьому висота інокульованих рослин перевищувала висоту контрольних не залежно від фази росту та розвитку, проте найбільш різнилися у фазу наливу бобів.

Висота рослин, передпосівну інокуляцію насіння яких проводили фосфонітрагіном в різних його композиціях, знаходилась в межах 85,3-90,1 см. Тоді як, найбільша висота рослин спостерігалась на варіанті за обробки фосфонітрагіном №1 – 90,1 см, що перевищувала висоту контрольних рослин на 7,1 см та висоту рослин, насіння яких інокульовали штамом азотфіксувальних бактерій *Br.japonicum 71T* на 6,6 см.

Залежно від різних доз мінеральних добрив, динаміка висоти рослин змінювалась у бік зростання на варіанті за внесення повного удобрення у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$. На варіанті за внесення фосфорно-калійних добрив, у дозі $P_{60}K_{90}$, висота рослин була дещо нижчою, порівняно з показниками на вищезгаданих варіантах. (табл.3.2)

Таблиця 3.2

Висота рослин сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (середнє за 2020-2021 рр.), см

Бактеріальний препарат	Мінеральні добрива, кг/га д.р.					
	$P_{60}K_{90}$			$N_{30}P_{60}K_{90}$		
	1	2	3	1	2	3
Без інокуляції	31,3	55,0	83,0	32,3	55,0	78,1
Нітрагін	32,4	54,7	82,0	34,7	62,0	83,5
Фосфонітрагін №1	34,7	58,3	87,1	36,7	59,1	90,1
Фосфонітрагін №2	32,7	55,7	87,0	34,6	59,3	87,7
Фосфонітрагін №3	35,0	58,6	85,3	33,7	59,3	86,8
Фосфонітрагін №4	34,0	57,7	85,7	32,7	58,3	86,8
Фосфонітрагін №5	35,0	58,7	85,3	35,0	59,1	85,8

Примітка. 1*-фаза бутонізації; 2*-фаза цвітіння; 3*- фаза наливу бобів

За сумісного використання мінеральних добрив, нітрагіну та фосфонітрагіну висота рослин сої перевищувала рослини на варіантах за окремого використання цих елементів. Максимальна висота рослин (90,1 см) відмічалась на варіанті комплексного застосування мінерального добрива, у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$, та передпосівної інокуляції фосфонітрагіном №1. Дещо нижчими були рослини на варіанті досліду при комплексній взаємодії фосфорно-калійних добрив та фосфонітрагіну №1.

Отже, внесення повного мінерального добрива та передпосівна інокуляція насіння фосфонітрагіном №1 сприяло інтенсивнішому росту рослин сої та забезпечувала максимальні її прирости.

3.3 Особливості формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від інокуляції та мінеральних добрив

Важливою умовою, яка визначає інтенсивність формування асиміляційної поверхні, використання асимілянтів, росту і розвитку рослин зернобобових культур, і, зокрема, сої, є підбір сортів з активним фотосинтетичним апаратом і високою інтенсивністю росту та раціональним застосуванням мінеральних добрив, агротехнічних факторів, що забезпечують більш тривалу роботу листкового апарату [36].

Дослідження з вивчення особливостей формування листкового апарату в посівах сої показали, що швидке наростання до максимального рівня в значній мірі залежали від умов року, а в межах років - від доз мінеральних добрив та інокуляції. За результатами досліджень виявлено, що інтенсивніше наростання листкового апарату відмічалась у фазу наливу бобів.

На величину листкової поверхні та тривалість її активного функціонування більш суттєво впливає інокуляції високоактивними штамами азотфіксувальних і фосформобілізівних бактерій, аніж мінеральне удобрення.

При аналізі експериментальних даних у середньому за 2020-2021 рр. встановлено, що найменшу площу листкової поверхні, у фазу наливу бобів, сформували рослини сої на контролі – 495,3 см²/рослину (табл. 3.3).

