

УДК 631.559:633.34:631.81

Дідора В. Г.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технологій у рослинництві,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: viktordidora33@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9105-4802

Деребон І. Ю.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у рослинництві,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: derebon66@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6139-6286

Стоцька С. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у рослинництві,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: olegst1999@meta.ua
ORCID: 0000-0003-0751-7996

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ В УМОВАХ ПОЛІССЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕМ-ПРЕПАРАТІВ

Анотація

Зниження родючості ґрунтів відбувається через інтенсивну деградацію, меліоративну невпорядкованість, забруднення незбалансованим внесенням мінеральних добрив, пестицидів. Кількість органічних добрив різко скоротилася, з 10 т/га у 1900 році до 0,5 т/га у 2025 році. Родючість ґрунтів знижується також унаслідок їх переуцілювання, що істотно затримує ріст і розвиток кореневої системи.

Унесення речовин органічного походження: побічної продукції, пожнивних рештків, соломи, сидератів та іншої продукції рослинництва, активізує ґрунтову мікробіоту, що позитивно впливає на відновлення родючості ґрунту.

Доведено, що біодобрива, азот, фосфор, біостимулятори, біофунгіциди, біоінсектициди й інші препарати – деструктори целюлози, які містять низку целюлозолітичних ферментів, сприяють мінералізації органічних рештків.

Дослідження присвячені вивченню впливу ефективних мікроорганізмів (ЕМ-препаратів) на продуктивність сої та поновлювання родючості ґрунту. Дворазове позакореневе підживлення на етапах росту та розвитку ВВСН, коди 13–19 та 49–59, сприяє збереженості рослин, яка становить 98%, і забезпечує густоту рослин – 488 тис. шт./га. Оптимальна площа листової поверхні коливається в межах 44–45 тис. м²/га, а продуктивність фотосинтезу у фазу утворення бобів становить 3 млн м² днів/га, що забезпечує отримання чистої продуктивності фотосинтезу 3,22–4,86 г/м² за добу і сприяє активному формуванню бульбачкових бактерій, маса яких у фазу ВВСН 13–19 + 49–59 + 60–69 коливається в межах 156–158 кг/га. Активний симбіоз фотосинтезу сої та розвитку бульбачкових бактерій сприяє накопиченню органічної маси та загального біологічного азоту – 242 кг/га, що еквівалентно 7 ц аміачної селітри, і забезпечує врожайність сої – 3,3–3,4 т/га. Використання ЕМ-препаратів сприяє підвищенню вмісту білка й олії, покращенню родючості ґрунту та зменшенню потреб у мінеральних добривах, що робить ЕМ-технологію перспективною для екологічного рослинництва.

Ключові слова: соя, ЕМ-препарати, інокуляція, етапи органогенезу, симбіотичний азот, позакореневе підживлення, фотосинтез, родючість ґрунту, урожайність, білок, олія.

Вступ. Соя є однією з найважливіших культур світового й українського сільського господарства, відіграє ключову роль у виробництві білкових і олійних продуктів, кормовиробництві та промисловості. Завдяки високому вмісту білка (40–50%) і жиру (19–25%) соя широко використовується в харчовій промисловості (виробництво олії, молока, тофу) як кормова добавка для тварин, у виготовленні біопалива, пластмас [1, с. 134–136].

Однією з головних проблем вирощування сої в умовах Полісся України є низька родючість ґрунтів і необхідність оптимізації живлення рослин. Традиційні методи підживлення мінеральними добривами супроводжуються високими витратами та негативним впливом на екосистему. Соя – це унікальна рослина, що забезпечує своє живлення азотом на 80%, решта, у вигляді листової маси, соломи, пожнивних і корневих рештків залишається у ґрунті. За період вегетації, після мінералізації у ґрунті залишається 250–300 кг азоту. Симбіотична

ефективність залежить від аерації ґрунту, забезпеченості мікроелементами: молібден, бор, магній стримують розвиток бульбочкових бактерій. У цьому контексті ефективним рішенням є застосування ефективних мікроорганізмів (ЕМ-препаратів), які сприяють покращенню біологічної азотфіксації, підвищенню врожайності та якості продукції.

Дослідження базується на аналізі росту та розвитку рослин, ефективності симбіотичної азотфіксації, а також впливу біологічного підживлення на агрохімічні властивості ґрунту.

Мета роботи. Метою роботи є оцінювання впливу ефективних мікроорганізмів (ЕМ-препаратів) на продуктивність сої в умовах Полісся України. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних схем застосування позакореневого підживлення у процесі етапів росту та розвитку сої за уніфікованої розширеної шкали ВВСН з метою підвищення врожайності, вмісту білка й олії в зерні, а також на вивчення впливу процесів біологічної азотфіксації на родючість ґрунту. Отримані результати дозволяють удосконалити елементи технології вирощування сої, зменшити потребу в добривах синтетичного походження, покращити родючість ґрунтів та сприяти розвитку екологічно чистого землеробства й економічної ефективності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із найбільш дієвих шляхів відновлення родючості ґрунту є швидке та масове впровадження ЕМ-технологій, або технологій ефективних мікроорганізмів.

Соевий білок є надзвичайно цінним для організму людини завдяки своєму збалансованому амінокислотному складу, що забезпечує легке засвоєння. Окрім білка, насіння сої багате на жири (19–25%), екстрактивні речовини (20–30%), мінерали (залізо, фосфор, кальцій) та вітаміни, зокрема й фолієву кислоту. Також соя є джерелом різноманітних ферментів, що беруть активну участь у багатьох біохімічних процесах організму.

Продукція переробки зерна сої сприяє покращенню здоров'я людей. Висока засвоюваність білка – 90%, за вмістом 1 кг сої дорівнює 2 кг м'яса або риби, 12 літрам молока. Незамінні амінокислоти в сої містяться в необхідній для людей пропорції. Отже, соя є справжньою скарбницею життєво необхідних речовин [2, с. 52–56]. Велике значення сої в кормовиробництві, продовольчих і технічних галузях. З неї виготовляють молочні продукти, кондитерські вироби, харчове борошно, сурогати кави тощо [3, с. 52–54]. Соя – це зелений корм, сінаж, соєво-кукурудзяний силос, монокорм, виробництво трав'яного борошна.

Соя є цінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур у сівозміні [4, с. 101–104].

