



УДК 633.34: 631.51.01

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.18>

ВПЛИВ ГЛИБИНИ Й СПОСОБУ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА НАСІННЄВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ В ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. М. Зубко¹, С. І. Бердін², М. О. Романенко³

З огляду на те що соя є стратегічною бобовою культурою України, потенціал її врожайності значною мірою визначається станом кореневого шару, рівнем вологозабезпечення й ефективністю біологічної фіксації азоту, а отже, системою й глибиною основного обробітку ґрунту. В умовах помірно континентального клімату України (з високою варіацією кількості опадів і температур) вибір оптимальної глибини й способу основного обробітку є одним із ключових факторів стабільної врожайності. З огляду на це, у 2023–2024 роках проведено дослідження з метою визначення раціонального прийому основного обробітку ґрунту під сою, який забезпечує формування високої врожайності й насінневої продуктивності. Дослідження проводили в зоні північно-східного Лісостепу за схемою, що включала глибоке рихлення на 27 см; дискування у два сліди на 14 см; плоскорізний обробіток на 22 см; оранку на 22 см (контроль). Основний обробіток виконували в першій декаді серпня, норма висіву становила 0,4 млн. шт./га. Сівбу сорту Сіврка проводили в першій декаді травня, збирання – у другій декаді вересня. Вивчення різних способів основного обробітку ґрунту (з обертанням і без обертання пласта, включно з оранкою, плоскорізним, мілким і глибоким рихленням) показало, що глибина обробітку є визначальним фактором у забезпеченні оптимальної щільності, вологості й аерації орного шару. Найвищі показники польової схожості, кількості бобів на рослину та маси 1000 насінин спостерігалися за зяблевого глибокого рихлення на глибину 27 см, що забезпечувало кращий водно-повітряний режим і розвиток кореневої системи. Урожайність сої за глибокого рихлення перевищувала інші способи основного обробітку в середньому на 3,6%, а вихід насінневої фракції становив 74,8%, що свідчить про формування якісного насінневого матеріалу. Економічні розрахунки підтвердили доцільність цього прийому: собівартість 1 т насіння була на 1,6–2,7% нижчою, ніж за оранки, за збереження високої якості насіння.

¹ аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства
(Сумський національний аграрний університет, м. Суми)
e-mail: andb201727@ukr.net
ORCID: 0009-0003-2728-2116

² кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри селекції і насінництва
(Сумський національний аграрний університет, м. Суми)
e-mail: serber00@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2337-4107

³ магістр спеціальності 201 «Агрономія»
(Сумський національний аграрний університет, м. Суми)
e-mail: romanenko_MO@ukr.net
ORCID: 0009-0007-1064-1767

Отже, зяблеве глибоке рихлення на глибину 27 см є найбільш ефективним агротехнічним прийомом у посушливих умовах північно-східного Лісостепу, оскільки забезпечує оптимальні фізичні властивості ґрунту, підвищує насінневу продуктивність і є економічно обґрунтованим рішенням.

Ключові слова: оранка, мілкий обробіток, плоскорізний обробіток, глибоке рихлення, структура врожаю, насіннева продуктивність.

INFLUENCE OF THE DEPTH AND METHOD OF PRIMARY TILLAGE ON THE SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN IN THE NORTH-EASTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

