

The impact of soil tillage systems on soybean yield capacity

T. Chaika¹ | V. Lohvynenko² | A. Pshenyshnyi²

Article info

Correspondence Author

T. Chaika

E-mail:

chayka_ta@ukr.net

¹ Academy of Sciences of Technological Cybernetics of Ukraine,
Poltava Department, 3,
Kovalia str., 36014, Ukraine

² Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Chaika, T., Lohvynenko, V., & Pshenyshnyi, A. (2023). The impact of soil tillage systems on soybean yield capacity. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 54–59. doi: 10.31210/spi2023.26.04.10

Modern soil tillage systems have to ensure both crop yield capacity and economic efficiency as well as ecological consequences to the environment. The article is aimed at studying the impact of different soil tillage systems on soybean varieties' yield capacity. The research was conducted during 2021–2023 on the territory of Hlobyne district in Poltava region using the traditional plowing, deep loosening, and no-till. Modern soybean varieties of foreign selection Apollo, Venus, and Kansas were the experimental material. It has been demonstrated that crop variety traits, weather and climatic conditions as well as soil tillage systems have the largest effect on yield capacity and thousand-seed weight. For example, in 2021, the average thousand-seed weight of Apollo variety was the smallest, and in 2022 – the largest and varied from 136.7 to 154.0 g. Under different soil tillage systems, this indicator made: 145 g – under the traditional plowing and no-till, 146 g – under deep loosening. It was determined that the average thousand-seed weight of Venus variety was larger both during the years (143.7, 172.3, and 155.3 g in 2021–2023, respectively) and soil tillage: 167 g – the traditional plowing, 155 g – deep loosening, and 149 g – no-till. The average thousand-seed weight of Kansas variety also had the corresponding tendency by the years (136.7, 159.7, and 151.7 g in 2021–2023, respectively) and changed depending on soil tillage: 152 g – under the traditional plowing, 151 g – under deep loosening, and 145 g – under no-till. Thus, the traditional plowing turned out to be the most effective for Venus and Kansas varieties, while there was no particular difference between soil tillage for Apollo variety. It was found that during the research years, the average soybean yield capacity varied in 2023 at the highest level, and in 2021 – at the lowest one and made: for Apollo variety 19.2–26.0 hundredweight/ha, Venus – 21.2–28.3 hundredweight/ha, and 20.3–29.5 hundredweight/ha for Kansas variety. Thus, almost the same average yearly yield (24.5–24.8 hundredweight/ha) was obtained from Venus and Kansas varieties, while it was by 7.8 % lower than in Apollo variety. It was determined that the following soil tillage systems were the most productive as to the average yearly soybean yields during the three years of the research: deep loosening for Venus variety (25.3 hundredweight/ha); the traditional plowing and deep loosening for Kansas variety (25.3–25.7 hundredweight/ha), and for Apollo variety – almost at the same level (22.4–23.0 hundredweight/ha).

Keywords: traditional plowing, deep loosening, No-till, thousand-seed weight, productivity.

Вплив систем обробітку ґрунту на врожайність сої

Т. О. Чайка¹ | В. В. Логвиненко² | А. А. Пшенишний²

¹ Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України, м. Полтава, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Сучасні системи обробітку ґрунту повинні забезпечувати як врожайність культур, так економічну ефективність і екологічні наслідки для навколишнього середовища. Мета статті – дослідження впливу різних систем обробітку ґрунту на врожайність сортів сої. Дослідження проведено протягом 2021–2023 років на території Глобинського району Полтавської області з використанням традиційної оранки, глибокого рихлення та No-till. Матеріал дослідження – сучасні сорти сої іноземної селекції Аполло, Венус і Канзас. Продемонстровано, що найбільший вплив на врожайність і масу 1000 насінин мають сортові особливості культури, погодні-кліматичні умови та системи обробітку ґрунту. Так, у 2021 році середня маса 1000 насінин сорту Аполло була найменшою, а у 2022 році – найбільшою, та коливалась від 136,7 до 154,0 г. За різних систем обробітку ґрунту цей показник дорівнював: 145 г – за традиційної оранки та No-till, 146 г – за глибокого рихлення. Визначено, що середня маса 1000 насінин сорту Венус була більшою як за роками (143,7, 172,3 і 155,3 г за 2021–2023 роки відповідно), так і обробітком ґрунту: 167 г – традиційна оранка, 155 г – глибоке рихлення, 149 г – No-till. Середня маса 1000 насінин сорту Канзас також мала відповідну тенденцію за роками (136,7, 159,7 і 151,7 г за 2021–2023 роки відповідно), змінювалась залежно від обробітку ґрунту: 152 г – традиційна оранка, 151 г – глибоке рихлення, 145 г – No-till. Отже, найбільш ефективно виявилась традиційна оранка для сортів Венус і Канзас, тоді як для сорту Аполло особливої різниці між обробітком ґрунту не було. Виявлено, що середня врожайність сої коливалась за роки досліджень із найбільшим рівнем у 2023 році, а найменшим – у 2021 році, та становила за сортами: Аполло – 19,2–26,0 ц/га, Венус – 21,2–28,3 ц/га, Канзас – 20,3–29,5 ц/га. Отже, майже однакову середньорічну врожайність (24,5–24,8 ц/га) було отримано за сортами Венус і Канзас, тоді як за сортом Аполло – на 7,8 % менше. Означено найпродуктивніші системи обробітку ґрунту за середньорічною врожайністю сої протягом трьохрічних досліджень: Венус – глибоке рихлення (25,3 ц/га); Канзас – традиційна оранка та глибоке рихлення (25,3–25,7 ц/га); Аполло – майже на одному рівні (22,4–23,0 ц/га).