Застосування регуляторів росту, інокулянтів, позакореневого підживлення комплексними добривами на хелатній основі позитивно впливає на ріст, розвиток і урожайність сої, вона збільшується на 0,5–0,8 т/га [5]. У результаті активного симбіотичного процесу соя використовує біологічний азот на ріст і розвиток, що прирівнюється до 10–15 т органічних добрив. Розрахунки показали, якщо висівати сою в Україні на площі 2,4 млн га, то це означає, що ґрунт одержить обсяг азоту, еквівалентний 546 тис. тонн аміачної селітри на суму понад 1 млрд грн [6, с. 132–140]. За умов упровадження інтенсивних технологій вирощування сої врожайність досягає 4 т/га, а рентабельність становить понад 50%, тому виробники сої можуть отримувати високий прибуток [7].

За результатами наукових досліджень Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, інокуляція насіння препаратом *Bradyrhizobium japonicum*, за інтенсивної технології вирощування, сприяє підвищенню продуктивності сої на 0,34–0,50 т/га [1, с. 134–136].

Інокуляція насіння бактеріальними препаратами – це потужний інструмент для підвищення родючості ґрунтів і екологічно чистого землеробства. Цей процес стимулює формування бульбочкових бактерій на кореневій системі сої, які здатні перетворювати атмосферний азот на форму, доступну для рослин [8, с. 36–41; 11]. Наприклад, соя, завдяки симбіозу з бактеріями, забезпечує накопичення у ґрунті значну кількість біологічного азоту (від 60 до 150 кг/га), який згодом використовується наступними культурами в сівозміні [20, с. 17–20]. Це значно ефективніше, ніж використання мінеральних добрив, оскільки рослини засвоюють симбіотично-біологічний азот повітря [15; 19].

Загальна кількість біологічного азоту досягає значних показників – 450 кілограмів на гектар. Вражаюча частка в 75% цього азоту була отримана завдяки природному процесу фіксації атмосферного азоту бульбочковими бактеріями. Ці мікроорганізми вступають у симбіоз із корінням бобових рослин і перетворюють недоступний для більшості організмів газоподібний азот з атмосфери на сполуки, які засвоюються рослинами. Такий механізм є не лише екологічно чистим, а й значно підвищує родючість ґрунту [24, с. 77–84].

Застосування препарату нового біологічного походження ЕМ-1 позитивно впливає на біоценоз ґрунту, пригнічує його патогенну мікрофлору. У результаті розвитку мікроорганізмів відбувається відновлення родючості ґрунту. Протягом 3–5 років ґрунт самостійно повертається до свого первинного родючого стану, не потребує штучного втручання хімічних добрив. Процес біологічної фіксації азоту відіграє ключову роль у підвищенні родючості ґрунту та розвитку корисної мікрофлори. Яскравим показником активної азотфіксації є збільшення кількості червоних бульбочок на коренях рослин, особливо бобових, як-от соя. Це свідчить про те, що бактерії успішно перетворюють атмосферний азот на форму, доступну для рослин. За таких умов рослини отримують належну кількість азоту і мають світло-зелене забарвлення, що вказує на їхнє здорове та повноцінне живлення. Отже, додаткове підживлення сої мінеральними азотними добривами в такому разі є необов'язковим. Якщо ж бульбочки розвинені не досить, а листя рослин набуває жовтуватого відтінку, це сигнал про дефіцит азоту. У такій

ситуації рекомендується провести 1–2 позакореневі підживлення для забезпечення рослин необхідними поживними речовинами.

Професор, мікробіолог з Японії Теруо Хіга розробив і заснував ЕМ-препарати, у склад яких відібрав 86 головних штамів регенератів, які виконують живлення рослин, їх захист від хвороб і оздоровлення ґрунтового середовища [22, с. 85–86].

Фотосинтез і біологічна фіксація азоту в сої утворюють нерозривний ланцюг, де кожен процес живить інший. Фотосинтез забезпечує енергією процес фіксації азоту, а фіксований азот, у свою чергу, є будівельним матеріалом для синтезу різноманітних органічних сполук, необхідних для життя рослини. Ця взаємодія є основою високої продуктивності та харчової цінності сої [16, с. 41–48].

Передпосівна інокуляція насіння сої та використання ЕМ-препарату на позакореневе підживлення є новим елементом технології вирощування сої.

Дослідження впливу нової ЕМ-технології на рослини за умови цілковитої відмови від синтетичних добрив є перспективним напрямом сучасної агрономії.

Інокуляція на основі *Bradyrhizobium japonicum* сприяє підвищенню врожайності сої на 0,34–0,50 т/га, або 14–18% [10, с. 118].

Бульбочкові бактерії вступають у симбіоз із рослинами та підвищують продуктивність і якість продукції, зменшують пестицидне навантаження на навколишнє середовище [11, с. 23–29]. Оброблення насіння інокулянтами менш витратне, ніж мінеральні добрива. Завдяки біологічній азотфіксації бульбочковими бактеріями у ґрунті залишається 35–55 кг азоту [12, с. 33–43].

Шляхом біологічної азотфіксації соя задовольняє потреби в живленні азотом на 50–60% [2, с. 52–56].

Симбіоз із культурою забезпечує рослини фіксованим атмосферним азотом у критичний період росту та розвитку, який залишається у ґрунті життєздатним упродовж 3–5 років, що забезпечують формування стабільних і екологічно безпечних урожаїв [13, с. 132–140]. Активні ризобії здатні фіксувати до 250 кг/га доступного рослинам біологічного азоту за період вегетації сої, із яких 150 засвоюється соєю, а решта залишається у ґрунті [1, с. 134–136]. Завдяки фіксованому біологічному азоту та мінералізації побічної продукції покращується родючість ґрунту. За внесення мінеральних добрив відбувається фотосинтез у листках і створюються передумови біологічної фіксації азоту бульбочковими бактеріями, що є основою для синтезу білка, жиру, ферментів, амінокислот, вітамінів, вуглеводів та інших сполук.

Бактеріальні препарати для рослин діють як потужні біологічні каталізатори, які стимулюють ріст рослин. Наприклад, зазвичай рослини засвоюють не більше половини азоту, лише п'яту частину фосфору та від чверті до третини калію з добрив. Решта цих цінних елементів вимивається із ґрунту і потрапляє у водойми, забруднює їх шкідливими нітратами. Використання бактеріальних препаратів допомагає зменшити ці втрати, робить сільське господарство більш екологічним і економічно вигідним [8, с. 36–41].

Тому вивчення впливу ефективних мікроорганізмів, ЕМ-препаратів, на підвищення продуктивності та якості сої є актуальним напрямом.