Від внесених мінеральних добрив значно вищий вплив на формування

листкової поверхні мало поєднання азотних, фосфорних та калійних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$, що забезпечило приріст площі листкової поверхні на 8,8 cm^2 /росл більше, порівняно з $P_{60}K_{90}$.

Залежно від бактеріальної обробки посівного матеріалу, вищу ефективність мала інокуляція насіння фосфонітрагіном №1. Відносно менш ефективний вплив на формування листкового апарату рослин сої мало застосування фосфонітрагіну №2, показник площі листкової поверхні знаходився на рівні 684,6 – 749,4 cm^2 /росл.

Таблиця 3.3

Площа листкової поверхні рослин сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (середнє за 2020-2021 рр.), cm^2 /рослину

Бактеріальний препарат	Мінеральні добрива, кг/га д.р.					
	$P_{60}K_{90}$			$N_{30}P_{60}K_{90}$		
	1	2	3	1	2	3
Без інокуляції (контроль)	140,2	300,2	495,3	148,4	316,5	504,1
Нітрагін	182,3	397,5	733,3	186,4	387,6	763,1
Фосфонітрагін №1	190,3	426,4	780,4	190,4	439,0	880,4
Фосфонітрагін №2	186,5	409,6	684,6	190,3	383,4	749,4
Фосфонітрагін №3	184,7	347,1	724,4	187,0	372,5	757,4
Фосфонітрагін №4	187,4	406,7	632,7	193,4	355,4	646,7
Фосфонітрагін №5	183,4	418,5	616,6	192,7	395,8	714,3

Ефективна дія фосфонітрагіну №1 проявилась при сумісному застосуванні з мінеральними добривами. Так, застосування зазначеного препарату на фоні внесення фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{90}$) забезпечило приріст на площі листкової поверхні 385,1 cm^2 /росл більше, порівняно з варіантом без інокуляції.

Таким чином, на величину площі листкової поверхні ефективніше впливала інокуляція бактеріальними препаратами, аніж доза мінеральних добрив. Проте, поєднання даних факторів більш суттєво вплинуло на тривалість її активного функціонування.

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ДОБРИВ

4.1. Урожайність насіння сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння

При оцінці ефективності діяльності симбіотичних систем сої важливим критерієм є врожай зерна і вміст в ньому білка [16].

В результаті проведених польових досліджень нами виявлено, що на сірому лісовому ґрунті, застосування інокуляції посівного матеріалу сої є досить ефективним на фоні внесення мінеральних добрив. Так, приріст урожайності насіння сої в середньому за 2020-2021 рр. залежно від внесених мінеральних добрив. Тоді як за передпосівної інокуляції насіння як симбіотичними бульбочковими бактеріями так і в комплексі з фосформобілізівними мікроорганізмами (різними композиціями фосфонітрагіну) приріст склав відповідно 0,17-0,75 т/га або ж 8,6-34,5% відносно контролю.

При комплексному застосуванні фосфонітрагіну та мінеральних добрив були зафіксовані досить високі показники урожайності сої, що свідчить про успішне використання цих елементів технології. Застосування різних композицій фосфонітрагіну на фоні мінеральних добрив забезпечило додатковий приріст урожайності зерна сої, порівняно лише з інокуюваними рослинами на фоні $P_{60}K_{90}$ в межах від 0,01 до 0,47 т/га. Тоді як найбільш ефективними з комплексних бактеріальних препаратів виявились препарат на основі *Br.japonicum 71T+A.album 1122*. Застосування цих бактеріальних препаратів порівняно з інокуляцією лише нітрагіном забезпечило приріст урожайності в межах 0,47-0,41 т/га, або ж 53,8-34,5%.

За сумісного використання штаму азотфіксувальних та фосформобілізівних бактерій у складі фосфонітрагіну №1 та внесення фосфорно-калійних добрив у дозі $P_{60}K_{90}$ забезпечило урожайність сої на рівні 2,6 т/га, що перевищило варіант без інокуляції на 0,64 т/га. (табл. 4.1.)

