

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет  
Кафедра рослинництва

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ЛЯШЕНКО ВАЛЕРІЯ СЕРГІЙВНА**

УДК 635.1/.8: 635: 07: 633.15

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО  
ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело \_\_\_\_\_ Ляшенко В. С.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

**Керівник роботи**

**Сладковська Т. А.**

кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир – 2022

## АНОТАЦІЯ

Ляшенко В. С. «Формування продуктивності сої залежно від сортових особливостей»». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота для здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 «Агрономія». Поліський національний університет, м. Житомир, 2022 р.

У даній кваліфікаційній роботі наведені результати досліджень з впливу сортових особливостей сої (*Glycine max L.*) та інокуляції насіння біологічними препаратами на формування продуктивності зерна. Було встановлено, що найбільша листкова поверхня була у сорту Кофу на віріанті з інокуляцією препаратами Мікофікс та ХіСтік Соя, що у фазу формування бобів була на 20 тис. м<sup>2</sup>/га більше ніж на варіанті з використанням лише препарату Мікофікс. Сорт Ментор виявився найбільш чутливим до несприятливих погодних умов 2020 року. Хоча у 2021 році показники урожайності даного сорту перевищували на 0,08-0,30 т/га показники інших сортів. В середньому за роки досліджень краща урожайність насіння сої була отримана у сорту Кофу. Найбільшу урожайність цього сорту – 3,02 т/га отримали на варіанті з інокуляцією препаратами Мікофікс та ХіСтік Соя. Також використання препарату ХіСтік Соя в свою чергу підвищувало урожайність насіння в середньому на 4 %.

*Ключові слова:* соя, урожайність зерна, інокуляція, добрива, сорти.

Lyashenko V. S. "Formation of soybean productivity depending on varietal characteristics".

This qualification work presents the results of research on the influence of varietal characteristics of soybeans (*Glycine max L.*) and inoculation on the formation of grain productivity. It was found that the largest leaf surface was in the Kofu variety for inoculation with Mycofix and HiStic Soya, which was 20,000 m<sup>2</sup>/ha more than in the version using only the Mycofix the bean formation phase. The Mentor variety proved to be the most sensitive to adverse weather conditions in 2020. Although in 2021 the yield of this variety exceeded by 0.08-0.30 t / ha of other

varieties. On average, over the years of research, the best yield of soybean seeds was obtained in the Kofu variety. The highest yield of this variety - 3.02 t/ha was obtained on the variant with inoculation with Mycofix and HiStick Soy. Also, the use of HiStick Soy, in turn, increased seed yield by an average of 4%.

*Key words:* soybean, grain yield, inoculation, fertilizers, varieties.

## ЗМІСТ

Анотація.....	2
Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд літератури .....	8
1.1 Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування ...	8
РОЗДІЛ 2. Місце, умови та методика проведення наукових досліджень .	15
РОЗДІЛ 3. Експериментальна частина.....	20
3.1 Особливості технології вирощування сої в умовах Полісся України .	20
3.2. Економічна ефективність вирощування сої.....	25
Висновки та пропозиції виробництву .....	27
Список використаної літератури .....	28
Додатки.....	34

## ВСТУП

Соя належить до родини бобових та є однією з найцінніших культур у світі, яка використовується як їжа для людей та корм для тварин. Соеві боби мають дуже високу харчову цінність, містять цінний білок, приблизно 40% з відмінним амінокислотним складом, та приблизно 20% жиру з високим вмістом незамінних жирних кислот. З агрономічної точки зору, як і інші бобові, соя є цінним попередником, оскільки співіснує з бульбочковими бактеріями (*Bradyrhizobium japonicum*), збагачує ґрунт азотом, який засвоює із повітря; а поживні залишки покращують фізичні та хімічні властивості ґрунту за рахунок збільшення його органічного вмісту. Крім того, коріння сої глибоко проникає в ґрунт та розпушує його, а також має здатність поглинати важкозасвоювані поживні речовини, переміщуючи їх з глибоких шарів на поверхню. Як рослина з коротким вегетаційним періодом – 120-130 днів, вона допомагає поліпшити організацію праці та використання техніки [5, 46].

У 2012 році в Європі була створена асоціація – Дунайська соєва асоціація. Основною метою організації є зменшення залежності Європи від імпорту сої за рахунок сприяння вирощуванню немодифікованої сої в рамках сталого сільського господарства. Асоціація підтримує розширення площ вирощування сої, впливаючи на розвиток комерційного та переробного ринку та сертифікацію соєві продукти, отримані в результаті вирощування не генетично модифікованих соєвих бобів. В даний час до асоціації приєдналися 14 країн: Австрія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Хорватія, Молдова, Німеччина, Польща, Румунія, Сербія, Словаччина, Словенія, Швейцарія, Україна та Угорщина [4, 23].

Соя – цінна культурна рослина завдяки своєму унікальному хімічному складу насіння, що містять два основні поживні речовини, білок і олію, у кількості, більшій, ніж у інших бобових [12].

**Мета роботи** полягає в пошуку шляхів підвищення якості та урожайності зерна сої на основі удосконалення та комплексної оцінки елементів технології її вирощування.

**Завданням досліджень** полягало у вивченні наукового та виробничого досвіду вирощування сої та оптимізація основних елементів технології вирощування, а саме сорту та інокуляції насіння.

*Об'єкт дослідження:* процес росту та розвитку рослин, наукове обґрунтування заходів формування урожайності та якості зерна сої.

*Предмет дослідження:* сорти Ментор та Кордоба, урожайність та якість насіння сої та економічна ефективність їх вирощування.

Методи дослідження: польовий – визначення та проведення біометричних вимірів; морфофізіологічний – визначення біометричних параметрів рослин та кількісні і якісні показники генеративних органів рослини; візуальний – для проведення фенологічних спостережень за рослинами сої; лабораторний – визначення структури врожаю, якості насіння та агрохімічних властивостей ґрунту; розрахунково-порівняльний – оцінка економічної ефективності вирощування вирощування сої; статистичний – визначення достовірності отриманих даних [4].