Для оцінювання росту та розвитку рослин сої ми проводили регулярні спостереження, зі строгим дотриманням державних стандартів, викладених у «Методиці державного сорто випробування сільськогосподарських культур». Кількість і масу бульбочок та тривалість загального й активного симбіозу визначали впродовж зазначених етапів органогенезу.

Визначення фотосинтетичного потенціалу (далі – ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (далі – ЧПФ) рослин проводили за методикою визначення площі листової поверхні «метод висічок» [14, с. 34].

Сортові ресурси мають відповідати агроєкологічним умовам регіону вирощування сортів сої [23, с. 34–40].

Сорт сої Сірелія – ранньостиглий: вегетаційний період – 105 днів, урожайність – 4,88 т/га. Боби під час визрівання не розтріскуються. Маса тисячі зерен – до 220 г. Вміст протеїну – 42–44%. Олійність – 20,7%. Висота рослин – 75–80 см. Висота кріплення нижнього бобу – 12–13 см. Стійкий до вилягання, хвороб і стресових чинників [26].

Варіанти дослідів:

1. Біологічний контроль (далі – БК).
2. ЕМ-препарат BVCH код 13-19.
3. ЕМ-препарат BVCH код 49-59.
4. ЕМ-препарат BVCH код 60-69.
5. ЕМ-препарат BVCH код 13-19 + ЕМ-препарат BVCH код 49-59.
6. ЕМ-препарат BVCH код 13-19 + код 49-59 + код 60-69.

Посівна площа дослідів – 1 080 м², облікова – 900 м², дослідна ділянка – 60 м² га, облікова – 50 м², повторення – трикратне.

Аналіз даних таблиці 1 свідчить про належну забезпеченість ґрунту калієм, що є важливим елементом живлення, який підвищує стійкість рослин сої до хвороб і покращує їхню здатність утримувати вологу. Вміст фосфору на рівні 89 мг/кг сприяє активному розвитку кореневої системи рослин і прискорює процес їхнього дозрівання. Вміст азоту у ґрунті є помірним, що позитивно впливає на врожайність сої.

Таблиця 1. Агрохімічний аналіз чорнозему опідзоленого

Кислотність ґрунту, pH	Вміст гумусу, %	Вміст елементів живлення, мг/кг			Сума поглинутих основ, м. екв./100 г ґрунту	Гідролітична кислотність, ммоль/100 г
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
5,9–6,5	2,1	11,9	89	102	27	3,81

У дослідях проводили такі спостереження, обліки й аналізи вмісту азоту за стандартною методикою ДСТУ 7863:2015; вміст фосфору та калію визначали згідно з ДСТУ 4405:2005, гідролітичну кислотність – відповідно до ГОСТу 2612-91, гумусу – за ДСТУ 4289:2024, вміст протеїну – за ДСТУ 4064:2003, жиру – за ІДЕМ-10855764.

Проводили детальне спостереження за основними етапами життєвого циклу сої за допомогою міжнародно визнаної шкали розвитку рослин BVCH [6, с. 64–98; 17].

Щоб визначити динаміку густоти рослин протягом вегетаційного періоду, підрахунки проводили на двох ключових етапах розвитку культури: на початку фази активного росту (макростадія 10–11), сім'ядолі цілком розгорнулися і листки досягли максимального розміру, перед збиранням урожаю (макростадія 96). Спосіб посіву широкорядний із міжряддям 30 см. Погодні умови протягом вегетаційного періоду 2023–2024 рр. негативно впливали на ріст і розвиток рослин, характеризувалися гідротермічними показниками, які детально наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Гідротермічний коефіцієнт (далі – ГТК)

Показник	Період						
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	за весь період
Середня температура повітря ($t_{\text{ср.}}$), °C	10,5	16,4	21,0	24,0	23,1	17,0	18,7
Сума опадів, мм	55,3	50,9	53,6	37,6	36,0	38,2	271,6
Сума активних температур ($t_{\text{акт.}} > 10$)	315	508	630	744	716	510	3 423
ГТК Селянінова 2023	1,8	1,0	0,9	0,5	0,5	0,7	0,8
ГТК Селянінова 2024	2,1	1,9	0,8	0,0	0,4	0,5	0,7

Аналіз даних таблиці 2 свідчить про складні погодні умови впродовж вегетаційного періоду 2023–2024 рр. Квітень був надмірно вологим, а травень – досить зволеним, період вегетації характеризувався дефіцитом опадів. Зокрема, червень місяць відносно посушливий, липень і серпень виявилися періодами сильної посухи, а вересень – помірно посушливий. Така нерівномірність у розподілі опадів, особливо посуха в липні та серпні, негативно вплинула на рівень урожайності. Порівняно із 2023 р. урожайність у 2024 р. зменшилася на 0,8 тонни, що підтверджує прямий зв'язок з погодними умовами.

Добрими попередниками сої є озимі зернові культури: озима пшениця, озимий ячмінь, озиме жито й озиме тритикале. Кукурудза на зерно, картопля та цукровий буряк – задовільні попередники, але їх використання може мати деякі обмеження або потребувати додаткових агротехнічних заходів. Це пов'язано з особливостями кожної культури та її впливом на властивості ґрунту [21].

Включення сої в сівозміну – це ефективний спосіб покращити структуру полів і підвищити загальну врожайність. Завдяки здатності сої збагачувати ґрунт азотом її чергування зі злаковими культурами створює сприятливі умови для росту та розвитку рослин.

За законом плодозміни сівозміна має бути насиченою на 50% зерновими колосовими, на 50% – бобовими. Система обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах об'єднує в собі логічно послідовні та пов'язані ланки основного, передпосівного та післяпосівного обробітку під сою. У короткотривалій сівозміні, де культури швидко змінюють одна одну, соя була розміщена після озимої пшениці. Такий порядок був складовою частиною такої ротації: багаторічні трави – озима пшениця – соя – ячмінь із підсівом багаторічних трав.

Науковці з Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН та Поліського національного університету довели, що сівозміни з короткою ротацією можуть суттєво збільшити врожайність ячменю та пшениці. За їхніми даними, такі сівозміни дозволяють отримувати додатково 4–6 центнерів ячменю та 2,5–4 центнери пшениці з гектара. Ці результати особливо цікаві для великих господарств, які прагнуть підвищити свою продуктивність [6, с. 64–98].

Підготовка ґрунту під посіви сої – це комплекс заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин. Глибокий і розгалужений корінь сої забезпечує рослину водою та поживними речовинами, особливо в посушливі періоди. Обробка ґрунту має сприяти формуванню потужної кореневої системи [18, с. 459–462].

