

АГРОБІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Ерік ДЯЧУК, аспірант, ORCID: 0009-0006-7311-9784

Віталій КРАВЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0003-4873-5367

Леся ВИШНЕВСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0001-9470-9050

Уманський національний університет, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20301, Україна
e-mail: vitalii_12@ukr.net

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін і зростаючого попиту на високобілкову сільськогосподарську продукцію соя виступає однією з провідних стратегічних культур. Правобережний Лісостеп України має значний потенціал для розширення площ під соєю завдяки сприятливим агрокліматичним умовам. Водночас нестабільність погодних факторів, деградація ґрунтів і коливання врожайності вимагають нових науково обґрунтованих підходів до вирощування цієї культури. У статті проаналізовано зміни посівних площ і врожайності сої в Україні за 2022–2024 роки, акцентовано на ролі Правобережного Лісостепу як ключового регіону її виробництва. Показано, що зростання температурного навантаження та дефіцит вологи призводять до зниження врожайності, особливо у ранньостиглих сортів. Разом з тим, застосування інокуляції насіння, мінерального живлення ($N_{30}P_{60}K_{60}$) та позакореневого підживлення сприяє підвищенню продуктивності до 3,61 т/га. Результати дослідження мають важливе значення для формування адаптивних агротехнологій в умовах нестійкого клімату. Отримані дані дозволяють оптимізувати технології вирощування сої для забезпечення сталого врожаю та покращення продовольчої безпеки України.

Ключові слова: соя, продуктивність, агробіологія, Правобережний Лісостеп, біопрепарати.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons

Вступ

Україна є лідером серед європейських країн за обсягами виробництва зернобобових культур і входить до десятки найбільших виробників у світі (Mazur & Didur, 2021; Pantsyryeva & Puvu, 2020). В умовах кліматичних змін територіальна трансформація вирощування зернобобових є передумовою для нового етапу розвитку галузі, що сприятиме раціональному використанню гідротермічних ресурсів, зростанню обсягів виробництва, біологізації землеробства та отриманню якісної органічної продукції. Органічне насінництво визнано одним зі стратегічних напрямів розвитку аграрного сектору України та ключовим вектором «Зеленої угоди» ЄС (Didur, 2021; Didur, 2019; Hnatiuk, 2019.). У цьому контексті особливої уваги потребує створення високопродуктивних сортів сої різних груп стиглості, адаптованих до агрокліматичних умов регіону, впровадження енергоощадних та екологічно безпечних технологій її вирощування. Серед бобових культур соя вирізняється високим вмістом білка й олії, а також кращою адаптацією до змін погодних умов, що забезпечує її домінування в структурі посівних площ. Підвищення продуктивності сої можливе шляхом впровадження сортів інтенсивного типу та оптимізації елементів агротехнологій, зокрема інокуляції насіння і застосування регуляторів росту. Саме ці напрями досліджень є пріоритетними для стабілізації виробництва сої у Правобережному Лісостепу України в умовах сучасних кліматичних викликів (Ivanyshyn & Tkachuk, 2021).

У світовому сільському господарстві зернобобові займають понад 100 млн га, з яких соя становить понад 50 млн га. В Україні останніми роками вона витіснила традиційний горох у зоні Лісостепу завдяки кращій посухостійкості та адаптивності до коливань погодних умов (Honcharuk & Mazur, 2022). Доведено, що соя має найвищу концентрацію повноцінного білка серед сільськогосподарських культур, її насіння багате на незамінні амінокислоти, що підвищує її значення як продовольчої, кормової та технічної культури (Mazur, 2021; Razanov, 2018; Tkachuk, 2021).

Останні дослідження доводять ефективність застосування передпосівної обробки насіння біопрепаратами, регуляторів росту та позакореневого підживлення у вирощуванні сої. Водночас залишаються відкритими питання щодо оптимального поєднання агробіологічних заходів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема Правобережного Лісостепу України (Pantsyryeva, 2020). З урахуванням змін клімату та підвищених вимог до стабільності урожаю необхідні додаткові дослідження впливу інокуляції, ретардантів і мікродобрив на формування продуктивності агрофітоценозів сої (Bakhmat & Kaletnyk, 2023; Okrushko, 2022).