**Перелік публікацій автора за темою дослідження:**

1. Вплив інокуляції на елементи структури врожаю бобових рослин / Маліневська Т. та ін. *Концепт науки XXI: стратегії, методи та наукові інструменти*: І Міжнар. студ. конф., м. Херсон, 12 лист. Херсон. 2021. С. 70-73.
2. Вплив гуматів на структуру врожаю квасолі звичайної / Меньшикова Т. та ін. *Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність*: Міжнар. наук. конф., м. Вінниця, 19 лист. Вінниця. 2021. С. 10-13.

**Практичне значення отриманих результатів.** З метою одержання врожаю сої високої якості зерна на рівні 3,02 т/га, на середньо суглинкових сірих лісових ґрунтах рекомендовано висівати сорт Кофу та проводити інокуляцію насіння препаратами ХіСтік Соя у нормі 4 кг/т та Мікофікс у нормі 125 г/га.

**Структура та обсяг роботи.** Робота містить 35 сторінок комп'ютерного тексту, в тому числі 3 розділи, 7 таблиць, 2 рисунки. Список використаної наукової літератури налічує 50 джерел. У додатках наведено статистичну обробку урожайних даних сої за варіантами дослідів.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**

### **1.1 Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування**

Соя – вид, який стає все більш популярним. У 2018 році світове виробництво сої становило 349 мільйонів тонн, що означає, що з 2010 року воно зросло понад 32%, а посівні площі за цей період зросли на 22%. В Україні інтерес до виробництва сої досягнув значного прогресу. У період з 2010 по 2018 рік – площа вирощування цієї рослини збільшилася більш ніж у тридцять разів, внутрішнє виробництво насіння зросло в п'ять разів, а врожайність з гектара зросла на 37 % [4, 27]. Для багатьох фермерів соя є способом зупинити несприятливий вплив зернових культур, ріпаку та кукурудзи в сівозміні. Як і всі бобові, це структуроутворююча рослина, яка збагачує ґрунт поживними речовинами. Залишки врожаю, залишені в полі, покращують фізико-хімічні властивості ґрунту за рахунок збільшення вмісту в ньому органічних речовин, а співіснування з бульбочковими бактеріями збагачує ґрунт азотом. Висока харчова цінність насіння також говорить на користь вирощування сої, оскільки вони містять понад 40% білка зі сприятливим амінокислотним складом, близько 20% жиру з високим вмістом незамінних ненасичених жирних кислот та інші цінні інгредієнти [32, 35]. Через високий інтерес споживачів до здорової їжі сою все частіше вирощують в органічній системі, де вона дає врожайність на задовільному рівні. Залишки врожаю, залишені в полі, покращують фізико-хімічні властивості ґрунту за рахунок збільшення вмісту в ньому органічних речовин, а співіснування з бульбочковими бактеріями збагачує ґрунт азотом. Висока харчова цінність насіння також говорить на користь вирощування сої, оскільки вони містять понад 40% білка зі сприятливим амінокислотним складом, близько 20% жиру з високим вмістом незамінних ненасичених жирних кислот та інших цінних інгредієнти. Через великий інтерес споживачів до здорової їжі сою все частіше вирощують в органічній системі, де вона дає врожайність на задовільному рівні. Залишки врожаю, залишені в полі, покращують фізико-хімічні властивості ґрунту за



рахунок збільшення вмісту в ньому органічних речовин, а співіснування з бульбочковими бактеріями збагачує ґрунт азотом. Висока харчова цінність насіння також говорить на користь вирощування сої, оскільки вона містять понад 40% білка зі збалансованим амінокислотним складом, близько 20% жиру з високим вмістом незамінних ненасичених жирних кислот та інших цінних інгредієнти. Через великий інтерес споживачів до здорової їжі сою все частіше вирощують в органічній системі, де вона дає врожайність на задовільному рівні [14, 33,37].

Соя є теплолюбною рослиною, і в наших кліматичних умовах температура є головним фактором, що визначає правильний ріст і розвиток цієї рослини. Існує два критичні періоди під час вегетації сої. Перший відбувається відразу після посіву і триває до появи сходів рослин. З цієї причини сою слід сіяти в ґрунт, прогрітий до 8-10 °С. В іншому випадку затримується ріст та рослина знижує швидкість розвитку, що знижує конкурентоспроможність сої проти бур'янів. Крім того, деякі насінини можуть загнити і втратити схожість [2, 9, 24]. Другий критичний період – у фазі цвітіння. У цей час соєві боби потребують мінімальних температур в межах 17-18 ° С, а оптимальні теплові умови знаходяться в межах 22-25 ° С. Температура нижче 10 °С може перешкоджати фазі цвітіння. З іншого боку, з температури нижче 24 °С на тривалий час затримує цвітіння. У період дозрівання насіння сої потрібно менше тепла, мінімальні теплові потреби становлять 8-14 °С, а оптимальні 14-20 °С. Під час вегетаційного періоду сої середньодобова температура не повинна бути нижче 15 ° С при занадто низьких температурах це уповільнює ріст рослин, що призводить до зменшення кількості пагонів і бобів. Чутливість рослини до будь-яких факторів стресу, включаючи температуру, в першу чергу визначається генетичними факторами [16, 34, 40].

Вирощувати сою слід на родючих ґрунтах. Оптимальний рН ґрунту - 6,5-7,0. Соя погано переносить кислі і важкі ґрунти. Перед посівом сої, перш за все треба пам'ятати про підживлення Р і К. Залежно від кількості цих

елементів у ґрунті вносять 40-50  $P_2O_5$  кг/га та 60-80  $K_2O$  кг/га. У разі забезпечення азотом, внаслідок співіснування сої з азотфіксуючими бактеріями, зазвичай рекомендується попередньо внести початкову дозу цього елемента в кількості 30 кг/га. На ґрунтах із низьким вмістом сірки та магнію сою слід підживлювати сульфатом магнію. Соя сприятливо реагує на деякі мікроелементи, такі як: цинк, молібден та бор. Занадто багато внесення азоту може призвести до вилягання рослин та їх поганого розвитку або відсутності бульбочкових бактерій [7, 25, 44].