O. M. Zubko, S. I. Berdin, M. O. Romanenko

Considering that soybean is a strategic legume crop in Ukraine, its yield potential is largely determined by the condition of the root layer, the level of moisture supply, and the efficiency of biological nitrogen fixation – all of which depend on the system and depth of primary tillage. Under the moderately continental climate of Ukraine (characterized by high variability in precipitation and temperature), selecting the optimal tillage depth and method is one of the key factors ensuring yield stability. In this context, a study was conducted during 2023–2024 to determine the most rational method of primary tillage for soybean that would ensure high yield and seed productivity. The research was carried out in the North-Eastern Forest-Steppe zone according to a scheme that included: deep loosening to a depth of 27 cm; double disking to a depth of 14 cm; flat-cut tillage to a depth of 22 cm; and plowing to a depth of 22 cm (control). The main tillage was performed in the first ten days of August, with a seeding rate of 0.4 million seeds per hectare. Sowing of the variety Siverka was carried out in the first ten days of May, and harvesting took place in the second ten days of September. The study of different tillage methods (with and without soil inversion, including plowing, flat-cut, shallow, and deep loosening) showed that tillage depth is the determining factor in achieving optimal soil density, moisture, and aeration of the arable layer. The highest values of field germination, number of pods per plant, and 1000-seed weight were observed under deep autumn loosening to a depth of 27 cm, which provided better water – air balance and root system development. Soybean yield under deep loosening exceeded other tillage methods by an average of 3.6%, and the proportion of the seed fraction reached 74.8%, indicating the formation of high-quality seed material. Economic calculations confirmed the efficiency of this method: the production cost of 1 ton of seed was 1.6–2.7% lower than under plowing, while maintaining high seed quality. Thus, deep autumn loosening to a depth of 27 cm is the most effective agrotechnical method under the dry conditions of the North-Eastern Forest-Steppe, as it ensures optimal soil physical properties, increases seed productivity, and represents an economically justified solution.

Key words: plowing, shallow tillage, flat-cut tillage, deep loosening, yield structure, seed productivity.

Вступ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – стратегічна бобова культура України, що поєднує високу харчову, кормову й економічну цінність. Вихід насіння з одного гектара посіву сої значною мірою залежить від рівня вологозабезпечення, структури ґрунту й ефективності біологічної фіксації азоту, що, у свою чергу, визначається параметрами основного обробітку ґрунту. Глибина оранки формує фізичні властивості ґрунту – його щільність, структурність, водно-повітряний режим, розподіл поживних речовин, а також впливає на розвиток кореневої системи та утворення бульбочок. В умовах північно-східного Лісостепу України, де спостерігається значна мінливість опадів і температур, вибір раціональної глибини та способу основного обробітку є одним із провідних чинників стабільного формування врожайності сої

(Вожегова та ін., 2021; Гангур та ін., 2021; Кунічак та ін., 2023).

Структура орного шару (щільність, наявність «плужної підшви», пористість, агрегатний склад) формується системою основного та передпосівного обробітку. Будь-яке втручання – обробіток ґрунту на будь-яку глибину чи проходи техніки – змінює опір ґрунту кореню, аерацію, розподіл вологи й елементів живлення. Нераціональний обробіток або підвищена кількість проходів техніки, як правило, призводять до надмірної щільності й створення «плужної підшви». Соя має підвищену чутливість до бар'єрного горизонту, що пояснюється обмеженням аерації: з одного боку, це знижує ефективність симбіозу з азотфіксуючими бактеріями, а з іншого – перешкоджає проникненню коренів до запасів вологи в підорному шарі. Руйнування

«підшови» з формуванням відносно розпушеного шару на глибину 30–40 см сприяє як зростанню кореневої маси, так і функціонуванню симбіотичного апарату. Це, у кінцевому підсумку, позитивно позначається на врожайності зерна. Крім того, при мілкому основному обробітку ґрунту зростає його щільність унаслідок трафіку техніки. У такому разі особливу увагу необхідно приділяти діагностиці пенетрометром і точково усувати ущільнення глибоким розпушуванням (Середа та ін., 2020; Заболотний, 2020, Зубко і Комісар, 2020).