У фази зеленої стиглості стручків редьки олійної проводили дискування з наступною зяблевою оранкою на глибину 20–22 см. Такий глибокий обробіток сприяв знищенню бур'янів і накопиченню вологи. Передпосівний обробіток ґрунту передбачав знищення залишки бур'янів, вирівнювання поверхні поля та створення оптимальних умов для загортання насіння сої на необхідну глибину. Такий підхід забезпечив рівномірне проростання насіння та сприяв росту й розвитку на ранніх етапах онтогенезу [19, с. 222–226].

Для підготовки ґрунту перед посівом сої використовували сучасні комбіновані агрегати, як-от Європак, Комбінатор, АКШ-3,6, Компактор тощо. Ці машини дозволяють водночас виконувати кілька операцій, що значно прискорює процес і покращує якість обробки ґрунту [10, с. 119–120].

Сівбу сої проводили в оптимальні строки – на початку травня, за температури ґрунту 10–12 °С. Підживлення здійснювали у ключові фази розвитку культури: під час бутонізації, утворення бобів і наливання насіння [10, с. 112–113]. Щоб забезпечити дружнє проростання насіння сої й отримати здорові, рівномірні сходи, для захисту від шкідливих організмів проводили додаткову обробку насіння протруйником Максим XL 035 з розрахунку 1 літр на тону насіння, а також 0,5–1,0% розчином молібденовокислого амонію [10, с. 121–123; 18, с. 451–452].

Норма висіву становила 600 тисяч схожих насінин на гектар. Глибина загортання насіння – 3–4 сантиметри. Для цього використовувалася сівалка точного висіву Клен-4,2, яка забезпечила рівномірний розподіл насіння на заданій глибині. У фазу проростання (досходове) та після їх масової появи (післясходове боронування). Такий підхід дозволив знищити значну частину молодих рослин бур'янів, перешкоджав їхньому подальшому росту і розвитку.

Результати досліджень. Одним із важливих елементів формування структури врожаю є густина рослин, яка залежить від польової схожості та збереження за період вегетації [25].

Доведено, що бульбочкові бактерії позитивно впливають на схожість бобових культур. Інокульоване насіння бобових культур забезпечує високу польову схожість – 83%. Урожайність польових культур залежить від оптимальної густоти рослин перед збиранням і формування елементів структури врожаю (утворення суцвіть, кількості бобів, зерен у бобах, маси 1 000 шт. насіння). Від густоти рослин, площі листової поверхні залежить коефіцієнт корисної дії фотосинтезу.

Формування густоти рослин залежно від застосування ЕМ-препарату наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Формування густоти стеблестою залежно від позакореневого підживлення сої ЕМ-препаратом (середнє за 2023–2024 рр.)

	Варіант	Польова схожість, %	Густина перед збиранням, тис. шт./м ²	Вживаність, %
1	Біологічний контроль (далі – БК)	82	447	91
2	ЕМ-препарат, ВВСН код 13-19	83	468	94
3	ЕМ, ВВСН 49-59	83	468	94
4	ЕМ, ВВСН 60-69	83	478	96
5	ЕМ, ВВСН: 13-19 + 49-59	83	488	98
6	ЕМ, ВВСН: 13-19 + 49-59 + 60-69	83	478	96

Польова схожість насіння сої незалежно від варіантів досліджень була невисокою і коливалася в межах 83%. Проведення позакореневого підживлення впродовж вегетаційного періоду росту та розвитку сої позитивно впливало на збереженість рослин. За оброблення рослин у фазі ВВСН код 13–19 (розвиток і формування листової поверхні) вживаність рослин становила 91%. За одноразового оброблення сої ЕМ-препаратом на етапі 13–19 і 49–59 збереженість рослин збільшилася на 3% щодо контрольного варіанту. У разі двократного позакореневого підживлення сої у фазі формування листя (13–19) та через 30 днів на етапі ВВСН 49-59 (закладання генеративних органів) до збирання залишилося 98%, що становить 488 тис. шт./га. За наступного підживлення у фазу цвітіння, у посушливий період, спостерігалось відмирання листової маси, що негативно впливало на опилання квіток, до збирання залишилося 96% рослин, кількість їх зменшилася на 10 тис. шт.

Фотосинтез, як основне джерело формування фітомаси рослин, у таких системах потужний чинник порівняно із природними угіддями. Агрофітоценозні процеси фотосинтезу виділяють в 1,5–2 рази більше кисню, навіть порівняно з лісовими угіддями.

Посів – фотосинтезуюча система, її потужність характеризується біотичними, абіотичними й агротехнічними елементами технології вирощування. Можна виділити такі чинники, як: площа листової поверхні, або індекс листової поверхні; чиста продуктивність (далі – ЧПФ); фотосинтетичний потенціал (далі – ФПП); фотосинтетична продуктивність посіву (далі – ФПП*ЧПФ); рівень поглинання фотосинтетичної радіації (далі – ФАР), червоних і довгих червоних променів, з довжиною хвиль 480–510 нм [14, с. 63].

Для зернобобових культур і сої оптимальним показником площі листової поверхні в період вегетації є 40–50 тис. м²/га.

Площу листової поверхні визначали методом висічок, які зважували на електронних вагах, обривали листя із проби рослин, взятої із площі 0,25 м², визначали їхню масу.

Площа листової поверхні у фазу ВВСН 49-59 – закладання генеративних органів і фазу цвітіння (ВВСН 60-69) – 43 тис. м²/га.

Відомо, що ЧПФ – це кількість сухої речовини, яка утворюється в результаті фотосинтезу на одиницю листової поверхні посіву за одиницю часу, цей показник визначається кількістю грамів сухої речовини, яка утворюється на 1 м² листків за добу [14]. У результаті проведених польових досліджень встановлено, що за позакоренево

Таблиця 4. Фотосинтетичний потенціал сої залежно від позакореневого підживлення ЕМ-препаратом (середнє за 2023–2024 рр.)

№	Варіант	Площа листкової поверхні, тис. м²/га		Фотосинтетичний потенціал млн м² днів/га	
		Цвітіння	Утворення бобів	Цвітіння	Утворення бобів
1	Біологічний контроль (БК)	35	38	1,8	1,9
2	ЕМ-препарат, ВВСН код 13-19	41	40	2,1	2,1
3	ЕМ-препарат, ВВСН 49-59	43	42	2,3	2,0
4	ЕМ – ВВСН 60-69	43	40	2,1	2,8
5	ЕМ – ВВСН: 13-19 + 49-59	44	45	2,2	3,0
6	ЕМ – ВВСН: 13-19 + 49-59 + 60-69	44	45	2,0	2,9

підживлення сої ЕМ-препаратом у фазу трійчастих листків продуктивність фотосинтезу становила 2,93 г/м² за добу, за наступного підживлення у фазу утворення бобів і цвітіння ЧПФ зростає на 0,29–0,67–1,93 г/м² за добу і коливається в межах 3,22–4,86 г/м² за добу.