Термін сівби сої, залежно від регіону – з 20 квітня по 5 травня. Фенологічною детермінантою строку сівби сої є цвітіння клена норвезького або закінчення цвітіння вишні. Ранній термін сівби позитивно впливає на висоту нижніх бобів. Густота рослин повинна становити 60-70 шт./м<sup>2</sup>. Посів найкраще робити з міжряддями 15-25 см, або 45 см. Кількість насіння має становити від 120 до 180 кг/га (необхідно враховувати його схожість). Глибина посіву має становити 3-4 см. Якщо посів занадто глибокий, сім'ядолі можуть мати труднощі при виході з ґрунту, що призведе до нерівномірних та витягнутих сходів [17, 22, 30].

Сою найчастіше висівають у сівозмінах після злакових культур, які залишають поле вільним від бур'янів, або на третій рік після вирощування коренеплодів. Цю рослину на одному полі слід вирощувати не частіше, ніж кожні 4 роки [10, 38].

Бур'яни – серйозний конкурент рослинам сої. Найбільш критичним періодом для сої є перші 3-4 тижні після появи сходів, коли вони найбільш уразливі через повільний ріст рослин. Сою можуть атакувати різні патогени, віруси, грибки, бактерії та шкідники, але в даний час вони не представляють великої загрози для сільськогосподарських культур. Більшість патогенних грибів та деякі бактеріальні та вірусні захворювання сої поширюються разом із насінням. До вірусних, бактеріальних та грибкових захворювань належать: соєва мозаїка, бактеріальна віспа сої, бактеріальна плямистість сої, соєва борошниста роса, септоріоз [11, 28, 40].

Значним полегшенням для фермерів є реєстрація нових сортів, добре адаптованих до наших кліматичних умов, з меншою тенденцією до вилягання в порівнянні з іншими бобовими [39,41].



Рис. 1.1. Соя (*Glycine max* Moench.)

Мікориза – буквально грибокорінь (від грецького *mykes* - гриб, *rhiza* - корінь). Ця концепція описує дуже тісні (симбіотичні), взаємовигідні (відносини між ґрунтовими грибами, що спеціалізуються на симбіозі, т. зв. мікоризові гриби та коріння рослин. Мікоризні асоціації є одними з найпоширеніших симбіотичних відносин на Землі і є правилом у рослинному світі. Їх можна знайти у всіх екосистемах та на всіх важливих видах рослин [31, 42, 47]. Лише деякі рослини позбавлені мікоризового симбіозу (наприклад, *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Juncaceae*). Широко поширена думка, що перехід фотосинтезуючих рослин з водних на сушу - один з найважливіших етапів еволюції царства рослин - був би неможливий без участі симбіотичних грибів. У цьому процесі рослини зіткнулися зі значними проблемами, пов'язаними з поглинанням води та дефіцитом мінеральних речовин, переважно фосфору. Рослини подолали ці

труднощі, створивши взаємозв'язок з грибами, в яких рослини та гриби проявляють взаємодоповнюючу адаптацію до життя на суші. Гіфи ідеально пристосовані до різноспрямованого проникнення у ґрунтовий субстрат та поглинання води і мінеральних солей, а крім того, деякі симбіотичні гриби демонструють здатність перетравлювати материнську породу та виділяти нерозчинні поживні речовини. У свою чергу, рослини прекрасно адаптовані до процесу фотосинтезу, який забезпечує фотоасиміляцію, серед іншого і постачання грибного партнера [35, 43].

В даний час відомі сім типів мікоризи: арбускулярна, ектомікориза, ектендомікориза, верескова мікориза, арбутоїдна, монотропоїдна та мікороїдна мікориза. Кожна мікориза пов'язана з кліматом, екосистемою та ґрунтовим середовищем з різними характеристиками. У різних умовах навколишнього середовища природний відбір сприяв розробці специфічних і відмінних наборів ознак, що визначають коло функцій різних типів мікоризного симбіозу. І структурні, і функціональні аспекти мікоризного симбіозу відрізняються між різними типами та екосистемами, в яких вони виникають [29, 36].

Найпоширеніший симбіоз, присутній у 80-90% рослин – це арбускулярна мікориза. Складається з примітивних грибів з багатоядерними гіфами, не розділеними перегородкою. Видове різноманіття арбускулярних грибів відносно невелике і включає близько 220 видів, сконцентрованих в одному скупченні гломеромікоти. Усі арбускулярні мікоризні гриби є так званими обов'язковими біотрофами, тобто вони можуть розвиватися лише при контакті з корінням живих рослин, оскільки вони повністю залежать від джерела вуглецю, що надходить від партнера рослини. Арбускулярні мікоризові гриби супроводжують морську, дюнную, лісову та альпійську рослинність – понад 250 000 видів наземних рослин у всіх кліматичних зонах. Арбускулярна мікориза зустрічається на покривних і голонасінних рослинах, а також на спорофітах папороті та моху, і навіть гаметофіти деяких печінкових і папоротей. Як правило, це обов'язково, тобто його наявність визначає

правильний ріст і розвиток партнера рослини. Арбускулярна мікориза зустрічається у більшості трав'янистих рослин, включаючи багато важливих культур, таких як пшениця, кукурудза, рис, соя, а також у виноградних лозах та плодкових деревах. Арбускулярна мікориза вважається найдавнішим симбіозом мікоризи, що супроводжує рослини понад 450 мільйонів років [16, 22].

Другим за значимістю і поширеністю у світі рослин є ектомікорізний симбіоз. Вона набагато молодша за арбускулярну мікоризу – перші ектомікоризи, швидше за все, виникли в юрський період, близько 200 мільйонів років тому, тобто з появою перших рослин із сімейства соснових (Pinaceae). Найдавніші скам'янілі рештки ектомікоризів походять від багатих кремнеземом осадових порід, знайдених поблизу Принстона, Британська Колумбія, Канада. Були знайдені чудово збережені фрагменти дихотомічних мікориз сосни, вік яких становить близько 50 мільйонів років. Через дуже делікатну структуру міцелію викопні залишки ектомікоризових грибів зустрічаються вкрай рідко. Тим не менш, вони дозволяють оцінити походження грибів з агарикоміцетів приблизно 200 та 150 мільйонів років, що приблизно відповідає розвитку ектомікоризи у рослин. Філогенетичний аналіз рослин показує, що ектомікорізний симбіоз – це явище, яке неодноразово та незалежно відбувалося у різних групах рослин за всю історію життя на Землі [31, 35, 47]. На основі філогенезу покритонасінних рослин, що стикається з мікоризним статусом, було підраховано, що набуття здатності створювати ектомікоризи відбувалося щонайменше дванадцять разів. Більш детальний аналіз, проведений на основі даних про понад 3600 видів (263 сімейств) наземних рослин, вказує на те, що еволюційна подія набуття здатності створювати ектомікоризи може відбуватися навіть 30-60 разів. Історія еволюції рослин та грибів може дати передумови для розуміння того, як відбувалося багаторазове та паралельне проникнення в ектомікоризові сполуки. Рослини, з якими вони співіснують, зазвичай пов'язані з середовищами з низьким вмістом мінералів. Філогенетично вони представляють лінії, що походять від деяких великих класів (тобто