На вибір способу та глибини основного обробітку під сою значною мірою впливає зона її вирощування. Так, в умовах південного Степу врожайність залежно від способу обробітку становила: оранка (28–30 см) – 3,80 т/га, чизелювання (28–30 см) – 3,94 т/га, дискування (12–14 см) – 3,88 т/га, no-till – 3,30 т/га. Водночас у північній частині цієї зони оранка (20–22 см) є більш ефективним способом. В умовах Лісостепу поглиблення до 27–30 см без використання полиць, порівняно з глибиною обробітку плоскорізом на 20–22 см, забезпечує приріст урожайності до 0,26–0,32 т/га. Ефект зумовлений руйнуванням ущільненого горизонту й поліпшенням волого- та газообміну. У виробничих умовах це узгоджується з класичними рекомендаціями: зяблева оранка під сою 28–30 см (після просапних – 25–27 см) є базовим прийомом (Єщенко і Пясецький, 2012).

Низка виробничих і дослідних даних у лісостеповій зоні свідчать, що врожайність при оранці становить 1,97–2,54 т/га, а при чизелюванні – 1,80–2,62 т/га. Ці показники можуть бути зіставними. Вирішальний вплив на врожайність мають система удобрення й боротьба з бур'янами. При правильно підібраній системі живлення чизелювання не поступається оранці, зберігаючи переваги щодо збереження вологи та меншого ущільнення ґрунту. У практиці господарств часто застосовують глибоке розпушування або глибоку оранку до 30 см під сою після соняшнику з мінімальними весняними проходами для закриття вологи (Огурцов та ін., 2016).

Зміни ґрунтових показників під впливом основного обробітку відбиваються насамперед на ростових показниках сої (висота, ступінь розгалуження), а також на елементах структури врожаю (кількість вузлів і гілок, бобів на рослину, насіння у бобі, маса 1000 насінин) і, у кінцевому підсумку, на врожайності (Mulazzani et al., 2022).

Оптимізація фізичних параметрів ґрунту підвищує рівномірність сходів і сприяє росту рослин, їх розгалуженню залежно від густоти, освітленості й сорту. Водночас зменшення макропористості обмежує ріст коренів, погіршує постачання кисню та формування бульбочок, змищує коренезаселений шар угору. У результаті рослини формуються низькорослими, з меншою кількістю вузлів і бічних пагонів; зменшується кількість бобів на рослину та маса 1000 насінин (Андрусик, 2025).

Варто розуміти, що збільшення вегетативної маси зовсім не гарантує високий урожай: ключовими детермінантами продуктивності є кількість вузлів і бобів на рослині. За достатнього зволоження компактні, невисокі рослини нерідко формують більше плодів завдяки більш розвиненому розгалуженню й інтенсивному вузлоутворенню (Carciochi et al., 2019).

З урахуванням агрометеорологічних умов 2023–2024 років проведено дослідження з метою визначення раціонального прийому основного обробітку ґрунту під сою, який забезпечує формування високої врожайності й насінневої продуктивності.

Завданнями дослідження були уточнення оптимальних способу та глибини основного обробітку ґрунту, а також оцінка їх впливу на структурні показники врожаю, загальну врожайність і вихід насіння з одиниці площі.

Матеріал і методи

Дослідження проводили у 2023–2024 роках у зоні північно-східного Лісостепу за такою схемою експерименту з вивчення ефективності прийомів основного обробітку ґрунту: 1. Глибоке розпушування на 27 см (STROM LINE – 1,2); 2. Дискування на глибину 14 см (у два сліди, БДТ-7); 3. Плоскорізний обробіток на глибину 22 см (КПП-2-150); 4. Оранка на глибину 22 см (контроль, ПАН-4-35).

Польові дослідження проводили відповідно до методики випробування державних сортів сільськогосподарських культур (Волкодав, 2001). ґрунт ділянки, на якій закладено польовий дослід, – чорнозем типовий малогумусний. Уміст гумусу – 4,6%; доступного фосфору – 22 мг/100 г ґрунту; обмінного калію – 9 мг/100 г ґрунту; pH – 5,9. Попередником сої в сівозміні була пшениця озима.

Розміщення варіантів у досліді – систематичне, повторність – чотириразова. Площа облікової ділянки – 2 га. Агротехніка вирощування сої в досліді була загальноприйнята

для регіону. Основний обробіток проводили в першій декаді серпня. Норма висіву – 0,4 млн. шт./га. Сівбу сорту Сіверка в роки досліджень здійснювали в першій декаді травня, збирання – у другій декаді вересня.