Фотосинтетична активність і чиста продуктивність фотосинтезу безпосередньо пов'язані з розвитком бульбочкових бактерій, симбіотичним процесом фіксації атмосферного азоту (таблиця 5).

Таблиця 5. Симбіотична ефективність сої залежно від позакореневого підживлення ЕМ-препаратом (середнє за 2023–2024 рр.)

№	Варіант	Кількість бульбочок, шт.	Маса бульбочок	
			на рослині, г	кг/га
1	Біологічний контроль	24,4	0,34	115
2	ЕМ-препарат, ВВСН код 13-19	27,3	0,36	133
3	ЕМ, ВВСН 49-59	33,1	0,39	144
4	ЕМ, ВВСН 60-69	34,3	0,42	148
5	ЕМ, ВВСН: 13-19 + 49-59	34,8	0,48	156
6	ЕМ, ВВСН: 13-19 + 49-59 + 60-69	34,8	0,48	158

Бульбочкові бактерії проникають через клітини корової паренхіми в коріння молодих рослин сої, де вони живуть і розмножуються. У перециклі починаються поділ і проростання паренхімної тканини, яка виступає з покривною тканиною у вигляді виростів, що називаються бульбочками. Бульбочкові бактерії мають власність фіксувати атмосферний азот, який розміщений у бульбочках і ґрунті [3, с. 63–66].

Перші бульбочки на її коренях з'являються протягом одного тижня після проростання, а через 10–14 днів вони вже можуть задовольняти рослини в азоті.

Фіксація азоту бульбочковими бактеріями та надходження його в рослину інтенсивно відбуваються у фазі ВВСН 60-69, формування бобів за температури повітря 24–25 °С. Схема біологізації азоту така: «ґрунт → насіння сої → інокуляція насіння расами бульбочкових бактерій → проникнення бактерій через кореневі волоски всередину коренів → поділ клітин і утворення бульбочок, фотосинтез у листках і забезпечення бактерій органічними сполуками, активізація ферментної системи азоту та водно-органічних сполук у реакції $N = HN = H_2N - NH_2 \rightarrow N_3H_3 \rightarrow$ використання рослинами для синтезу білка, жиру, вуглеводів, ферментів та інших сполук → перерозподіл їх органами рослин → переміщення в насіння → відмирання бульбочок → використання біологічного азоту наступними культурами» [3, с. 63–66].

За період проведення досліджень 2023–2024 рр. склалися несприятливі погодні умови, ГТК у період вегетації й особливо у фазу росту та розвитку ВВСН 49-59 та 60-69, показник коливався в межах 0,5–0,8.

Залежність накопичення біологічного азоту від позакореневого підживлення ЕМ-препаратом наведена в таблиці 6.

За вегетаційний період урожайність надземної фітомаси (солома, пожнивні та кореневі рештки) становить 4,99 т/га. Позакореневе підживлення сої ЕМ-препаратом у фазу ВВСН 13-19 та 49-59 сприяє приросту побічної продукції на 2,10–2,81 т/га (таблиця 6).

Активний симбіоз кореневої системи сої та розвиток бульбочкових бактерій сприяють активному їхньому розвитку та накопиченню атмосферного азоту. Якщо на контрольному варіанті надійшло 115 кг/га азоту, за проведення позакореневого підживлення сої у фазі ВВСН 13-19 приріст його збільшується на 29,1 кг/га. За оброблення рослин у період вегетації, у критичні періоди поглинання елементів живлення, фази розвитку листкової поверхні, закладання генеративних органів і цвітіння накопичення біологічного азоту збільшується на 66,7–76,7 кг/га.

Несприятливі екстремальні умови вегетаційного періоду 2024 р. негативно впливали на фотосинтетичну активність і засвоєння азоту атмосфери, фаза утворення і дозрівання бобів ВВСН 70-80.

Тому врожайність сої в посушливих умовах 2024 р. була низькою і становила лише 2,3 т/га на ранніх варіантах проведення позакореневого підживлення. Приріст урожаю 0,4–0,8 т/га пояснюється проведенням

Таблиця 6. Формування біологічного азоту залежно від строків проведення позакореневого підживлення ЕМ-препаратом (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіант	Побічна продукція, т/га	Перерахунок на стандартну вологу, т/га				Формування азоту, кг/га		
	солома	стерильні та кореневі рештки	усього			побічна продукція	симбіотичний азот	усього
1	Біологічний контроль	3,0	1,99	4,99	4,19	50,3	115	165,3
2	ЕМ-препарат, ВВСН код 13-19	3,6	2,50	6,10	5,12	61,4	133	194,4
3	ЕМ – ВВСН 49-59	3,6	2,50	6,10	5,12	61,4	144	205,4
4	ЕМ – ВВСН 60-69	4,0	3,90	7,90	6,60	79,2	148	227,4
5	ЕМ – ВВСН: 13-19 + 49-59	4,3	3,20	7,50	6,30	76,0	156	232,0
6	ЕМ – ВВСН: 13-19 + 49-59 + 60-69	4,7	3,60	8,30	7,00	84,0	158	242,0

позакореневого підживлення до фази цвітіння, тобто у фазу росту та розвитку листя та в період формування генеративних органів (червень) за належної зволоженості ґрунту та його оптимальної температури.

Результатами проведення досліджень встановлено, що в середньому за 2023–2024 рр. приріст урожайності сої отримано завдяки проведенню позакореневого підживлення ЕМ-препаратом, він становить 0,11–0,35–0,42–0,55–0,70 т/га, залежно від строків проведення позакореневого підживлення (рис. 1).