**Урожайність сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції
насіння (середнє за 2020-2021 рр.), т/га**

Бактеріальний препарат	Мінеральні добрива, кг/га д.р.	
	P ₆₀ K ₉₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀
Без інокуляції (контроль)	1,96	2,17
Нітрагін	2,13	2,51
Фосфонітрагін №1	2,60	2,92
Фосфонітрагін. №2	2,48	2,77
Фосфонітрагін. №3	2,42	2,81
Фосфонітрагін №4	2,24	2,72
Фосфонітрагін №5	2,14	2,49
НІР ₀₅ 0,9		

Така висока ефективність сумісного застосування фосфорно-калійних добрив та фосфонітрагіну пояснюється тим, що вміст обмінного калію згідно загальноприйнятої класифікації в сірому лісовому ґрунті низький, тоді як вміст рухомих форм фосфору підвищений, а легкогідролізованого азоту дуже високий. Про те, що обмінний калій у цьому ґрунті знаходиться в першому мінімумі свідчить також те, що середня врожайність сої за роки досліджень при внесенні мінеральних добрив у дозах P₆₀K₉₀ досить висока. Разом з тим, варто відзначити що на варіанті внесення азотних та фосфорно-калійних добрив у дозі N₃₀P₆₀K₉₀ із сумісним застосуванням фосфонітрагіну №1 в середньому за роки дослідження отримано максимальний у досліді показник урожайності на рівні 2,92 т/га.

4.2. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на вміст і збір сирого протеїну

У результаті поліпшення мінерального живлення більш інтенсивно відбувається фотосинтез у листках і створюються передумови біологічної фіксації азоту бульбочковими бактеріями, що у свою чергу є фундаментом для синтезу білка, жиру, ферментів, амінокислот, вітамінів, вуглеводів та інших сполук.

Активний симбіоз бобових культур із симбіотичними бульбочковими

бактеріями при використанні бактеріальних препаратів сприяє не тільки збільшенню врожаю, але й протеїну в ньому, тобто підвищенню його якості. У кінцевому підсумку це обумовлює підвищення збору цієї цінної кормової речовини з одиниці площі [57].

Аналізуючи вміст сирого протеїну та його збір в середньому за 2020-2021 рр. відмічено, що при застосуванні мінеральних добрив вміст сирого протеїну в насінні сої знаходився в межах 41,8-43,2 %, а збір його – 0,82-1,11 т/га. На варіантах досліду без інокуляції ці показники склали відповідно 41,9 – 42,2% та 0,82 т/га. При цьому максимальні показники по вмісту сирого протеїну (43,2 т/га) відмічено при внесенні фосфорно-калійних добрив у дозі $P_{60}K_{90}$, а максимальні показники за виходом сирого протеїну зафіксовано при внесенні азотних та фосфорно-калійних добрив (1,11 т/га). (табл.4.2). За передпосівної інокуляції насіння фосфонітрагіном №3 та №4 вміст протеїну зростає відповідно до 42,0-42,9 %, а збір – до 0,86-1,02 т/га. При цьому вищий вміст сирого протеїну в насінні сої забезпечила інокуляція фосфонітрагіном №4, разом з тим, кількість зібраного протеїну у зазначеному варіанті досліду була не високою, на рівні 0,87-0,94 т/га залежно від рівня удобрення.

Таблиця 4.2

Вміст сирого протеїну в насінні сої та його збір залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (середнє за 2020-2021 рр.)