Кліматичні умови років досліджень були несприятливими з погляду насінневої продуктивності посівів. Так, 2023 рік загалом характеризувався відносно прийнятним стартом, але тепло-сухим фіналом (кінець серпня – початок вересня), що підвищувало ризики зниження маси 1000 насінин і частки виконаних зерен у посівах. Сезон 2024 року відзначався стійким дефіцитом вологи з весни та піком посухи в липні-серпні, у поєднанні з частими днями з температурою +30...+37 °С. Для сої це означало високий ризик редукції зав'язей, підвищення частки «порожніх» або дрібних насінин і зниження маси 1000 насінин.

Ефективність способів обробітку оцінювали відповідно до методики визначення біоенергетичної ефективності агротехнічних заходів (Коваленко, 2022). Результати експерименту обробляли методом дисперсійного аналізу.

Результати та їх обговорення

Одним із показників якості основного обробітку є його вплив на формування забур'яненості полів. Основним методом боротьби з бур'янами нині є хімічний спосіб. Однак навіть найсучасніші гербіциди не гарантують повного знищення бур'янів.

Результати підрахунку кількості бур'янів у посівах (табл. 1) показали, що у фазі сходів сої, тобто до застосування гербіцидів, найнижча забур'яненість (57,0 шт./м²) спостерігалася в посівах після оранки, а найвища – у варіантах із глибоким розпушуванням на 27 см без обороту пласта (115,4 шт./м²) та плоскорізним обробітком на глибину 22 см (111,2 шт./м²). Таким чином, рівень забур'яненості при безполіцевому обробітку

був майже у два рази вищим порівняно з контролем. Засміченість посівів сої після дискування на глибину 14 см (97,0 шт./м²) була більшою, ніж після оранки, але нижчою, ніж після глибокого розпушування та плоскорізного обробітку.

Завдяки обробці посівів гербіцидами вдалося істотно знизити забур'яненість і звести чисельність бур'янів до незначного рівня. Проте навіть за таких умов забур'яненість у посівах після оранки залишалася дещо нижчою, ніж за інших прийомів основного обробітку ґрунту.

Проведені дослідження показали, що вищі запаси продуктивної вологи в ґрунті відзначалися за обробітку на глибину 22 см і більше. Тому природно, що на цих варіантах волога ефективніше використовувалася рослинами, що позитивно позначилося на показниках структури врожаю.

У наших дослідках значення всіх параметрів, які характеризують структуру врожаю, істотно не відрізнялися, що свідчить про високу пластичність і добру адаптивність досліджуваного сорту сої до умов вирощування (табл. 2).

Під час вибору агротехнічних прийомів необхідно враховувати, що теоретичною основою мінімізації обробітку ґрунту є положення, згідно з яким рівноважна щільність чорноземів перебуває в межах біологічного оптимуму для обраної культури (Zakharchenko, 2024). Дослідження показали, що на початку вегетації рослини сої забезпечували найповніші сходи саме за використання дворазового дискування як основного обробітку й за оранки.

Отримані дані свідчать, що структурні показники врожаю перевищували показники при мілкому розпушуванні ґрунту (на 7–9%) за умови поглиблення обробітку до 22 см і більше. Показники структури врожаю, отримані за плоскорізного обробітку,

Таблиця 1
Вплив основного обробітку на засміченість посівів сої (2023–2024 роки)

Основний обробіток	Кількість бур'янів в посівах сої, шт./м ²			
	у фазі сходів		перед збиранням	
	усього	у тому числі, багаторічних	усього	у тому числі, багаторічних
1. Глибоке рихлення	115,4	5,9	15,4	1,7
2. Дискування	97,0	6,3	16,0	2,0
3. Плоскорізний обробіток	111,2	5,1	13,6	1,7
4. Оранка (контроль)	57,0	4,7	11,9	1,5

Джерело: сформовано автором.