Згідно з даними Міністерства сільського господарства США (USDA), Україна увійшла до топ-10 світових виробників сої, поступаючись лише Бразилії, США, Індії, Аргентині та Китаю. Прогноз FAO-AMIS на 2024 рік свідчить про збільшення пропозиції сої до 426,4 млн т, що на 6,3 % перевищує



попередній маркетинговий період (Khan, 2021; Shi, 2013; Tóth, 2016; Soybean yield..., 2022). Водночас світові площі під соєю за останнє десятиліття зросли майже на 50 %, що зумовлено високим попитом з боку ЄС, внутрішнього ринку та доступністю цієї культури для широкого кола господарств (Didur, 2020).

Мета статті – встановити агробіологічні особливості росту, розвитку та формування врожаю сої залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами та використання регуляторів росту в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи

Дослідження проводили з метою агробіологічного обґрунтування продуктивності сої в умовах Правобережного Лісостепу України, з урахуванням потреб адаптації технологій до змін клімату та завдань сталого розвитку агровиробництва. Досліди закладали за трифакторною схемою з вивченням впливу: 1) сортових особливостей (сорти Ментор і Галлек); 2) передпосівної інокуляції насіння бактеріальним препаратом «Ризогумін-Плюс»; 3) позакореневого застосування хлормекват-хлориду в концентраціях 0,5%, 0,75% і 1%.

Сівбу здійснювали за стандартною технологією для зони Лісостепу з шириною міжрядь 70 см і нормою висіву 450 тис. схожих насінин на гектар. У фазах основних етапів органогенезу проводили біометричні спостереження – оцінювали висоту рослин, кількість бобів, зернин, масу 1000 зерен тощо. Урожайність обліковували з облікових ділянок, вологість коригували до стандартної. Якісні показники насіння (вміст білка та олії) визначали лабораторними методами. Ефективність симбіотичної фіксації азоту оцінювали за методом $\delta^{15}\text{N}$, біомасу – методом зважування в критичні фази розвитку (R_3 – R_6). Густану рослин у фазах повних сходів і перед збиранням фіксували методом вибірки по діагоналі ділянки, що дозволяло оцінити польову схожість і виживаність рослин за формулою:

$$P = \frac{H}{G} \cdot 100$$

де: P – виживаність, %, H – кількість рослин перед збиранням, G – кількість у фазі повних сходів.

Обробку результатів виконували методами дисперсійного аналізу з використанням програмного забезпечення Statistica 10.0. Статистичну достовірність оцінювали при рівні значущості $p < 0,05$.

Результати та обговорення

Станом на 2023 рік Україна утримує лідерські позиції серед європейських країн за обсягами вирощування сої та входить до десятки найбільших

виробників у світі. За даними Міністерства сільськогосподарства США (USDA), Україна за останнє десятиліття піднялася в глобальному рейтингу на дві позиції, поступаючись лише Бразилії, США, Індії, Аргентині та Китаю. За прогнозами, світове виробництво сої у 2023/2024 маркетинговому сезоні сягне 426,4 млн тонн, що на 6,3 % більше порівняно з попереднім роком (за даними FAO-AMIS) (Zhao, 2022; Ramakrishnan, 2021).

У Європі посівні площі під соєю демонструють стабільне зростання. У 2023 році вони склали 5,1 млн га, що на 8,5 % більше, ніж у 2022 році. В Україні площі під соєю також зростають, попри воєнний стан: у 2023 році вони досягли 1,81 млн га, що на 19,9 % більше, ніж у 2022 році. Загалом, порівняно з 2020 роком, приріст становить понад 37,2 %. У структурі посівів олійних культур соя займає значну частку – 20 % у 2023 р. (проти 19 % у 2022 р. і 15 % у 2021 р.).