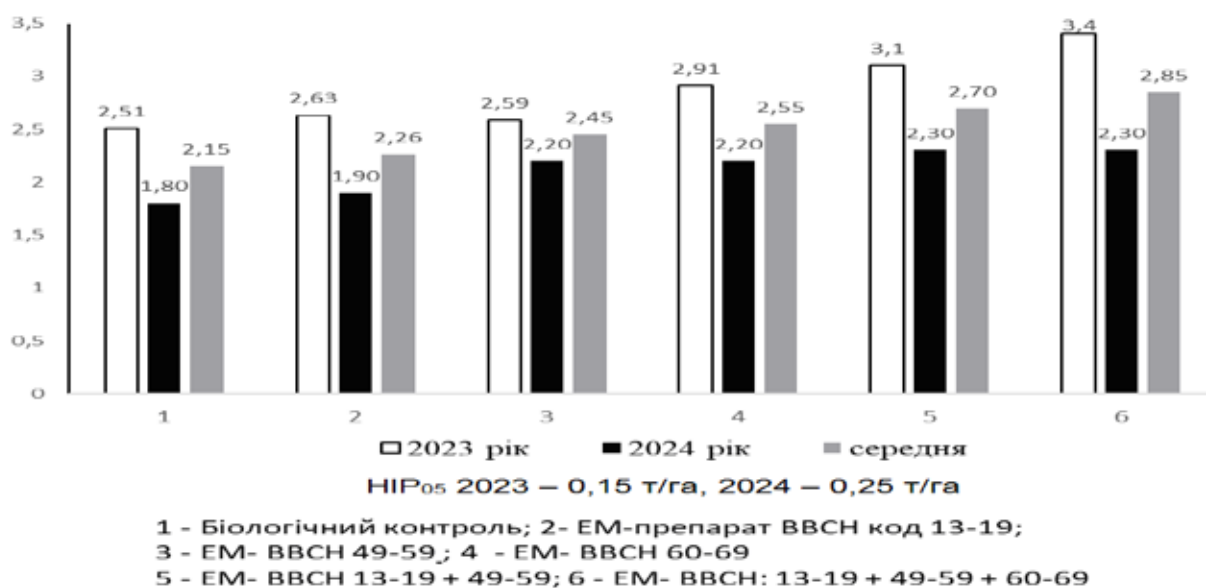
Основою ефективності ЕМ-препаратів є взаємодія різних груп мікроорганізмів, що входять до їхнього складу, фотосинтезуючі бактерії, як сонячні батареї, забезпечують енергією весь мікробний комплекс, синтезують органічні речовини. Молочнокислі бактерії за допомогою цих речовин створюють кисле середовище, яке пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів і шкідників, а також сприяє розкладанню складних органічних сполук, робить поживні речовини доступними для рослин.

Азотфіксуючі бактерії виконують незамінну роль у природному кругообігу азоту. Вони активізують інертний атмосферний азот, перетворюють його на доступні для рослин сполуки. Отже, бактерії збагачують ґрунт поживними речовинами, сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Дріжджі є справжньою біофабрикою, яка синтезує велику кількість біологічно активних речовин. За допомогою амінокислот і цукрів, що виробляються фотосинтезуючими бактеріями та корінням рослин, дріжджі створюють сприятливе середовище для розвитку інших корисних мікроорганізмів.

Актиноміцети – це справжні захисники ґрунту. Вони продукують різноманітні антибіотики, які ефективно пригнічують ріст патогенних грибів і бактерій. Завдяки цій здатності актиноміцети сприяють збереженню здоров'я рослин і підвищенню стійкості екосистем до хвороб.

Гриби родів *Aspergillus* і *Penicillium* активно розщеплюють складні органічні сполуки, перетворюють їх на прості, доступні для інших мікроорганізмів. Окрім того, ці гриби продукують цінні речовини, як-от етиловий

**Рис. 1. Урожайність сої залежно від ЕМ-препарату, т/га**

спирт, ефіри й антибіотики. Завдяки своїм властивостям гриби цих родів сприяють збереженню родючості ґрунтів і захисту рослин від шкідників.

З даних таблиці 5 видно, що в умовах 2023 р. врожайність сої загалом по досліді становила 3,4 т/га і була вищою порівняно з екстремальними умовами 2024 р. на 0,66 т/га. Проведення позакореневого підживлення ЕМ-препаратом у фазу цвітіння сої сприяло приросту врожаю (0,59–0,89 т/га), в основному завдяки розвитку бульбочкових бактерій, накопиченню симбіотичного азоту повітря та синтезу корисних речовин, що підвищують процеси фотосинтезу та поглинання теплової енергії ґрунту, синтезовані речовини містять у собі амінокислоти, біологічно активні речовини та цукри і сприяють росту та розвитку рослин сої. Бактерії виробляють молочну кислоту з органічних речовин. Молочна кислота є сильним стерилізатором, який пригнічує шкідливі мікроорганізми та прискорює їх розкладання.

Актиноміцети виробляють антибіотичні речовини, які уповільнюють ріст шкідливих грибів і бактерій. Ферментувальні гриби швидко розкладають органічні речовини, виробляють етиловий спирт, ефіри й антибіотики. Вони знищують шкідливі комахи та личинки.

Соя друга культура за вмістом білка після люпину. Соева олія засвоюється на 98%. Соева олія містить усі чотири ізомери токоферолу, що знижує ризики захворювання на хворобу Альцгеймера і хворобу Паркінсона. Покращує функції печінки, серця та судин, сприяє розвитку функції пам'яті. Соева олія почала широко застосовуватись для виробництва біодизелю. Соеві продукти застосовуються для лікування таких захворювань: онкології, остеопорозу, серцево-судинних тощо.

Таблиця 7. Показники якості сої залежно від ЕМ-препаратів (середнє за 2023–2024 рр.)

	Показники якості	Макростадії за класифікацією Zadoks			
		ВВСН, коди			
		13-19	49-59	60-69	13-19 49-59 60-69
1	Вміст білка, %	35,01	35,22	36,61	36,43
2	Вміст олії, %	21,56	22,12	22,28	23,11
3	Волога, %	9,40	8,81	10,08	9,97

З даних таблиці 7 видно, що вміст білка й олії збільшується залежно від строків проведення позакореневого підживлення сої. У разі проведення підживлення у фазі формування фотосинтетичної листкової поверхні (код 13-19) вміст білка й олії відповідно становить 35,0 та 23,11%. За позакореневого підживлення у фазу закладання генеративних органів (код 49-59) і у фазу цвітіння (код 60-69) спостерігається підвищення білка на 0,21–1,6%, олії – 0,56–0,72–1,55%. Валове виробництво білка становить 90 т/га, олії – 5,7 т/га.