систематичних одиниць) наземних рослин, які колись жили в багатшому середовищі. З іншого боку, види грибів, які беруть участь в ектомікоровому симбіозі, багато разів еволюціонували від сапротрофних предків, завдяки яким вони утворюють кілька або десятків незалежних класів. У межах аскоміцетів набуття здатності вводити ектомікоризові сполуки відбувалося незалежно принаймні чотири рази, тоді як усередині базидіоміцетів щонайменше шість разів. які колись жили в багатшому середовищі [27, 31, 48, 50].

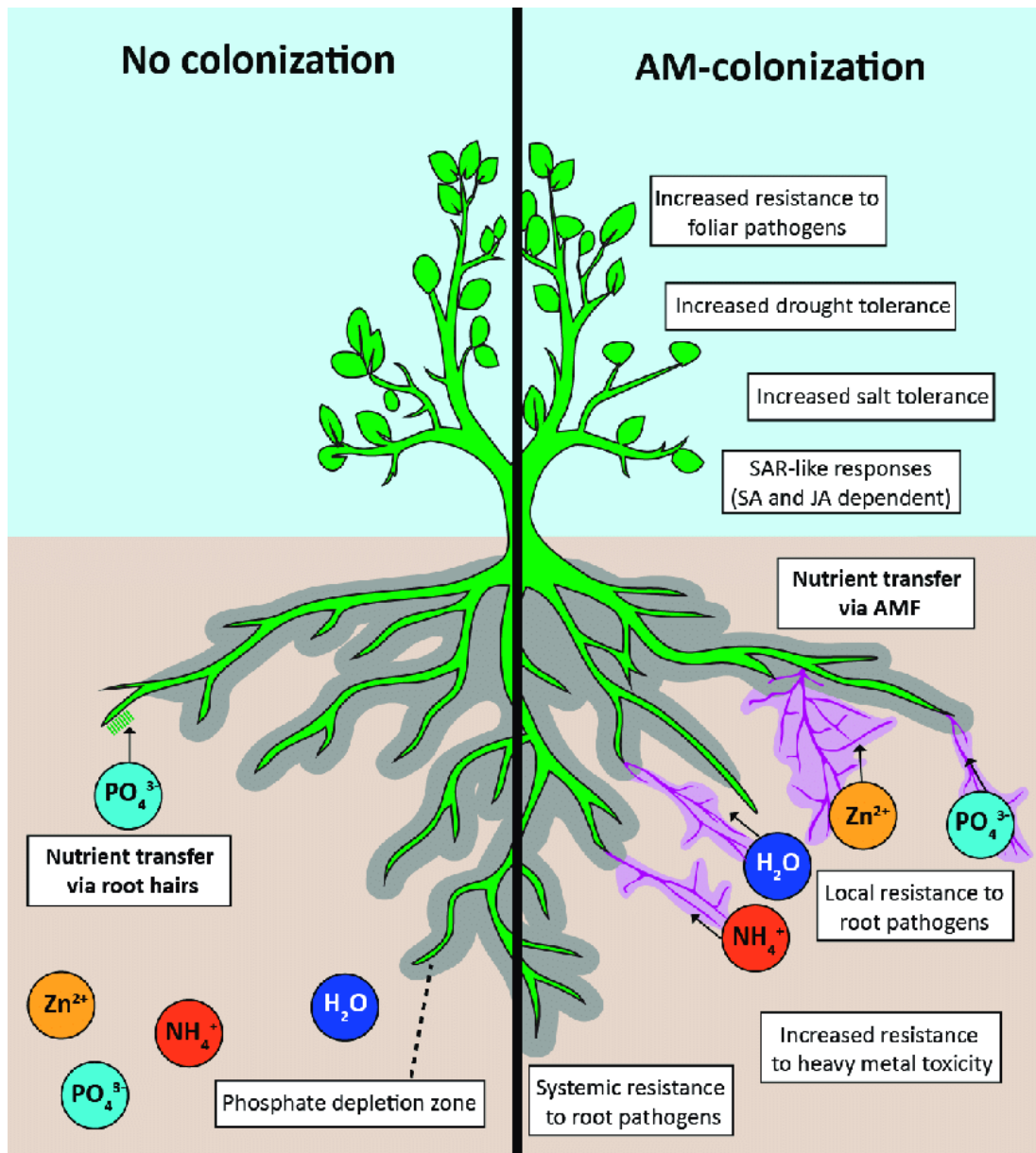


Рис. 1.2. Арбускулярна мікориза

## РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведення дослідів з вивчення продуктивності сої залежно від сортових особливостей проводилось протягом 2020-2021 рр. на ділянках ФГ «Екостарт» с. Калинівка, Житомирського району, Житомирської області.

Ґрунти на дослідних ділянках сірі лісові середньо суглинкові, їх агрохімічні характеристики наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

### Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту дослідної ділянки

Назва господар-ства	Тип ґрунту	Механіч-ний склад ґрунту	Ph KCl	Гідролітична кислотність, мг- екв/100 г ґрунту	Показники родючості			
					Вміст гумусу, %	Вміст елементів живлення мг/кг ґрунту		
						N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ФГ «Екостарт»	сірий лісовий	середньо- суглинковий	5,3	2,25	2,11	60	128	79

Площа дослідної ділянки – 18 м<sup>2</sup>, облікової – 12 м<sup>2</sup>. Повторність триразова. Розміщення ділянок – системне в блоці, взаємно перпендикулярно за сортами та удобренням.