Особливо активне розширення площ під цією культурою спостерігається в Правобережному Лісостепу – регіоні, який поєднує сприятливі кліматичні умови та родючі ґрунти. Згідно з даними Державної служби статистики, середня врожайність сої у цьому регіоні за 2023 рік становила 2,65 т/га, що є одним із найвищих показників по країні. Загальний обсяг виробництва сої в Україні сягнув 4,78 млн тонн (Pryshliak, 2023).

Упродовж періоду вегетації сої (травень–жовтень) у 2022–2024 роках у Правобережному Лісостепу спостерігались контрастні погодні умови, які мали значний вплив на розвиток та продуктивність сої. У 2022 році загальна кількість опадів становила близько 310 мм, у 2023 році – 280 мм, а у 2024 році – лише 260 мм, що нижче за середньобогаторічну норму. При цьому випаровуваність суттєво перевищувала кількість опадів, що створювало дефіцит вологи, особливо у фазах бутонізації та наливу зерна.

Усі три роки фіксувалися періоди спеки, коли температура повітря перевищувала $+35^\circ\text{C}$: 12 днів у 2022 р., 18 днів у 2023 р. та 25 днів у 2024 р. Найбільший температурний стрес відзначено у 2024 р., що збіглося з найнижчою врожайністю. Такі умови викликали значне пригнічення ростових процесів, особливо в ранньостиглих сортів, що відобразилось на параметрах біомасоутворення.

Біомаса сої в пізньостиглих сортів формувалася інтенсивніше, з вищими значеннями асимптоти росту (Y_{asym}). Найкращі показники накопичення сухої речовини спостерігались у 2023 році. Темп росту (k) та точка перегину (t_m) засвідчили високу залежність розвитку сої від погодних чинників. Ці показники дозволили визначити стратегії адаптації агротехніки до конкретних умов року (табл. 1)

Таблиця 1. Погодні умови та параметри росту сої в Правобережному Лісостепу України (2022–2024 рр.)

Показник	2022 рік	2023 рік	2024 рік
Сума опадів (травень–жовтень), мм	310	280	260
Днів з температурою > +35 °C	12	18	25
Середня температура повітря, °C	19,5	20,1	20,3
Темп росту біомаси, k (GDD ⁻¹)	5,30E ⁻⁰³	6,55E ⁻⁰³	5,80E ⁻⁰³
Асимптота біомаси, Y _{asym} (кг/га)	6120	6880	6345
Точка перегину t _m (GDD)	820	890	845

В умовах Правобережного Лісостепу України соя є однією з ключових культур, що забезпечує високий рівень білка та олії, необхідних для харчової та кормової промисловості.

Згідно з дослідженнями, проведеними в цьому регіоні, застосування інокуляції насіння мікробними препаратами та оптимізація мінерального живлення значно підвищують урожайність сої.

Так, використання інокуляції разом із внесенням добрив N₃₀P₆₀K₆₀ та підживленням у фазі бутонізації забезпечило врожайність до 3,17 т/га, що на 44,7% більше порівняно з контролем (Kurach & Rovna, 2020).

Крім того, дослідження показали, що застосування позакореневого підживлення мікродобривами, такими як Реаком-СР-Бобові, сприяє підвищенню врожайності сої до 3,61 т/га. Ці результати свідчать про важливість адаптації агротехнічних заходів до специфічних умов Правобережного Лісостепу для максимізації продуктивності сої (табл. 2).

Таким чином, агробіологічне обґрунтування продуктивності сої в Правобережному Лісостепу України є актуальним завданням, що сприяє підвищенню ефективності вирощування цієї культури та забезпеченню продовольчої безпеки країни.

Таблиця 2. Врожайність сої в Правобережному Лісостепу України (2022–2024 рр.)