Висновки. У результаті проведення досліджень можна зробити такі висновки:

1. За двократного позакореневого підживлення сої у фазі формування листя (13–19) та через 30 днів на етапі ВВСН 49-59 (закладання генеративних органів) до збирання залишилося 98%, що становить 488 тис. шт./га.
2. Проведення позакореневого підживлення ЕМ-препаратом упродовж вегетаційного періоду повертає у ґрунт 8,3 т органічної речовини, що еквівалентно 84 кг азоту.
3. Загальна кількість біологічного азоту на варіанті триразового підживлення сої ЕМ-препаратом забезпечує надходження 242 кг/га, частка симбіотичного азоту становить 158 кг.

Список використаних джерел

1. Овчарук О.В., Хомина В.Я., Каленська С.М. Агроекологічні особливості вирощування сої. *Інноваційні технології в рослинництві* : матеріали Всеукраїнської наукової інтернет-конференції, 15 травня 2018 р. Кам'янець-Подільський : Подільський держ. аграрно-технічний ун-т, 2018. С. 134–136.
2. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Соевий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 52–56.
3. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої : монографія. Київ : Урожай, 1993. 428 с.
4. Бабич А.О., Молдован В.Г., Молдован Ж.А. Стан та перспективи вирощування сої в умовах Волино-Подільського Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 108–112.
5. Бабич-Побережна А.А., Побережний М.С. Соя і соєві продукти на світовому ринку. *Посібник українського хлібо-роба*. 2013. Т. 2. С. 101–104.
6. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : підручник / В.Д. Паламарчук та ін. Вінниця, 2013. 724 с.
7. Бобові. Запрошуй та зростає / БАСФ. Київ, 2021. 81 с.
8. Дідора В.Г., Деробон І.Ю., Бондар О.Є., Власюк М.В. Вплив елементів органічної технології вирощування на продуктивність сої. *Наукові горизонти*. 2018. Т. 21. № 7/8 (70). С. 36–41.
9. Іжик Н.К. Польова схожість насіння: біологія, екологія, агротехніка. Київ : Урожай, 1976. 197 с.
10. Дідора В.Г. Соя в Поліссі України : монографія. Житомир, 2020. 148 с.
11. Дідора В.Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. *Наукові горизонти*. 2018. № 1 (64). С. 23–29.

12. Дідора В.Г., Бондар О.Є., Власюк М.В. Продуктивність сої залежно від біологічних препаратів та мінеральних добрив у Поліссі України. *Наукові горизонти*. 2019. № 1 (74). С. 33–43.
13. Дідора В.Г. Фактори підвищення родючості за визначення елементів технології вирощування сої. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 1 (53). С. 132–140.
14. Дідора В.Г. Агроекологічне обґрунтування технології вирощування льону-довгунцю. Житомир : Льонок, 2003. 272 с.
15. Дідора В.Г., Ключевич М.М. Технічні культури : підручник. 2-е вид., доп. Житомир : Поліський нац. університет, 2024. 462 с.
16. Колісник С.І. Основні технологічні прийоми вирощування сої на насіння. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 41–48.
17. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкодава. Київ, 2001. Вип. 11. 81 с.
18. Новітні агротехнології в рослинництві : підручник / В.А. Мазур а ін. Вінниця : Друк, 2017. 587 с.
19. Оптимізація основних елементів технології вирощування сої : навчальний посібник / за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2019. 398 с.
20. Головатюк С.О., Ситар О.В., Таран Н.Ю., Каленська С.М. Продуктивність і якість насіння сої за різних умов азотного живлення. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 1. С. 17–20.
21. Соя: культура унікальних можливостей / В.Ф. Петриченко та ін. Київ : Юнівест-Медіа, 2016. 224 с.
22. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві / С.М. Каленська та ін. Вінниця, 2015. 413 с.
23. Іванюк С.В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 34–40.
24. Didora V., Kluchevych M. Soybean productivity depending on the elements of organic cultivation technology in the short-term crop rotation of Ukrainian Polissia. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24. № 2. P. 77–84.
25. Особливості ефективного позакореневого підживлення сої на практиці. *Quantum : вебсайт компанії*. URL: <https://quantum.ua/ua/statti/osoblivosti-efektivnogo-pozakoreneвого-pidzivlennya-soyi-na-praktici>.
26. Соя РЖТ Сірелія від РАЖТ 2н. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/nasinnya-soya/rzht-sireliya-id20585>.

Didora V. G.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Technologies in Crop Production,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: viktordidora33@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9105-4802

Derebon I. Yu.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Technologies in Crop Production,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: derebon66@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6139-6286

Stotska S. V.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Technologies in Crop Production,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: olegst1999@meta.ua

ORCID: 0000-0003-0751-7996

PRODUCTIVITY OF SOYBEANS IN POLISSYA CONDITIONS DEPENDING ON EM-PREPARATIONS

Abstract

Soil fertility decline occurs due to intensive degradation, reclamation disorder, and pollution caused by unbalanced application of mineral fertilizers and pesticides. The amount of organic fertilizers has sharply decreased from 10 t/ha in 1900 to 0,5 t/ha in 2025. Soil fertility also declines due to soil compaction, which significantly delays the growth and development of the root system.

The application of organic materials – such as by-products, crop residues, straw, green manure, and other plant-based products – activates soil microbiota, positively affecting soil fertility restoration.

It has been proven that biofertilizers, nitrogen, phosphorus, biostimulants, biofungicides, bioinsecticides, and other cellulose-degrading agents containing a range of cellulytic enzymes promote the mineralization of organic residues.

This study focuses on the impact of effective microorganisms (EM preparations) on soybean productivity and soil fertility restoration. Foliar application at the BBCH growth stages 13-19 and 49-59 contributes to plant preservation at 98%, ensuring a plant density of 488 000 plants/ha. The optimal leaf area ranges from 44 000 to 45 000 m²/ha, while photosynthetic productivity at the pod formation phase reaches 3 million m²-days/ha, ensuring a net photosynthetic productivity of 3,22–4,86 g/m² per day. This promotes the active formation of root nodule bacteria, with their mass at BBCH stages 13-19 + 49-59 + 60-69 ranging from 156 to 158 kg/ha.

The active symbiosis of soybean photosynthesis and nodule bacteria development facilitates the accumulation of organic matter and total biological nitrogen at 242 kg/ha, equivalent to 7 centners of ammonium nitrate, ensuring a soybean yield of 3,3–3,4 t/ha. The use of EM preparations enhances protein and oil content, improves soil fertility, and reduces the need for mineral fertilizers, making EM technology a promising approach for ecological crop production.

Key words: soybean, EM-preparations, inoculation, stages of organogenesis, symbiotic nitrogen, foliar feeding, photosynthesis, soil fertility, yield, protein, oil.