## Схема досліду

Культура	Удобрення	Сорти
Соя	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс	Кофу
		Софія
		Ментор
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу
		Софія
		Ментор

## Характеристика сортів сої

**Сорт Ментор** від Euralis Semences. «Рослина напівдетермінантного типу, від прямостоячого до напівпрямостоячий з рудувато-коричневим опушенням, середньої висоти. Лист від середнього до великого, округло-яйцеподібний, пухирчастість середня, темно-зелений. Квітка фіолетова. У бобі інтенсивність коричневого забарвлення від світлої до темної. Насіння середнього розміру, жовто-зелені, рубчик жовтий. В середньому маса 1000 насінин 160,8 г, висота прикріплення нижнього бобу 12,0 см. Середній вміст білка в насінні 38,5%, середній збір білка 6,1 ц / га. Середній вміст жиру в насінні 23,0%, середній збір масла 3,7 ц / га. За даними показниками перевищує стандарт» [19].

**Сорт Софія.** «Висота рослин середня (80–90 см), кущ стиснутий, компактний з проміжним типом росту. Опушення світле, боби світлі, насіння жовте, рубчик коричневий. Листя темно-зеленого кольору. Квітка білого кольору. Вегетаційний період 105–115 діб. Маса 1000 насінин 156–175 г. Характеризується підвищеною азотфіксуючою здатністю. Середня



урожайність – 3,6 т/га, максимальна – 4,5 т/га. В насінні міститься 38,3–40,0% білка та 20,1–21,4% олії» [15].

**Сорт Кордоба.** «Сорт сої групи дозрівання 000 і високого врожаю. Перевагами Кордоба є велика вага 1000 зернин, швидкий розвиток на ранній стадії, відмінна стійкість до вилягання і здатність до розгалуження. Кордоба відрізняється хорошою опірністю до вірусних захворювань. Господарські ознаки: високий урожай: до 4 т/га; стійкий до розтріскування; середньо-ранній, добре гілкується. Характеристики сорту: терміни дозрівання: 105-110 днів; висота рослин: до 100 см; маса 1000 зерен: 160-190 г; колір зерна – світло-бежевий. Густота посіву: від 55 до 65 зерен/м<sup>2</sup>, залежно від вологозабезпеченості зони, ширина міжрядь від 12,5 см до 45 см. Оптимальні строки посіву – третя декада квітня - початок травня (температура ґрунту не нижче 10 градусів)» [20].

**«Мікофікс** виготовлений на основі мікоризного гриба *Glomus intraradices*, містить такі елементи: живі вегетативні клітини, спори мікоризоутворюючого гриба – 1% (мінімум 2000 спор/гр) *Mycorrhiza Glomus intraradices* (CMCCROC7); субстанція – 99% екстракт морські водорості *Ascophyllum nodosum* з низьким вмістом мікро- та макроелементів природнього походження; ПАР; додаткові елементи, які забезпечують 98% життєздатності гриба та виняткову адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов, ефективнішу мікоризацію. Призначення препарату є створення мікоризного симбіозу біоудобрювальної, біофунгіцидної дії, та підвищення стійкості культур до несприятливих факторів зовнішнього середовища» [14].

**«ХіСтік Соя** – сучасний високоефективний інокулянт для обробки насіння сої на стерильній торфовій основі. Діючі речовини: бактерії роду *Bradyrhizobium japonicum* (штам 532 С), титр не менше 2x10<sup>9</sup> живих КУО на 1 г препарату. Препаративна форма: стерилізований торф. Норма витрати: 400 г на 100-120 кг насіння. Суха або волога інокуляція безпосередньо перед висівом насіння або за добу до сівби. Допускається одночасне нанесення

фунгіцидів та сухих інокулянтів, при цьому важливо не змішувати попередньо фунгіцид з інокулянтом, а подавати їх відразу у протруювальну машину.

Сумісність з іншими препаратами. За умови сухої інокуляції можна застосовувати одночасно з протруйниками, що містять фіпроніл, тіофанат-метил, піраклостробін, карбатин, металаксил, тирам.» [16].

В дослідях проводилися наступні обліки та спостереження:

1. Польові дослідження були проведені відповідно до загальноприйнятих методик з рослинництва [8].

2. Проведення фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин сої проводили за методикою Державного сортопробування.

3. Висоту рослин вимірювали по діагоналі ділянки на двох несуміжних повтореннях 20 нормально розвинених рослин від поверхні ґрунту до верхівок [6].

4. Густану рослин сої визначали на стаціонарних ділянках у триразовому повторенні на площі 0,5 м<sup>2</sup>.

5. Для визначення структури посівів та біологічного врожаю сої перед збиранням відбирали проби з трьох майданчиків по 0,5 м<sup>2</sup> на всіх повтореннях досліду.

6. Для визначення маси 1000 насінин відбирали наважки по 500 зерен та проводили зважування по кожному варіанту у триразовій повторності [3]

7. Вологість насіння визначали за допомогою вологоміра AXIS ADGS.

8. Статистичний аналіз результатів експериментів проводили за допомогою програми «Statistica10» та програми Microsoft Excel 2010.

9. Економічну оцінку визначали за допомогою розрахункового метода.

Протягом вегетаційного періоду 2020 року значне перевищення середньо-багаторічних показників було у травні і склало 137 мм та тервні – 129 мм. У квітні місяці кількість опадів була лише 9 мм. У вегетаційний період температурний режим був близьким до середньо-багаторічних показників, а влітку перевищував їх лише на 1-2 °С.

У 2021 році середні температурні показники суттєво не відхилялися від середньо-багаторічних, а лише в червні вони перевищували їх на 2,8 °С та у липні на 4,3 °С. Також спостерігали зменшення кількості опадів у порівнянні з середньо багаторічними показниками у квітні на 16 мм, а у травні відбулося перевищення на 75 мм. Загалом у інші місяці вегетації опади були в межах норми.

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1 Особливості технології вирощування сої в умовах Полісся України

Попередником сої на дослідних ділянках була озима пшениця.

Обробіток ґрунту мусить забезпечувати достатню вологість для проростання насіння. Сходи сої дуже вимогливі до вологи, тому почати підготовку поля до сівби слід восени. Першою обробкою після збору попередника має бути видалення стерні. Можна виконувати передзимову оранку, або глибокий обробіток ґрунту за допомогою плуга або культиватора. Навесні, щоб не пересихав ґрунт, ми проводиться лише передпосівна культивація на глибину 5-6 см. Надзвичайно важливим є, щоб перед посівом поле було рівним, без борозен і каміння [2].