Бактеріальний препарат	Мінеральні добрива, кг/га д.р.			
	$P_{60}K_{90}$		$N_{30}P_{60}K_{90}$	
	1	2	1	2
Без інокуляції (контроль)	42,2	0,82	41,9	0,82
Нітрагін	41,8	0,93	41,9	0,89
Фосфонітрагін №1	42,6	0,98	42,7	1,11
Фосфонітрагін №2	43,2	1,01	42,6	1,05
Фосфонітрагін №3	42,1	0,86	42,1	1,02
Фосфонітрагін №4	42,9	0,87	42,0	0,94
Фосфонітрагін №5	42,0	0,94	42,0	0,90

Примітка: 1* - вміст сирого протеїну, %; 2* - збір сирого протеїну, ц/га

Максимальний збір протеїну забезпечили рослини на варіанті досліду за інокуляції фосфонітрагіном №1 та внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$ – 1,11 т/га. Комплексне застосування бактеріальних препаратів

(фосфонітрагіну №1) та мінеральних добрив ($N_{30}P_{60}K_{90}$) на варіантах досліду сприяло зростанню вмісту сирого протеїну в насінні до 42,7 %.

Більший вміст сирого протеїну встановлений за сумісної бактеризації насіння фосфонітрагіном №2 на фоні фосфорно-калійного удобрення ($P_{60}K_{90}$) – 43,2%. При цьому суттєвого зростання вмісту олії не спостерігалось, а навпаки у більшості випадків при зростанні вмісту білка спостерігається деяка тенденція зниження її вмісту в насінні сої. Це відповідає літературним даним інших дослідників, які відмічають, що між вмістом білка та олії в насінні сої існує від'ємний кореляційний зв'язок на рівні $r = -0,63$.

Згідно існуючих показників товарної якості насіння сої містить у середньому 38,0% білка та 19,5% олії. Тобто ранньостиглий сорт сої Київська 98 за інокуляції бактеріальними препаратами та використанні різних доз добрив на сірому лісовому ґрунті в умовах Вінницької області формує врожай насіння з високоякісними товарними показниками.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНИХ ТА БАКТЕРІАЛЬНИХ ДОБРИВ

При удосконаленні елементів технології вирощування, основними змінами до загальноприйнятої технології цієї культури є різні рівні мінерального удобрення та бактеріальні препарати.

Згідно проведених розрахунків економічної ефективності в середньому за 2020-2021 рр. встановлено, що застосування різних бактеріальних препаратів та мінеральних добрив, при вирощуванні типового ранньостиглого сорту сої Київська 98 на сірому лісовому ґрунті в умовах дослідного поля ВНАУ свідчить про те, що інокуляція посівного матеріалу бактеріальними препаратами виявилась найбільш економічно ефективним та рентабельним агрозаходом. (табл. 5.1.)

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (середнє за 2020-2021 рр.)

Мінеральні добрива, кг/га д.р.	Бактеріальний препарат	Всього витрат, грн.	ВВП, грн.	Собівартість, грн./т	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Рентабельність, %
P ₆₀ K ₉₀	без інокуляції	12671	25480	6465	12809	101,1
	нітрагін	12895	27690	6054	14795	114,7
	фосфонітрагін.№1	13331	33800	5127	20469	153,5
	фосфонітрагін.№2	13506	32240	5446	18734	138,7
	фосфонітрагін №3	13511	31460	5583	17949	132,8
	фосфонітрагін №4	13508	29120	6030	15612	115,6
	фосфонітрагін.№5	13509	27820	6313	14311	105,9
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	без інокуляції	13771	28210	6346	14439	104,9
	нітрагін	13995	32630	5576	18635	133,2
	фосфонітрагін.№1	14431	37960	4942	23529	163,0
	фосфонітрагін.№2	14606	36010	5273	21404	146,5
	фосфонітрагін №3	14611	36530	5200	21919	150,0
	фосфонітрагін №4	14608	35360	5371	20752	142,1
	фосфонітрагін.№5	14609	32370	5867	17761	121,6

У результаті проведених розрахунків економічної ефективності комплексної дії факторів, що досліджувались, встановлено, що застосування мінеральних добрив під сою на сірому лісовому ґрунті найбільш економічно доцільне за сумісного використання з бактеріальними препаратами. При