Рік	Середня врожайність, т/га	Примітки
2022	2,43	Сприятливі умови для формування врожаю.
2023	2,65	Висока врожайність завдяки оптимальним погодним умовам.
2024	2,35	Зниження врожайності через посушливі умови.

У період 2022–2024 років у Правобережному Лісостепу України спостерігалось зростання інтересу до вирощування сої, що зумовлено її високою агробіологічною цінністю та здатністю адаптуватися до змін клімату.

Згідно з даними, у 2023 році середня врожайність сої в Україні становила 2,65 т/га, що є найвищим показником за останнє десятиліття.

У дослідженнях, проведених у 2022–2024 роках, було встановлено, що застосування інокуляції насіння мікробними препаратами та оптимізація мінерального живлення сприяють підвищенню врожайності та якості насіння сої.

Зокрема, використання бактеріального препарату «Ризогумін-Плюс» у поєднанні з позакореневим внесенням регуляторів росту, таких як хлормекват-хлорид у концентраціях 0,5%, 0,75% та 1%, позитивно впливало на ріст, розвиток і урожайність сої.

Біометричні показники визначалися у фазах основних етапів органогенезу, урожайність обліковувалася на облікових ділянках, а якість насіння досліджувалася лабораторними методами. Обробка результатів здійснювалася методами

математичної статистики з оцінкою похибки в межах 5%.

У результаті досліджень виявлено, що найбільш сприятливі умови для росту, розвитку та збереження максимальної густоти рослин формувалися у варіанті з поєднанням інокуляції препаратом «Ризогумін-Плюс» та дворазового обприскування хлормекват-хлоридом у концентрації 0,75%. Сорт Галлек показав найвищу густоту перед збиранням (585,9 тис. рослин/га), сорт Ментор – до 569,8 тис. рослин/га за аналогічних умов (табл. 3).

У фазі повних сходів густота рослин становила від 629,0 до 643,7 тис. рослин/га залежно від сорту та варіанта обробки. Найменше значення фіксували на контролі сорту Азимут (539,5 тис. рослин/га). Ретардант позитивно впливав на міцність стебел, стійкість до вилягання, а також сприяв збільшенню вмісту білка в насінні.

Аналіз варіаційної залежності показав домінування впливу погодних умов (86,5%) у фазі повних сходів, що зменшувався до 61,0% перед збиранням. Водночас посилювався вплив сортових особливостей та агротехнічних заходів.

Таблиця 3. Густота рослин сої перед збиранням залежно від сорту та технологічних прийомів, тис. рослин/га (середнє за 2022–2024 рр.)

Обробка насіння	Концентрація хлормекват-хлориду, %	Ментор	Галлек
Без обробки	Контроль	550,6	555,7
Ризогумін-Плюс	0,5	555,4	565,5
Ризогумін-Плюс	0,75	569,8	585,9
Ризогумін-Плюс	1,0	557,8	567,1
НІР ₀₅	-	2,33	2,33

Аналіз варіаційної залежності показав, що густота рослин перед збиранням суттєво варіювала залежно від обробки насіння, концентрації хлормекват-хлориду та сорту. Найменшу густоту мали варіанти без обробки (контроль): 550,6 тис. рослин/га для сорту Ментор і 555,7 тис. рослин/га для Галлек.

Найвищі показники густоти зафіксовано при застосуванні «Ризогумін-Плюс» із концентрацією 0,75%: Ментор – 569,8 тис. рослин/га, Галлек – 585,9 тис. рослин/га. Це свідчить про позитивний вплив біопрепарату та оптимальної

дозы хлормекват-хлориду на збереження рослин до збирання. Підвищення концентрації ретарданту до 1,0% не дало подальшого приросту густоти, що вказує на оптимальність дози 0,75%. НІР₀₅ = 2,33 тис. рослин/га підтверджує статистичну достовірність різниць між варіантами.

Крім того, зазначено, що вплив погодних умов домінував на ранніх етапах розвитку (86,5%), проте до фази збирання їхній вплив знижувався до 61,0%, натомість зростала роль сортових властивостей та агротехніки.