Термін сівби залежить від температури ґрунту, найкраще, коли ґрунт нагрівається вище 8° С. Посів насіння в ненагрітий ґрунт призводить до затримки появи сходів і піддавання насіння шкідливому впливу ґрунтових мікроорганізмів. Збільшується ризик пошкодження рослин морозом. Найчастіше настає пора у кінці квітня та на початку травня. Глибина посіву насіння становить близько 3 см, з відстанню 15-25 см.. Не бажано використовувати пневматичні сівалки, оскільки соя дуже чутлива до пошкоджень, що спричиняє зниження схожості [17].

Завдяки утворенню бульбочкових бактерій, що забезпечують рослини сої до 100 кг/га азоту, підживлення цим компонентом може бути значно зменшено. Зазвичай азот дають лише у початковій дозі в кількості 30 кг/га, у поганих умовах до 50 кг/га. Соя не потребує спеціалізованих фосфорно-калійних підживлень, однак слід подбати про те, щоб кількість цих компонентів була на відповідному рівні, який є принаймні середнім для даної категорії ґрунту. Добрива найкраще вносити восени у вигляді комплексних добрив [2].

Від вегетативної маси значною мірою залежить фотосинтетичний потенціал посівів, а отже і продуктивність сої. Отже вивчення динаміки

наростання вегетативної маси дає нам можливість визначити вплив елементів технології вирощування на урожайність рослин сої

Таблиця 3.1

Динаміка наростання сухої надземної маси рослин сої залежно від сорту та інокуляції, г/м<sup>2</sup> (за 2020-2021 рр.)

Удобрення	Сорти	Гілкування	Цвітіння	Формування бобів	Налив насіння	Повна стиглість
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> Мікофікс	Кофу	166	521	706	1063	912
	Софія	193	525	723	1037	855
	Ментор	153	486	676	1057	772
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу	167	483	705	1064	871
	Софія	180	475	711	1025	836
	Ментор	156	436	637	1029	739

Рослини сої формували близьку за розмірами надземну масу. Так, у фазу повної стиглості у сорту Ментор вона складала 739-772 г/м<sup>2</sup>, і була найменшою серед досліджуваних сортів. У сорту Софія вона була у межах 836-895 г/м<sup>2</sup>, а найбільші показники сухої надземної маси рослин були у сорту Кофу – 871-912 г/м<sup>2</sup>. Також слід зазначити, що на початкових етапах вегетації динаміка наростання біомаси була інтенсивніша у сорту Софія. У фази формування бобів та наливу зерна динаміка наростання надземної маси у сорту Кофу прискорилося та випередила показники сорту Софія. Інокуляція насіння препаратом ХіСтік Соя стимулювала у рослин накопичення надземної

маси у всіх сортів у порівнянні з варіантами з інокуляцією лише препаратом Мікофікс.

На формування площі листової поверхні значно впливала інокуляція насіння. Оскільки бактерії роду *Bradyrhizobium japonicum*, що входять до складу препарату ХіСтік Соя стимулюють ростові процеси рослин шляхом допомоги в засвоєнні азоту і, як наслідок, кращого забезпечення рослин цим елементом (таб. 3.2).

Таблиця 3.2

Площа листової поверхні в основні фази розвитку рослин сої,  
середнє за 2020-2021 рр. (тис.м<sup>2</sup>/га).

Удобрення	Сорти	Гілкування	Цвітіння	Формування бобів	Налив насіння
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс	Кофу	22,3	45,9	57,8	42,8
	Софія	21,3	44,2	46,8	36,7
	Ментор	17,9	35,6	45,9	35,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу	21,3	43,9	50,2	37,3
	Софія	19,1	39,1	42,4	33,6
	Ментор	17,1	34,9	41,3	32,9

Відповідно до результатів нашого дослідження найбільша площа листової поверхні була у фазу формування бобів. А далі вона починала зменшуватися, що пов'язано з природним відмиранням листків. Так, найбільшу площу листової поверхні ми спостерігали у сорту Кофу у фазу формування бобів на варіанті з внесенням препаратів Мікофікс та ХіСтік Соя

і він становив 57,8 тис.м<sup>2</sup>/га в середньому за роки досліджень. А на варіантах без внесення препарату ХіСтік Соя вона становила 37,3 тис.м<sup>2</sup>/га. Найменші показники були отримані на варіантах з сортом Ментор – 32,9-35,2 тис.м<sup>2</sup>/га в середньому за роки досліджень.

Урожайність рослин сої значною мірою залежить від сортових особливостей рослин. А максимально реалізувати генетичний потенціал сортів допомагає оптимізація елементів технології вирощування (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Урожайність зерна сої, т/га**

Удобрення	Сорти	2020 р.	2021 р.	середнє
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс	Кофу	2,81	2,99	2,90
	Софія	2,76	2,92	2,84
	Ментор	2,51	3,22	2,87
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу	2,91	3,12	3,02
	Софія	2,81	3,01	2,91
	Ментор	2,37	3,24	2,80
НІР <sub>05</sub>		0,27	0,31	

Найвищу врожайність насіння сої у середньому за роки досліджень формував сорт Кофу 2,90-3,02 т/га, а найменша була у сорту Ментор 2,80-2,87. Урожайність сорту Софія в свою чергу становила 2,80-2,87 т/га. Також з отриманих результатів можна зробити висновок, що сорт Ментор був найбільш чутливий до несприятливих погодних умов 2020 року серед

досліджуваних сортів. Так урожайність цього сорту у 2020 році була в межах 2,37-2,51 т/га, і це був найнижчий показник. А у 2021 році урожайність сорту Ментор була найвищою у порівнянні з іншими сортами і становила 3,22-3,24 т/га. Додаткова інокуляція насіння сої препаратом ХіСтік Соя збільшувала урожайність насіння в середньому за роки досліджень у сорту Кофу на 4%, а у сорту Ментор на 2,5%.