урожайності насіння сої на рівні 2,60-2,92 т/га, на варіантах дослідю, де вносили мінеральні добрива $P_{60}K_{90}$ та $N_{30}P_{60}K_{90}$ проводилась передпосівна бактеризація насіння препаратами №1 відмічалась загальна кількість витрат, на рівні 1333 та 14431 грн/га. За використання цих двох агрозаходів вартість валової продукції збільшилась на 8400 та 9750 грн/га. Також на даних варіантах дослідю відмічалась найнижча собівартість 1 тонни зерна 5127-4942 грн та максимальний умовно-чистий прибуток – 20469 – грн/га – при інокуляції комплексним препаратом №1 на фоні $P_{60}K_{90}$ та 23529 грн/га – при інокуляції насіння бактеріальним препаратом №1 на фоні $N_{30}P_{60}K_{90}$.

Отже, більш рентабельним агрозаходом є сумісне застосування фосфонітрагіну №1, біоагентами якого є *Br.japonicum* + *A.album* 1122 на фоні внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{90}$, рівень показника рентабельності при цьому склав 163 %.

Таким чином, найбільш економічно ефективним варіантом дослідю є сумісне застосування мінеральних добрив та фосфонітрагіну. При інокуляції посівного матеріалу сої фосфонітрагіном на основі *Br.japonicum* 71T + *A.album* 1122 на фоні внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{90}$ урожайність сої складає 2,92 т/га, собівартість при цьому зменшується до 4942 грн/т, а умовно-чистий прибуток зростає до 23259 грн/га.

ВИСНОВКИ

1. Застосування інокуляції насіння сої на фоні внесення мінеральних добрив в цілому мало позитивний вплив на формування густоти посіву сої і забезпечувало дещо вищий її рівень як на період сходів культури, так і на час збирання у порівнянні з варіантами досліду, де сівба проводилась не інокульованим насінням на удобреному фоні.

2. За сумісного використання мінеральних добрив, нітрагіну та фосфонітрагіну висота рослин сої перевищувала рослини на варіантах за окремого використання цих елементів. Максимальна висота рослин (90,1 см) відмічалась на варіанті комплексного застосування мінерального добрива, у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$, та передпосівної інокуляції фосфонітрагіном №1.

3. Ефективна дія фосфонітрагіну №1 проявилась при сумісному застосуванні з мінеральними добривами. Так, застосування зазначеного препарату на фоні внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{60}K_{90}$) забезпечило формування площі листової поверхні на рівні 880,4 см²/росл.

4. На варіанті внесення азотних та фосфорно-калійних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$ із сумісним застосуванням фосфонітрагіну №1 в середньому за роки дослідження отримано максимальний у досліді показник урожайності на рівні 2,92 т/га, що на 0,75 т/га перевищувало контроль.

5. Максимальний збір протеїну забезпечили рослини на варіанті досліду за інокуляції фосфонітрагіном №1 та внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{90}$ – 1,11 т/га. Комплексне застосування бактеріальних препаратів (фосфонітрагіну №1) та мінеральних добрив ($N_{30}P_{60}K_{90}$) на варіантах досліду сприяло зростанню вмісту сирого протеїну в насінні до 42,7 %.

6. Найбільш економічно ефективним варіантом досліду є сумісне застосування мінеральних добрив та фосфонітрагіну. При інокуляції посівного матеріалу сої фосфонітрагіном на основі *Br.japonicum 71T* + *A.album 1122* на фоні внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{90}$ урожайність сої складає 2,92 т/га, собівартість при цьому зменшується до 4942 грн/т, а умовно-чистий прибуток зростає до 23259 грн/га.