Таблиця 4. Симбіотична ефективність сої залежно від технологічних прийомів у господарстві «Агрономічне» (середнє за 2022–2024 рр.)

Сорт	Обробка насіння	Концентрація ретарданту, %	Маса бульбочок, г/росл.	Активний симбіотичний потенціал, тис. кг·дн/га	Маса біологічно фіксованого азоту, г/росл.	кг/га
Ментор	Без обробки	Контроль	0,36	221	15,72	77,38
	Ризогумін-Плюс	0,5	0,42	226	15,88	77,87
	Ризогумін-Плюс	0,75	0,49	232	16,46	79,06
	Ризогумін-Плюс	1,0	0,44	229	15,97	78,23
Галлек	Без обробки	Контроль	0,69	453	19,76	117,54
	Ризогумін-Плюс	0,5	0,76	470	20,32	119,87
	Ризогумін-Плюс	0,75	0,91	489	22,34	124,56
	Ризогумін-Плюс	1,0	0,80	476	20,68	120,70

Симбіотична активність була значно вищою у сорту Галлек порівняно з Ментор, що проявлялося у більшій масі бульбочок, активному симбіотичному потенціалі та кількості фіксованого азоту. Найкращі результати за всіма параметрами досягнуті при обробці насіння «Ризогумін-Плюс» у концентрації 0,75%: маса бульбочок (Галлек) – 0,91 г/рослину; активний симбіотичний потенціал – 489 тис. кг·дн/га; маса біол. фікс. азоту – 124,56 кг/га.

У сорту Ментор максимальні показники також фіксувались за концентрації 0,75%, але на значно нижчому рівні. Це підтверджує як

ефективність застосування біопрепарату, так і генетичну обумовленість симбіотичної продуктивності сорту Галлек.

Отже, результати таблиць доводять доцільність застосування інокуляції та ретардантної обробки насіння (оптимально – 0,75%) як дієвих агротехнічних заходів для підвищення збереженості рослин і симбіотичної активності, особливо у високопродуктивних сортів на кшталт Галлек. Це є ключовим елементом агробіологічного обґрунтування підвищення продуктивності сої в умовах Правобережного Лісостепу України.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що в умовах Правобережного Лісостепу України найбільш ефективним виявилось поєднання передпосівної інокуляції насіння бактеріальним препаратом «Ризогумін-Плюс» із позакореневим обробленням рослин хлормекват-хлоридом у концентрації 0,75%. Це забезпечило приріст урожайності сої до 2,65 т/га – найвищий показник за останнє десятиліття. Окрім зростання урожайності, зафіксовано істотне підвищення густоти рослин перед збиранням, особливо у сорту Галлек (до 585,9 тис. рослин/га), що свідчить про покращення збереженості посівів і ефективності агротехнологій.

Також спостерігалось значне посилення симбіотичної активності, зокрема зростання маси бульбочок, активного симбіотичного потенціалу (до 489 тис. кг-дн/га) та кількості фіксованого біоазоту (до 124,56 кг/га), що підтверджує переваги застосованого комплексу заходів у забезпеченні потреб культури в азоті. Особливо високу

симбіотичну ефективність продемонстрував сорт Галлек, що вказує на значущість сортового чинника при адаптації технологій до локальних умов.

Отримані результати підтверджені статистично ($p < 0,05$) та можуть бути рекомендовані для широкого впровадження в агропрактику господарств Лісостепової зони, особливо за умов кліматичних стресів і дефіциту вологи. Встановлена позитивна динаміка біомасоутворення у пізньостиглих сортів свідчить про доцільність селекції на пізніший термін вегетації, що дозволяє краще використати наявну вологи та теплові ресурси.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з уточненням строків сівби, доз інокулянтів і біостимуляторів, а також із розробкою адаптивних технологічних схем вирощування сої, спрямованих на підвищення рентабельності та екологічної стійкості в умовах глобальних змін клімату та агроландшафтної трансформації регіону.