Процес формування елементів структури врожаю сої є складною біологічною системою, що визначає рівень врожаю рослин. Формування цих елементів залежить від умов навколишнього середовища, технології вирощування та біологічних особливостей сорту (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Елементи структури врожаю сортів сої  
(середнє за 2020–2021 рр.)**

Удобрення	Сорти	Висота прикріплення нижнього бобу, см	Кількість бобів на рослину, шт.	Кількість зерен у бобі, шт.	Маса 1000 насінин, г
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс	Кофу	16,3	23,4	2,5	165,5
	Софія	18,7	28,6	2,3	152,6
	Ментор	12,3	22,3	2,8	145,3
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу	16,9	23,4	2,6	166,1
	Софія	19,1	29,2	2,1	153,4
	Ментор	13,1	22,5	2,8	145,9

Наші дослідження показали, що найбільша висота прикріплення нижнього бобу була у сорту Софія 18,7-19,1 см в середньому за два роки, а



найменша у сорту Ментор 12,3-13,1 см. Подібна тенденція спостерігалась і з показником кількості бобів на рослину, так найбільша їх кількість була у сорту Софія 28,6-29,2 шт., а найменша була у сорту Ментор 22,3-22,5 шт. Найбільша кількість зерен у бобі спостерігалася у сорту Ментор та становила 2,8 шт., у сорту Кофу вона становила 2,5-2,6 шт., а у сорту Софія – 2,1-2,3 шт. в середньому за два роки досліджень. Маса 1000 насінин головним чином залежала від сортових особливостей і була найбільшою у сорту Кофу 165,5-166,1 г, а найменшою у сорту Ментор 145,3-145,9 г, у сорту Софія цей показник становив 152,6-153,4г.

### 3.2. Економічна ефективність вирощування сої

Високі та стабільні врожаї з мінімальними затратами на виробництво є основним завданням для розвитку сільського господарства. Оскільки технологія вирощування у нашому дослідженні була однотипною, то основна різниця у витратах на вирощування полягала збільшенні витрат на транспортування врожаю на кращих варіантах досліду.

Таблиця 3.5

#### Економічна ефективність вирощування сої (середнє за 2020–2021 рр.)

Удобрення	Сорти	Собівартість, грн/т	Вартість урожаю, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс	Кофу	4821	35960	31139
	Софія	4489	35216	30727
	Ментор	4730	35588	30858

N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + інокуляція Мікофікс + ХіСтік Соя	Кофу	4803	37448	32645
	Софія	4430	36084	31654
	Ментор	4715	34720	30010

Найбільша вартість урожаю за роки протягом наших досліджень спостерігалася на варіантах з сортом Кофу та інокуляцією препаратами Мікофікс та ХіСтік Соя, і в середньому за роки досліджень становила 37448 грн. Так відбувалося, тому що саме на цьому варіанті ми отримували найбільший врожай. Відповідно і умовно чистий прибуток теж був найбільшим саме на даному варіанті та складав 32645 грн.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання високоякісного врожаю зерна сої на рівні 3,02 т/га, на сірих-лісових середньо суглинкових ґрунтах ми рекомендуємо для сільськогосподарських підприємств різних форм власності:

- висівати сою сорту Кофу;
- при закладанні посівів вносити мінеральні добрива у дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та проводити інокуляцію насіння препаратами ХіСтік Соя у нормі 4 кг/т та Мікофікс у нормі 125 г/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич А.О. Рекомендації по технології вирощування і використання сої. Вінниця, 1993. – 8 с.
2. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої: монографія. Київ: Урожай, 1993. 429 с.
3. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення досліджень у кормовиробництві та годівлі тварин / під ред. А.О. Бабича. Київ: Аграр. наука. 1998. 80 с.
4. Бабич-Побережна А. А. Соя і соєві продукти на світовому ринку. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 213-216. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik\\_2011\\_69\\_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2011_69_37).
5. Баранов А. І., Ступніцька О.С. Особливості формування врожайності сої в умовах Полісся України. *Агропромислове виробництво Полісся*. 2014. № 7. С. 118-121.
6. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
7. Джемесюк О., Каленська С., Новицька Н. Урожайність сортів сої під впливом інокуляції та позакореневого підживлення. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2016. Вип. 20. С. 372-380.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Зінченко О. І. Рослинництво : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

10. Інокулянт Ризоактив – гарант вашого багатого врожаю. Зерно. Київ, 2017. № 1. С. 130-133.
11. Кобак С.Я., Сереветник О.В., Чорна В.М. Обов'язковий елемент технології вирощування сої – бактеризація. Агробізнес сьогодні. Технології сьогодні. 2017. № 4. С.62-65.
12. Кобак С. Я. Якісна інокуляція — перший крок до високого врожаю. Агрономія сьогодні. 2016. № 1-2. С. 53-55.
13. Курдиш І.К. Інтродукція мікроорганізмів у агроєкосистеми. Київ: Наукова думка, 2010. 255 с.
14. Мікоризна інокуляція – переваги. URL: <https://mycofix.com.ua/micoriza-inoculant/>.
15. Нові конкурентоздатні сорти сої. URL: <http://izpr.org.ua/index.php/ru/rozrobki/438-novi-konkurentozdatni-sorti-soyi.html>
16. ХіСтік Соя URL:<https://agrotema.ltd/ua/products/histik-soya-v-p>
17. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. Вісник аграрної науки, 2003. № 10 (спецвипуск). С. 15-19.
18. Ризоактив рідкий. URL: [http://mbv.org.ua/catalog/product/rizoaktiv\\_r3](http://mbv.org.ua/catalog/product/rizoaktiv_r3)
19. Соя ЕС Ментор от Euralis. URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/maslichnie-soya-es-mentor-euralis-9052632/>
20. Соя Кордоба. АгроМакс. URL: <http://xn----7sbbk1bkmpo.xn--p1ai/kordoba/>
21. Соя ЕС Ментор. SuperAgronom. URL : <https://superagronom.com/nasinnya-soya/es-mentor-yevralis-id12150>
22. Сучек М. М. Мікофікс – швидкий та ефективний спосіб для насичення поля мікоризою. АгроЕліта. URL: <https://agroelita.info/2020/05/mikofiks-shvydkyj-ta-efektyvnyj-sposib-dlya-nasychnnya-polya-mikoryzoju/>

23. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Якісні показники насіння сої залежно від впливу мінеральних і бактеріальних добрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4. С. 25-29.
24. Вплив інокуляції на елементи структури врожаю бобових рослин / Маліневська Т. та ін. Концепт науки XXI: стратегії, методи та наукові інструменти: I Міжнар. студ. конф., м. Херсон, 12 лист. Херсон. 2021. С. 70-73.
25. Вплив гуматів на структуру врожаю квасолі звичайної / Меншикова Т. та ін. Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність: Міжнар. наук. конф., м. Вінниця, 19 лист. Вінниця. 2021. С. 10-13.
26. Маліневська Т. Урожайність сої залежно від елементів технології вирощування. Інновації в сільському господарстві: матеріали наук.-практ. конф., м. Житомир, 18 лист. 2021 р. / Поліський національний університет. Житомир, 2021.
27. Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function / Hinanit Koltai, Yoram Kapulnik eds. - Springer, 2010. - 323.
28. Barea, J.M.; Azcón, R.; Azcón-Aguilar, C. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie Leeuwenhoek* 2002, 81, 343–351.
29. Battini, F.; Grønlund, M.; Agnolucci, M.; Giovannetti, M.; Jakobsen, I. Facilitation of phosphorus uptake in maize plants by mycorrhizosphere bacteria. *Sci. Rep.* 2017, 7, 4686.
30. Bidondo, L.F.; Silvani, V.; Colombo, R.; Pérgola, M.; Bompadre, J.; Godeas, A. Pre-symbiotic and symbiotic interactions between *Glomus intraradices* and two *Paenibacillus* species isolated from AM propagules. In vitro and in vivo assays with soybean (AG043RG) as plant host. *Soil Biol. Biochem.* 2011, 43, 1866–1872.

31. Buysens, C.; Dupré de Boulois, H.; Declerck, S. Do fungicides used to control *Rhizoctonia solani* impact the non-target arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*? *Mycorrhiza* 2015, 25, 277–288.
32. Casieri, L.; Ait Lahmidi, N.; Doidy, J.; Veneault-Fourrey, C.; Migeon, A.; Bonneau, L.; Courty, P.E.; Garcia, K.; Charbonnier, M.; Delteil, A.; et al. Biotrophic transportome in mutualistic plant-fungal interactions. *Mycorrhiza* 2013, 23, 597–625.
33. Dattamudi, S.; Kalita, P.K.; Chanda, S.; Alquwaizany, A.; S.Sidhu, B. Agricultural Nitrogen Budget for a Long-Term Row Crop Production System in the Midwest USA. *Agronomy* 2020, 10, 1622.
34. Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C.; Pérez-Tienda, J. Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. *Plant Sci.* 2018, 280, 441–447.
35. Friese, C.F.; Allen, M.F. The spread of VA mycorrhizal fungal hyphae in the soil: Inoculum types and external hyphal architecture. *Mycologia* 1991, 83, 409–418.
36. Giovannetti, M.; Sbrana, C.; Avio, L.; Strani, P. Patterns of below-ground plant interconnections established by means of arbuscular mycorrhizal networks. *New Phytol.* 2004, 164, 175–181.
37. Giovannini, L.; Palla, M.; Agnolucci, M.; Avio, L.; Sbrana, C.; Turrini, A.; Giovannetti, M. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota as Plant Biostimulants: Research Strategies for the Selection of the Best Performing Inocula. *Agronomy* 2020, 10, 106.
38. Gualandi, R.J., Jr. Fungal Endophytes Enhance Growth and Production of Natural Products in *Echinacea Purpurea* (Moench.). Master's Thesis, University of Tennessee, Knoxville, TN, USA, 2010. URL: [https://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes/713/](https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/713/)
39. Njeru, E.M.; Avio, L.; Sbrana, C.; Turrini, A.; Bocci, G.; Bàrberi, P.; Giovannetti, M. First evidence for a major cover crop effect on arbuscular

mycorrhizal fungi and organic maize growth. *Agron. Sustain. Dev.* 2014, 34, 841–848.

40. Ordoñez, Y.M.; Fernandez, B.R.; Lara, L.S.; Rodriguez, A.; Uribe-Vélez, D.; Sanders, I.R. Bacteria with phosphate solubilizing capacity alter mycorrhizal fungal growth both inside and outside the root and in the presence of native microbial communities. *PLoS ONE* 2016, 11, e0154438.

41. Pepe, A.; Giovannetti, M.; Sbrana, C. Different levels of hyphal self incompatibility modulate interconnectedness of mycorrhizal networks in three arbuscular mycorrhizal fungi within the Glomeraceae. *Mycorrhiza* 2016, 26, 325–332.

42. Philippot, L.; Raaijmakers, J.M.; Lemanceau, P.; Van Der Putten, W.H. Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol.* 2013, 11, 789–799. doi.org/10.1038/nrmicro3109

43. Roesti, D.; Ineichen, K.; Braissant, O.; Redecker, D.; Wiemken, A.; Aragno, M. Bacteria associated with spores of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus geosporum* and *Glomus constrictum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2005, 71, 6673–6679.

44. Rouphael, Y.; Franken, P.; Schneider, C.; Schwarz, D.; Giovannetti, M.; Agnolucci, M.; De Pascale, S.; Bonini, P.; Colla, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Sci. Hortic.* 2015, 196, 91–108.

45. Sbrana, C.; Avio, L.; Giovannetti, M. Beneficial mycorrhizal symbionts affecting the production of health-promoting phytochemicals. *Electrophoresis* 2014, 35, 1535–1546.

46. Smith, F.A.; Smith, S.E. Tansley Review No. 96 structural diversity in (vesicular)–arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytol.* 1997, 137, 373–388.

47. Smith, S.E.; Read, D.J. *Mycorrhizal Symbiosis*, 3rd ed.; Academic Press: London, UK, 2008.



48. Turrini, A.; Avio, L.; Giovannetti, M.; Agnolucci, M. Functional complementarity of arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota: The challenge of translational research. *Front. Plant Sci.* 2018, 9, 1407.

49. Turrini, A.; Giordani, T.; Avio, L.; Natali, L.; Giovannetti, M.; Cavallini, A. Large variation in mycorrhizal colonization among wild accessions, cultivars, and inbreds of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica* 2016, 207, 331–342.

50. Zahran H. H. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 1999. Vol. 63. P. 968-989.