References

1. Ovcharuk, O.V., Khomina, V.Ya., & Kalenska, S.M. (2018). Ahroekolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soi [Agroecological features of soybean cultivation]. *Innovatsiini tekhnolohii v roslinnytvi: materialy Vseukr. nauk. internet-konf. – Innovative technologies in crop production: materials of the All-Ukrainian scientific online conference.* (pp. 134–136). Kamianets-Podilskyi: Podilskyi derzh. ahrarno-tekhnichniyi un-t [in Ukrainian].
2. Babych, A.O., & Babych-Poberezhna, A.A. (2010). Soievyi poias i rozmishchennia vyrobnytstva sortiv soi v Ukraini [Soybean belt and location of soybean varieties production in Ukraine]. *Propozytsiia – Offer*, 4, 52–56 [in Ukrainian].
3. Babych, A.O. (1993). *Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannia soi [Modern production and use of soybeans]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
4. Babych, A.O., Moldovan, V.H., & Moldovan, Zh.A. (2011). Stan ta perspektyvy vyroshchuvannia soi v umovakh Volyno-Podilskoho Lisostepu [Status and prospects of soybean cultivation in the Volyn-Podilskyi Forest-Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 69, 108–112 [in Ukrainian].
5. Babych-Poberezhna, A.A., & Poberezhnyi, M.S. (2013). Soia i soievi produkty na svitovomu rynku [Soybeans and soy products on the world market]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba – Ukrainian farmer's guide*, 2, 101–104 [in Ukrainian].
6. Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., Kalenska, S.M., & Yermakova, L.M. (2013). *Biolohiia ta ekolohiia silskohospodarskykh roslin [Biology and ecology of agricultural plants]*. Vinnytsia [in Ukrainian].
7. BASF (2021). *Bobovi. Zaproshtui ta zrostai [Beans. Invite and grow]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Didora, V.H., Derebon, I.Yu., Bondar, O.Ye., & Vlasiuk, M.V. (2018). Vplyv elementiv orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist soi [The influence of elements of organic growing technology on soybean productivity]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 21 (7/8), 36–41 [in Ukrainian].
9. Izhyk, N.K. (1976). *Polova skhozhist nasinnia: biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnika [Field seed germination: biology, ecology, agricultural technology]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
10. Didora, V.H. (2020). *Soia v Polissi Ukrainy [Soybean in Polissya, Ukraine]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
11. Didora, V.H. (2018). Symbiotychna produktyvnist soi zalezno vid inokuliatsii nasinnia ta udobrennia [Symbiotic productivity of soybeans depending on seed inoculation and fertilization]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 1 (64), 23–29 [in Ukrainian].
12. Didora, V.H., Bondar, O.Ye., & Vlasuk, M.V. (2019). Produktyvnist soi zalezno vid biolohichnykh preparativ ta mineralnykh dobyv u Polissi Ukrainy [Soybean productivity depending on biological preparations and mineral fertilizers in Polissya, Ukraine]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 1 (74), 33–43 [in Ukrainian].
13. Didora, V.H. (2016). Faktory pidvyshchennia rodiuchosti za vyznachennia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi [Factors for increasing fertility by determining the elements of soybean growing technology]. *Visnyk ZhNAEU – Bulletin of ZhNAEU*, 1 (53), 132–140 [in Ukrainian].
14. Didora, V.H. (2003). *Ahroekolohichne obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia lonu-dovhuntsiu [Agroecological justification of the technology of growing long flax]*. Zhytomyr: Lonok [in Ukrainian].
15. Didora, V.H., & Kliuchevych, M.M. (2024). *Tekhnichni kultury [Industrial crops]* (2nd edition, supplemented). Zhytomyr: Poliskyi nats. universytet [in Ukrainian].
16. Kolisnyk, S.I. (2012). Osnovni tekhnolohichni pryomy vyroshchuvannia soi na nasinnia [Basic technological methods of growing soybeans for seeds]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 71, 41–48 [in Ukrainian].
17. Volkodav, V.V. (Eds.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]*. Kyiv, Vyp. 11 [in Ukrainian].
18. Mazur, V.A., Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., & Palamarchuk, O.D. (2017). Novitni ahrotekhnolohii u roslinnytvi [The latest agricultural technologies in crop production]. Vinnytsia: Druk [in Ukrainian].
19. Kyrychenko, V.V. (Eds.). (2019). *Optymizatsiia osnovnykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi [Optimization of the main elements of soybean growing technology]*. Kharkiv [in Ukrainian].
20. Holovatiuk, S.O., Sytar, O.V., Taran, N.Yu., & Kalenska, S.M. (2008). Produktyvnist i yakist nasinnia soi za riznykh umov azotnoho zhyvlennia [Productivity and quality of soybean seeds under different nitrogen nutrition conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 1, 17–20 [in Ukrainian].

-
21. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V., Markov, V.L., Lysikova, V.P., & Zharkova, O.Yu. (2016). *Soia: kultura unikalnykh mozhlyvostei* [Soybean: a crop of unique opportunities]. Kyiv: Yunivest Media [in Ukrainian].
22. Kalenska, S.M., Yermakova, L.M., Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., & Polishchuk, M.I. (2015). *Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslinnytstvi* [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia [in Ukrainian].
23. Ivaniuk, S.V. (2012). Formuvannia sortovykh resursiv soi vidpovidno do bioklimatynoho potentsialu rehionu vyroshchuvannia [Formation of soybean varietal resources in accordance with the bioclimatic potential of the growing region]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 71, 34–40 [in Ukrainian].
24. Didora, V., & Kluchevych, M. (2021). Soybean productivity depending on the elements of organic cultivation technology in the short-term crop rotation of Ukrainian Polissia. *Scientific Horizons*, 24 (2), 77–84.
25. Sait kompanii Quantum. Osoblyvosti efektyvnoho pozakorenevoho pidzhyvlennia soi na praktytsi [Quantum company website. Features of effective foliar fertilization of soybeans in practice]. <https://quantum.ua/ua/statti/osoblivosti-efektivnogo-pozakorenevo-pidzivilennya-soyi-na-praktici>. Retrieved from <https://quantum.ua/ua/statti/osoblivosti-efektivnogo-pozakorenevo-pidzivilennya-soyi-na-praktici> [in Ukrainian].
26. Sait kompanii SuperAgronom.com. Soia RZhT Sireliia vid RAZhT 2n. [Company website SuperAgronom.com. Soybean RZHT Sirelia from RAZHT 2n.]. Retrieved from <https://superagronom.com/nasinnya-soya/rzht-sireliya-id20585> [in Ukrainian].