Таблиця 2

Вплив основного обробітку на схожість і структурні показники урожайності зерна сої (2023–2024 роки)

Основний обробіток	Схожість, %	Висота рослини, см	Кількість насінин шт./рослину	Маса 1000 насінин, г
1. Глибоке рихлення	74,1	84	31,5	192,1
2. Дискування	79,4	78	30,7	172,4
3. Плоскорізний обробіток	73,8	82	31,7	188,5
4. Оранка (контроль)	82,9	83	31,2	189,2
НІР ₀₅	3,3	2,4	0,5	1,6

Джерело: сформовано автором.

несуттєво відрізнялися від показників, отриманих після оранки на ту ж глибину. Подібна тенденція за більшістю елементів структури врожаю спостерігалася й за глибокого розпушування, винятком стала маса 1000 насінин. За обробітку ґрунту на глибину 27 см цей показник достовірно перевищував інші як у середньому за роки досліджень, так і за окремими роками.

Несприятливі температурні умови в період вегетації дали змогу виявити недоліки дрібного обробітку. За високих температур і недостатніх запасів вологи цей спосіб обробітку ґрунту не забезпечував умов, наближених до біологічного оптимуму під час формування зерна. У результаті на посівах із мілким обробітком розвивалися відносно невисокі рослини, маса 1000 насінин у яких була меншою, ніж за інших варіантів досліджу.

Проведені дослідження підтвердили значний вплив глибини обробітку на врожайність сої. За фактичних погодних умов під час польових досліджень найефективнішим виявився варіант із глибоким розпушуванням. Мілкий обробіток ґрунту достовірно знижував урожайність зерна порівняно з іншими способами основного обробітку (табл. 3).

Насіннєва врожайність посівів сої в більшій мірі залежала від глибини обробітку, ніж від способів основного обробітку ґрунту. Найвищий вихід насіння отримано за глибокого розпушування – 1,74 т/га. У цьому варіанті вихід насіннєвої фракції в середньому за роки досліджень становив 74,8%, що на 1,1–1,4% більше, ніж за обробітку ґрунту на глибину 22 см. Це пояснюється більшою вирівняністю насіння під час збирання врожаю.

Мілкий обробіток ґрунту суттєво знижував вихід насіння з гектара через значне варіювання розмірів насінин під час збирання. У результаті насіннєва продуктивність посівів у цьому варіанті була на 24,4% нижчою порівняно з контрольним.

Для уточнення економічної ефективності різних способів основного обробітку ґрунту проведено розрахунки витрат на їх застосування. За даними різних літературних джерел, глибоке розпушування забезпечує економію витрат у межах 10–25% у розрахунку на одиницю площі порівняно з оранкою; плоскорізний обробіток – 20–40%, а дискування – 35–55% (Компанієць та ін., 2016; Дудка і Павлов, 2022).

Під час розрахунку ефективності способів основного обробітку витрати на їх

Таблиця 3

Вплив основного обробітку ґрунту на показники урожайності сої (2023–2024 роки)

Основний обробіток	Урожайність зерна, т/га	Вихід насіннєвої фракції, %	Вихід насіння з 1 га посівів
1. Глибоке рихлення	2,32	74,8	1,74
2. Дискування	1,89	67,2	1,27
3. Плоскорізний обробіток	2,24	73,4	1,64
4. Оранка (контроль)	2,28	73,7	1,68
НІР ₀₅	0,21		

Джерело: сформовано автором.

виконання переведено з показника «грн/га» у собівартість 1 т насіння. Як показали результати (рис. 1), насіннева врожайність щодо контрольного варіанта помітно відрізнялася між собою. Так, мілкий обробіток забезпечив лише 75,6% від виходу насіння контрольного варіанту. Інші способи відрізнялися від контролю незначно – на 2,4–3,6%.