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

На основі проведених досліджень в умовах дослідного поля ВНАУ, на сірих лісових ґрунтах, господарствам різних форм власності рекомендується для отримання 2,92 т/га насіння сої з високими якісними показниками, впроваджувати удосконалену технологію вирощування, що передбачає мінерально-бактеріальну систему удобрення: внесення фосфорно-калійних ($N_{30}P_{60}K_{90}$) та сівбу насіння, інокерованого фосфонітрагіном на основі *Bradyrhizobium japonicum 71T* + *Achromobacter album 1122* за умови дотримання всіх інших елементів технології вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авраменко С. Цехмейструк М., Шелякін В. Вплив температури та вологості на продуктивність сої. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2012. № 6. С. 23 – 25.
2. Авратовщук Н. Генетика фотосинтеза. Пер. с чешс. А. В. Русикова М.: Колос, 1980. 104 с.
3. Адамень Ф. Ф., Вергунов В. А., Лазер П. Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине К. *Аграрна наука*, 2006. 455 с.
4. Адамень Ф. Ф., Мельничук Т. Н. Биологический азот – будущее земледелия. *Сельскохозяйственное производство в южной степи – проблемы и перспективы: Тр. Крымского ИАПП УААН. Симферополь*, 2004. С. 38 – 50.
5. Бондаренко В.М. Биологические основы возделывания озимой пшеницы в Лесостепной зоне Украины. Автореферат дис. доктора с-х наук. В.М. Бондаренко. Харьков. 2013. 46 с.
6. Бабич А. А., Петриченко В. Ф. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои при известковании, внесении удобрений и инокуляции в условиях Лесостепи Украины. *Вестник с.-х. науки*. 1992. № 5-6. С. 110 – 117.
7. Бабич А. О. Використання сої та продуктів її переробки. К. *Урожай*, 1997. 348 с.
8. Бабич А. О. Кормові і білкові ресурси світу. Київ, 1998. 289 с.
9. Бабич А. О. Кормові і лікарські рослини в XX-XXI століттях. Київ: *Аграрна наука*, 1996. 822 с.
10. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Обґрунтування впливу гідротермічних умов Лісостепу України на індивідуальну продуктивність сої. *Актуальні проблеми землеробства і тваринництва: Матеріали міжнародної конференції. Оброшино*. 2015. С. 14 – 15.
11. Бабич А. О. Петриченко В. Ф., Магденко М. М. Особливості вирощування сої на зерно після озимих проміжних культур в Лісостепу України *Матеріали I Всеукр. (міжнародної) конф. по проблемі «Корми і кормовий білок»*, 16–17 листоп. Вінниця. 1994. С. 171 – 173.
12. Бабич А. О., Колісник С. І. Особливості підготовки ґрунту і строки

сівби сої. Пропозиція. 2001. № 4. С. 44 – 45.

13. Бабич А. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. Аграрний тиждень. Україна. 2011. № 40. С. 10.

14. Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Вплив гідротермічних умов на прояв основних господарсько цінних ознак сої в Лісостепу України. Вісник аграрної науки. К. 1997. № 12. С. 15 – 17.

15. Барвінченко В. І., Заболотний Г. М. Ґрунти Вінницької області. Вінниця: ВДАУ. 2004. 45 с.

16. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Продуктивність сортів сої залежно від використання мінеральних та органо-мінеральних добрив. Збірник наукових праць Уманського ДАУ. Умань, 2008. Вип. 69. С. 193 – 196.

17. Бахмат О. М. Агротехнічні заходи при вирощуванні сої на насіння в умовах Поділля. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2010. Вип. 74. С. 159 – 164.

18. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Вдосконалення технології вирощування сої на зерно в умовах західного Лісостепу України. Збірник наукових праць ВДАУ. 2009. № 38. С. 11 – 18.

19. Бахмат О. М., Чинчик О. С. Вплив дії мінеральних добрив на урожайність насіння сої. Збірник наукових праць ПДАТУ. Кам'янець-Подільський, 2007. Вип. 15. С. 41 – 43.

20. Бикін А. В., Генгало Н. О. Ефективність застосування добрив і гумату калію за вирощування сої на чорноземі типовому мало гумусному. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 162. С. 137 – 144.

21. Біологічний азот. За ред. В. П. Патики. К.: Світ, 2003. 424 с.