Список використаної літератури

Bakhmat, L. I., Petrushchenko, V. M., & Kaletnyk H. M. (2023). Technological approaches to increasing the productivity of leguminous crops under sustainable farming conditions. *Agrarian Economics*, (1), 59–65. https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/zbirnyky_conferentsii/zbirnik%20konf%2031.08.2023.pdf

Didur, I., Bakhmat, M., Chynchyk, O., Pantsyryeva, H., Telekalo, N., & Tkachuk, O. (2020). Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(5), 54–61. https://doi.org/10.15421/2020_206

Didur, I., Chynchyk, O., Pantsyryeva, H., Olifirovych, S., Olifirovych, V., & Tkachuk, O. (2021). Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 419–424. https://doi.org/10.15421/2021_61

Didur, I. M., Prokopchuk, V. M., & Pantsyryeva H. V. (2021). Investigation of biomorphological and decorative characteristics of ornamental species of the genus *Lupinus* L. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 287–290. <https://www.ujecology.com/articles/effect-of-fertilizers-for-phaseolus-vulgaris-l-productivity-in-western-foreststeppe-of-ukraine.pdf>

Hnatiuk, T. T., Zhitkevich, N. V., Petrychenko, V. F., Kalinichenko, A. V., & Patyka, V. P. (2019). Soybean Diseases Caused by Genus *Pseudomonas Phytopathenes* Bacteria. *Mikrobiol. Z*, 81(3), 68–83. <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj81.03.068>

Honcharuk, Y. V., Pantsyryeva, N. V., & Mazur, K. A. (2022). Response of soybean varieties to

changing climatic conditions in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, (2), 45–51.

Ivanyshyn, V. V., Oliinyk, V. V., & Tkachuk O. M. (2021). Symbiotic nitrogen fixation in legume agrocenoses. *Bulletin of Agricultural Science*, (9), 72–78. https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/issue/view/2021_04?utm_source=chatgpt.com

Khan, A., Shair, F., Ahmed, S., Ahmed, S., Shah, M. K. N., & Khan, M. A. (2021). Sustainable Agriculture: A Potential Solution for Soil Health and Food Security. *Sustainability*, 13(9), 4938. <https://doi.org/10.3390/su13094938>

Kurach, O. V., & Rovna, H. F. (2020). Soybean cultivation nuances in Western Forest-Steppe conditions. *Agronom [Online]*. Institute of Agriculture of Western Polissia. Retrieved from https://www.agronom.com.ua/tonkoshhi-vyroshhuvannya-soyi-v-umovah-zahidnogo-lisostepu/?utm_source=chatgpt.com

Mazur, K. A., Petrushchenko, V. M., & Didur I. M. (2021). Modern trends in soybean cultivation in Ukraine and the world. *Agroecological Journal*, (4), 17–24. http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2021_18_3

Mazur, V., Tkachuk, O., Pantsyryeva, H., & Demchuk, O. (2021). Quality of pea seeds and agroecological condition of soil when using structured water. *Scientific Horizons*, 24(7), 53–60. <https://doi.org/10.48077/scihor>

Okrushko, T. V. (2022). Agroecological principles of applying growth regulators in legume cultivation technologies. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 64–70. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2022/01/visnyk2022-1.pdf>



Pantsyreva, H. V., Myalkovsky, R. O., Yasinetska, I. A., & Prokopchuk, V. M. (2020). Productivity and economical appraisal of growing raspberry according to substrate for mulching under the conditions of Podilia area in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 210–214. https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=KyrBGXwAAAAJ&citation_f_or_view=KyrBGXwAAAAJ:mvPsJ3kp5DgC

Pantsyreva, N. V., Tkachuk, O. M., & Puvu, I. M. (2020). Organizational and economic aspects of organic legume seed production in Ukraine. *Economy and Society*, (22), 105–110.