З урахуванням відмінностей у виході насіння встановлено, що економічна ефективність усіх способів була близькою між собою й лише на 1,6–2,7% нижчою за контрольну за показником собівартості.

Вивчивши різні способи основного обробітку ґрунту – з обертанням і без обертання

шару ґрунту; із застосуванням різної глибини (мілкий, середній і глибокий), установили, що в посушливих умовах із підвищеними температурами під час формування зерна, які спостерігалися у 2023–2024 роках у зоні північно-східного Лісостепу, найбільш доцільним є проведення зяблевого глибокого розпушування на глибину 27 см. Цей прийом забезпечує формування високоякісного насіннєвого матеріалу з урожайністю, що на 3,6% перевищує показники інших способів обробітку.

Застосування зяблевого глибокого розпушування агрегатом STROM LINE-1,2 є агрономічно й економічно обґрунтованим рішенням.

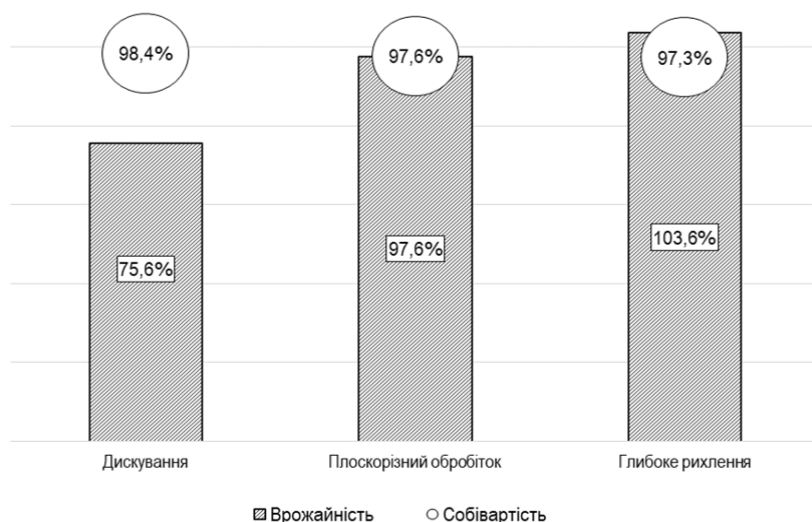


Рис. 1. Показники насіннєвої продуктивності та собівартості насіння сої за різноглибинного основного обробітку, % до оранки (20–22 см)

Джерело: сформовано автором.

Висновки

Вивчення різних способів основного обробітку ґрунту (з обертанням і без обертання шару ґрунту; оранки, плоскорізної, мілкої обробки та глибокого рихлення) показало, що глибина обробітку є визначальним фактором для забезпечення оптимальної щільності, вологості й аерації орного шару. Найвищі показники польової схожості, кількості бобів на рослину й маси 1000 насінин відзначалися за проведення зяблевого глибокого рихлення на глибину 27 см, що забезпечувало кращий водно-повітряний режим і розвиток кореневої системи.

Урожайність сої за глибокого рихлення перевищувала інші способи основного об-

робітку в середньому на 3,6%, а вихід насіннєвої фракції становив 74,8%, що свідчить про формування якісного насіннєвого матеріалу. Економічні розрахунки підтвердили доцільність застосування цього способу: собівартість 1 т насіння була на 1,6–2,7% нижчою, ніж за оранки, при збереженні високої якості насіння.

Отже, зяблеве глибоке рихлення на 27 см є найбільш ефективним агротехнічним прийомом у посушливих умовах північно-східного Лісостепу, оскільки воно забезпечує оптимальні фізичні властивості ґрунту, підвищує насіннєву продуктивність і є економічно обґрунтованим рішенням.