22. Блащук М. І. Продуктивність сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 – рослинництво. Вінниця, 2007. 19 с.

23. Вишнякова М. Л. Соя – історія культури. Агроном. 2004. № 3 (5). С. 82 – 83.

24. Власюк П. А. Физиологические функции микроэлементов и их топография в живых организмах. Применение микроэлементов в сельском хозяйстве. Киев: Наукова думка, 1965. С. 19 – 32.

25. Гарькавий А. Д., Петриченко В. Ф., Спирін А. В. Конкурентоспроможність технологій і машин: [навчальний посібник]. Вінниця: ВДАУ. Тріас, 2003. 68 с.

26. Глушак А. Г. Урожайність зерна сортів сої залежно від елементів технології вирощування в умовах південно-західної частини Лісостепу України. Збірник наукових праць ПДАТУ. Кам'янець-Подільський, 2008. Вип. 16. С. 50 – 52.

27. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) 5-е изд., доп. – перераб. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

28. Драган М. Е. и др. Рекомендации по прогрессивной технологии производства сои. К.: Урожай, 1981. 39 с.

29. Дробітько А. В. Ефективність елементів технології вирощування сої в умовах південно-західного Степу України. Збірник наукових праць ВДАУ. 2001. Вип. 10. С. 79 – 83.

30. Дробітько О. М. Оптимізація технологічних прийомів підвищення урожайності насіння сої в умовах південно-західного Степу України. Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. 2009. Вип. 40. С. 42 – 51.

31. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. [Паламарчук В. Д., Климчук О. В., Поліщук І. С., та ін.]. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

32. Економіка сільського господарства [В. К. Забарський, В. І. Мацибора, А. А Чалий]. К.: Каравелла, 2009. 264 с.

33. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Аналіз стану вирощування сої в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. 2012. Вип. 6 (68). С. 59–64.

34. Заболотний Г. М., Мазур В. А., Циганська О. І. Вплив фону живлення

та мікроелементів на динаміку висоти рослин сої. Вісник Львівського нац. аграр. ун-тету: агрономія. Львів: Львів. нац. аграр. ун-тет, 2013. №17 (1). С. 174 – 178.

35. Заболотний Г. М., Мазур В. А., Циганська О. І. Вплив фону мінерального живлення та гідротермічних показників на тривалість фенологічних фаз рослин сої за умов Лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво. 2014. Вип. 78. С. 45 – 51.

36. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Передгірне та гірське землеробство і тваринництво». Львів-Оброшино, 2015. Вип. 58 (2). С. 56 – 62.

37. Заболотний Г. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив та мікродобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої в умовах Лісостепу правобережного. Збірник наукових праць «Агробіологія». Біла Церква, 2015. Вип. 2 (121). С. 130 – 133.

38. Заболотний Г. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Симбіотична продуктивність сої залежно від рівня удобрення в Правобережному Лісостепу. Збірник наукових праць Національного наукового центру “Інститут землеробства НААН”. К.: ВП “Едельвейс”, 2015. Вип. 4. С. 66 – 71.

39. Заболотний Г. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Урожайність та енергетична ефективність вирощування сої в умовах Лісостепу правобережного. Вісник сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія», випуск 9 (30). С. 151–1455.

40. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця ВНАУ. 2020. 276 с.

41. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2010. Вип. 66. С. 91 – 95.

42. Камінський В. Ф., Голодна А. В., Гресь С. А. Значення погодно-

кліматичних умов у виробництві зернобобових культур в Україні. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 38 – 48.

43. Камінський В. Ф., Заболотний Г. М. Продуктивність сої залежно від удобрення, способів сівби та норм висіву в умовах південного Лісостепу України. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Землеробство XXI століття проблеми та шляхи вирішення. Київ, 1999. С. 111 – 112.

44. Камінський В. Ф., Дворецька С. П., Єфіменко Г. М. Формування продуктивності гороху за різних технологій вирощування. Зб. наук. праць. Ін-ту землеробства УААН. К., 2004. Вип. 1. С. 66 – 69.

45. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І.С. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с. (гриф ВНАУ Протокол №12 від 16.06.2017)

46. Москаленко Л. В. Азотфіксуюча активність бульбочок сої за дії хелатних мікродобрих. Матеріали III науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва». Полтавська державна аграрна академія, 2014. С. 91 – 93.

47. Москалець В. В. Екологічні аспекти вирощування сої. Вісник аграрної науки. 2010. № 3. С. 55 – 57.

48. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.

49. Нагорна О., Магомедов Р., Центило Л. Ефективні інокулянти для насіння сої. Пропозиція. 2012. № 3. С.82 – 83.

50. Нагорний В. І. Врожайність і агроекологічна адаптивність сортів сої в умовах північно-східного Лісостепу України. Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. 2009. Вип. 72. С. 153 – 159.

51. О. Педаш. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ. 2008 № 33-34. С 38-40.

52. Паламарчук В. Д., Поліщук І.С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 432 с.

53. Паламарчук В. Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М.

Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Підручник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 725 с.

54. Паламарчук В. Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Системи сучасних інтенсивних технологій (2-ге видання виправлене та доповнене). Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 370 с.

55. Паламарчук В.Д., Климчук О.В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

56. Сучасні системи землеробства України [Петриченко В. Ф., Панасюк Я. Я., Заболотний Г. М., Серeda Л. П.] Вінниця: Діло, 2006. 212 с.

57. Циганська О. І. Вплив фону мінерального живлення та способів обробки мікродобривом на формування плодоелементів сортів сої в умовах Лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво. 2015. Вип. 81. С. 82 – 88.

58. Циганський В. І., Циганська О.І. Вплив вапнування ґрунту та передпосівного оброблення насіння на формування якісних показників сухої речовини люцерни посівної в умовах Лісостепу Правобережного. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво №4. Вінниця. 2016. С. 110-118.

59. Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. № 8. Вінниця. 2018. С. 78-86.

60. Циганська О. І. Циганський В.І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на коефіцієнт збереження рослин. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. № 13. Вінниця. 2019. С. 119-133.

61. Чинчик О. С. Вплив Ризогуміну на продуктивність сої в умовах Лісостепу західного. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Сільськогосподарські науки. 2012. Вип. 10 (50). С. 24 – 29.

Додатки

Додаток 1

Дисперсійний аналіз урожайності сої за 2020 рік результати дисперсійного аналізу

Джерело варіювання	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F	
				фактичний	теоретичний $F_{0,5}$
Загальна	2603,547	11			
Урожайність	2498,747	3	832,9156	388,9604	0,15
Повторення	91,95167	2	45,97583	21,4701	3,86
Випадкові відхилення	12,84833	6	2,141389		

коригуючий фактор: $C = (\sum x^2) / N = 221,64$

суми квадратів відхилень: $C_Y = \sum X^2 - C = 97,46$

$C_P = \sum P^2 / l - C = 0,32$

$C_V = \sum V^2 / n - C =$

$87,55 \quad C_Z = C_Y - C_P -$

$C_V = 5,89$

Додаток 2

Дисперсійний аналіз урожайності сої за 2021 рік *результати дисперсійного аналізу*

Джерело варіювання	Сума квадратів	Число степенів свободи	Середній квадрат	Критерій F	
				фактичний	теоретичний $P_{0,05}$
Загальна	1178,977	11			
Урожайність	1075,297	3	358,4322	117,1453	0,23
Повторення	85,32167	2	42,66083	13,94271	4,52
Випадкові відхилення	18,35833	6	3,059722		

коригуючий фактор: $C = (\sum x^2) / N = 216,64$

суми квадратів відхилень: $C_Y = \sum X^2 - C = 107,40$

$C_P = \sum P^2 / l - C = 0,48$

$C_V = \sum V^2 / n - C =$

$85,24 \quad C_Z = C_Y - C_P -$

$C_V = 8,01$