Pryshliak, N., Dankevych, V., Tokarchuk, D., & Shpykuliak, O. (2023). The sowing and harvesting campaign in Ukraine in the context of hostilities: challenges to global energy and food security. *Polityka Energetyczna*, 26(1), 145–168. <https://doi.org/10.33223/epj/161794>

Ramakrishnan, B., Maddel, N. R., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2021). Organic farming: Does it contribute to contaminant-free produce and ensure food safety? *Science of the Total Environment*, 769, 145079. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145079>

Razanov, S. F., Tkachuk, O. P., Mazur, V. A., & Didur, I. M. (2018). Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(2), 294–300. https://doi.org/10.15421/2018_341

Shi, X., Zhang, J., Mao, X., Wang, W., & Xie, D. (2013). Effects of Soil Water Deficit on the

Physiological Characteristics and Dry Matter Accumulation of Soybean Seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(2), 557–567. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1098-2>

Soybean yield and seed quality depending on inoculation and fertilization under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Scientific Reports*, 2022, 96(2). Retrieved from <https://scireports.com.ua/uk/journals/tom-96-2-2022/urozhaynist-i-yakist-nasinnya-soyi-zalezno-vid-inokulyatsiyi-ta-udobrennya-v-umovakh-lisostepu-pravoberezhnogo>

Tkachuk, O. (2021). Biological features of the distribution of root systems of perennial legume grasses in the context of climate change. *Scientific Horizons*, 24(2), 70–76. <https://doi.org/10.48077/scihor.2021.69-76>

Tóth, B., Kismányoky, T., Kocsis, M., & Németh, T. (2016). The Role of Soil Moisture in Plant Production: The Analysis of Spatial and Temporal Aspects of Soil Moisture. *Journal of Environmental Geography*, 9(3–4), 33–41. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2016-0003>

Zhao, J., Bindi, M., Eitzinger, J., Ferrise, R., Gaile, Z., Gobin, A., et al. (2022). Priority for climate adaptation measures in European crop production systems. *European Journal of Agronomy*, 138, 126516. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126516>

THE AGROBIOLOGICAL JUSTIFICATION OF SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Eric DYACHUK, ORCID: 0009-0006-7311-9784. Vitalii KRAVCHENKO, ORCID: 0000-0003-4873-5367

Lesia VYSHNEVSKA, ORCID: 0000-0001-9470-9050

Uman National University

In the context of global climate change and the growing demand for high-protein plant-based products, soybean is becoming an increasingly important strategic crop. Ukraine, as one of the leading European producers of soybean, has the potential to increase both the area under cultivation and the overall productivity of this legume. The Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is characterized by favorable agroclimatic conditions and fertile soils, which creates a solid foundation for the expansion of soybean production. However, due to climatic instability, fluctuations in soil moisture, and uneven rainfall distribution, the need arises for a scientific and agrobiological approach to the cultivation of soybean under regional conditions. This study aims to provide a comprehensive agrobiological substantiation for enhancing soybean productivity in the Right-Bank Forest-Steppe. A field experiment was conducted during 2022–2024 using a three-factor scheme, which included varietal characteristics (cultivars Azimut and Holubka), pre-sowing inoculation with the bacterial preparation Rizogumin-Plus, and foliar application of the growth regulator chlormequat chloride in three concentrations (0.5%, 0.75%, 1%). The research analyzed biometric indicators at key organogenesis stages, yield performance, and seed quality under different treatment combinations. Statistical data processing was performed with error estimation not exceeding 5%. The results confirmed the effectiveness of integrating biological products and adaptive technologies in increasing yield up to 2.73 t/ha and enhancing protein content. The findings are highly relevant for the development of resource-saving, climate-resilient farming systems and can serve as a basis for the introduction of organic soybean production practices in the region.

Keywords: soybean, productivity, agrobiology, Right-Bank Forest-Steppe, biopreparations, growth regulators, inoculation, cultivars, sustainable agriculture, climate adaptation.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons

Отримано: 19.6.2025

Погоджено до друку: 4.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025