Список використаної літератури

- Андрусик П.Р. Оптимізація елементів технології вирощування сої в західному лісостепу: дис. ... д-ра філософії : 201 «Агрономія». Київ, 2025. 192 с.
- Вожегова Р.А., Орленко Л.П., Шевченко Н.Д. Урожайність сої за різних систем основного обробітку ґрунту та удобрення в умовах зрошення Півдня України. *Таврійський науковий вісник аграрної науки*. 2021. Вип. 119. С. 10–16. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.2>.
- Волкодав В.В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури). Київ, 2001. 69 с.
- Гангур В.В., Пипко О.С., Прокопів О.О. Вплив передпосівного обробітку ґрунту і інокуляції на продуктивність сої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 86–93. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.10>.
- Дудка О.А., Павлов О.С. Урожайність, економічна та енергетична ефективність вирощування пшениці ярої за різних систем землеробства в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 39–44. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.6>.
- Єщенко В.О., Пясецький П.І. Будова орного шару та біологічна активність чорнозему опідзоленого залежно від інтенсивності його основного обробітку. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. Вип. 81(1). С. 15–20.
- Заболотний Г.М. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності. Вінниця, 2020. 276 с.
- Зубко В.М., Комісар Є.О. Аналіз сучасних методів і приладів для вимірювання твердості ґрунту. *Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів*. 2020. Вип. 22. С. 52–63.
- Коваленко О.А. Оцінка біоенергетичної ефективності агротехнічних заходів. МНАУ, 2022. 62 с.
- Компанієць В.О., Кулик А.О., Кохан А.В. Економічна ефективність застосування способів основного обробітку ґрунту в технології вирощування соняшнику. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 58–61. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.1-2.12>.
- Куничак Г.І., Дутчак О.В., Матвієць Н.М. Продуктивність сої за різних способів обробітку ґрунту та системи удобрення з елементами біологізації. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 96. С. 94–101. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-09>.
- Огурцов Є.М., Міхеев В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.
- Середа Л.П., Швець Л.В., Швець О.І. Розробка культиватора для нових технологій обробітку ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. Вип. 3(110). С. 117–125. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2020-3-12>.
- Carciocchi W.D., Schwalbert R., Andrade F.H., Corassa G.M., Carter P., Gaspar A.P., Ciampitti I.A. Soybean seed yield response to plant density by yield environment in North America. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111(4). P. 1923–1932. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0635>.
- Mulazzani R.P., Gubiani P.I., Zanon A.J., Drescher M.S., Schenato R.B., Girardello V.C. Impact of soil compaction on 30-year soybean yield simulated with CROPGRO-DSSAT. *Agricultural Systems*. 2022. Vol. 203. 103523. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103523>.
- Zakharchenko E. The influence of the methods of tillage on bulk density, moisture and biological activity of black soil in organic farming. *Publishing House "Baltija Publishing"*. 2024. P. 344–372. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-473-3-1>.

References

- Andrusyk, P.R. (2025). Optymizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi v zakhidnomu lisostepu [Optimization of elements of soybean cultivation technology in the Western Forest-Steppe] (PhD dissertation, specialty 201 "Agronomy"). Kyiv, 192 p. [in Ukrainian].
- Vozhehova, R.A., Orlenko, L.P., & Shevchenko, N.D. (2021). Urozhainist soi za riznykh system osnovnoho obrobitku gruntu ta udobrennia v umovakh zroshennia Pivdnia Ukrainy [Soybean yield under different systems of primary tillage and fertilization in irrigated conditions of Southern Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk ahrarnoi nauky* [Taurian Scientific Bulletin of Agrarian Science], 119, 10–16. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.2> [in Ukrainian].
- Volkodav, V.V. (2001). Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvalennia silskohospodarskykh kultur (zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury) [Methodology of state variety testing of agricultural crops (cereals, groats, and legumes)]. Kyiv, 69 p. [in Ukrainian].
- Hangur, V.V., Pypko, O.S., & Prokopiv, O.O. (2021). Vplyv peredposivnoho obrobitku gruntu i inokuliatsii na produktyvnist soi [Influence of pre-sowing soil tillage and inoculation on soybean

productivity]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 4, 86–93. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.10> [in Ukrainian].

Dudka, O.A., & Pavlov, O.S. (2022). Urozhainist, ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya pshenytsi yaroї za riznykh system zemlerobstva v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Yield, economic and energy efficiency of spring wheat cultivation under different farming systems in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], 126, 39–44. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.6> [in Ukrainian].

Yeshchenko, V.O., & Piasetskyi, P.I. (2012). Budova ornoho sharu ta biolohichna aktyvnist chornozemu opidzolenoho zalezno vid intensyvnosti yoho osnovnoho obrobittu [Structure of the plough layer and biological activity of podzolized chernozem depending on tillage intensity]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture], 81(1), 15–20 [in Ukrainian].

Zabolotnyi, H.M., et al. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannya soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yї produktyvnosti [Agrobiological principles of soybean cultivation and ways to maximize its productivity]. *Vinnytsia*, 276 p. [in Ukrainian].

Zubko, V.M., & Komisar, Ye.O. (2020). Analiz suchasnykh metodiv i prykladiv dlia vymiriuvannya tverdosti gruntu [Analysis of modern methods and devices for measuring soil hardness]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho lisovoho ta transportnoho kompleksiv* [Technical Service of Agro-Industrial, Forestry and Transport Complexes], 22, 52–63 [in Ukrainian].

Kovalenko, O.A. (2022). Otsinka bioenerhetychnoi efektyvnosti ahrotekhnichnykh zakhodiv [Assessment of bioenergetic efficiency of agrotechnical measures]. *Mykolaiv National Agrarian University*, 62 p. [in Ukrainian].

Kompaniets, V.O., Kulyk, A.O., & Kokhan, A.V. (2016). Ekonomichna efektyvnist zastosuvannya sposobiv osnovnoho obrobittu gruntu v tekhnolohii vyroshchuvannya soniashnyku [Economic efficiency of primary tillage methods in sunflower cultivation technology]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 1–2, 58–61. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.1-2.12> [in Ukrainian].

Kunychak, H.I., Dutchak, O.V., & Matviets, N.M. (2023). Produktyvnist soi za riznykh sposobiv obrobittu gruntu ta systemy udobrennia z elementamy biolohizatsii [Soybean productivity under different tillage and fertilization systems with elements of biologization]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feeds and Feed Production], 96, 94–101. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-09> [in Ukrainian].

Ohurtsov, Ye.M., Mikhieiev, V.H., Bielinskyi, Yu.V., & Klymenko, I.V. (2016). Adaptivna tekhnolohiia vyroshchuvannya soi u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Adaptive technology of soybean cultivation in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. In M. A. Bobro (Ed.), *Kharkiv: KhNAU*, 268 p. [in Ukrainian].

Sereda, L.P., Shvets, L.V., & Shvets, O.I. (2020). Rozrobka kultyvatora dlia novykh tekhnolohii obrobittu gruntu [Development of a cultivator for new soil tillage technologies]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK* [Engineering, Energy, Transport of the Agro-Industrial Complex], 3(110), 117–125. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2020-3-12> [in Ukrainian].

Carciocchi, W.D., Schwalbert, R., Andrade, F.H., Corassa, G.M., Carter, P., Gaspar, A.P., & Ciampitti, I.A. (2019). Soybean seed yield response to plant density by yield environment in North America. *Agronomy Journal*, 111(4), 1923–1932. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0635> [in English].

Mulazzani, R.P., Gubiani, P.I., Zanon, A.J., Drescher, M.S., Schenato, R.B., & Girardello, V.C. (2022). Impact of soil compaction on 30-year soybean yield simulated with CROPGRO-DSSAT. *Agricultural Systems*, 203, 103523. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103523> [in English].

Zakharchenko, E. (2024). The influence of the methods of tillage on bulk density, moisture and biological activity of black soil in organic farming. In *Baltija Publishing* (Ed.), 344–372. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-473-3-1> [in English].

Отримано: 28.10.2025

Прийнято: 17.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