Ключові слова: традиційна оранка, глибоке рихлення, No-till, маса 1000 насінин, продуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Чайка Т. О., Логвиненко В. В., Пшенишний А. А. Вплив систем обробітку ґрунту на врожайність сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 54–59.

Вступ

З Сучасні погодно-кліматичні, виробничі, економічні, технологічні й інші умови вимагають від виробників сільськогосподарської продукції постійного пошуку та застосування найбільш ефективних методів і технологій у вирощуванні сільськогосподарських культур [1–4]. Важливого значення за умов коливання температури та режиму зволоження, зростання цін на паливно-мастильні матеріали, засоби захисту рослин і добрива, проблеми з реалізацією кінцевої продукції та ціни на неї набувають системи обробітку ґрунту. Отже, постає необхідність адаптації цих систем до ефективного та раціонального використання наявних природно-енергетичних ресурсів, зменшенні антропогенного навантаження, забезпеченні родючості ґрунтів, належного процесу фотосинтезу й азотфіксація в усіх їх проявах [5–11].

До найбільш перспективних з точки зору науковців і практиків вітчизняні чорноземи є ідеальними для впровадження органічної системи землеробства та нульового обробітку (No-till) з певними елементами точного землеробства, біоензимної технології, біогенного та біодинамічного землеробства [12–14]. Окрім того, існуючі або перспективні системи обробітку ґрунту мають враховувати екологічні наслідки ведення воєнних дій на території України [15] та бути направлені на відновлення його родючості [16]. Таким чином, концепція сучасної системи обробітку ґрунту має бути направлена на створення агроландшафтів, які здатні за продуктивністю значно перевищити природні, забезпечити економічну ефективність і захист навколишнього середовища [17, 18].

Доцільно відзначити, що наразі найбільш прибутковими культурами в Україні є соя та цукрові буряки, оскільки вони мають стабільний попит (на внутрішньому та зовнішньому ринках) і достатньо високу ціну, що дозволяє отримати прибутки [19]. А враховуючи те, що соя (*Glycine hispida* L.) є стратегічною сільськогосподарською культурою, користується на світовому ринку постійним попитом завдяки своїй універсальності та харчовій цінності, сприяє підвищенню родючості ґрунтів завдяки вмісту азотфіксуючих бульбочкових бактерій [20], актуальним є дослідження впливу систем обробітку ґрунту на її родючість.

Так, згідно з дослідженнями [21] більші врожаї спостерігалися за менш інтенсивного обробітку ґрунту та покриття його значної частини поверхні рослинними рештками (No-till і чизельний плуг), на відміну від обробок плугами чизельним і відвальним з диском, де обробка ґрунту була більш інтенсивною, в результаті чого на поверхні залишалось менше рештків. При цьому зазначається, що у короткостроковій перспективі доцільно уникати чергування нульового та звичайного обробітку ґрунту. Переваги No-till з'являються з часом і можуть бути швидко втрачені. Щорічне чергування між нульовим і

звичайним обробітком ґрунту може звести до мінімуму переваги будь-якої системи.

У деяких дослідженнях відмічається відсутність впливу системи обробітку ґрунту на врожайність сої [22], і що для максимізації врожайності незалежно від системи обробітку ґрунту доцільно вибрати сорти, адаптовані до місцевих умов [23]. При порівнянні звичайного обробітку ґрунту з No-till і Strip-till (смуговий обробіток) навіть за різних систем удобрення може не виявити змін у середній врожайності сої протягом трьох років. В той же час методи No-till і Strip-till сприяли підвищенню врожайності кукурудзи порівняно зі звичайним обробітком ґрунту. Однак відмінності не були статистично значущими для середніх значень за три роки [24]. В той же час, з урахуванням менших витрат на No-till вона виявляється більш економічно ефективною – від 4,0 тис. дол. [25].

Таким чином, однозначної відповіді щодо впливу систем обробітку ґрунту на врожайність сої існуючі дослідження не дають, оскільки значний вплив на цей показник мають погодно-кліматичні та ґрунтові умови, сорти тощо, що обумовлює актуальність нашого дослідження.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у дослідженні впливу різних систем обробітку ґрунту (традиційної оранки, глибокого рихлення та No-till) на врожайність сортів сої.

Завдання дослідження: визначити вплив систем обробітку ґрунту на масу 1000 насінин різних сортів сої; дослідити коливання врожайності сої від погодно-кліматичних умов і систем обробітку ґрунту.

Матеріали і методи

Дослідження проведено на території сільського (фермерського) господарства «Вікторія», що розташоване в Полтавській області (с. Манжелія, Глобинський район), протягом 2021–2023 років. Ґрунт дослідних полів – чорноземи глибокі залишково-солонцюваті на лесових породах, що характеризуються помірним забезпеченням ґрунтів азотом (N) і фосфором (P), високим – калієм (K), та оцінюються якістю у межах 66–73 бали [26].

Польові досліді закладалися та проводилися згідно з загальноприйнятими у землеробстві й рослинництві методами [27]. Повторність дослідів – чотирикратна. Загальна площа дослідної ділянки – 0,3 га, облікової – 0,1 га. Попередник сої у сівозміні – пшениця яра. Сівба проводилась в оптимальні строки: 6 травня 2021 року, 10 травня 2022 року, 12 травня 2023 року.

Матеріалом дослідження обрано три сучасні сорти сої іноземної селекції – Аполло (США), Венус (Канада) і Канзас (США, Канада), сортова характеристика яких наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Сортові характеристики сої

Назва сорту, оригінатор	Період вегетації, дн.	Висота рослини, см	Висота кріплення нижнього боба, см	Потенційна (реальна) урожайність, ц/га	Маса 1000 насінин, г	Вміст білка, %	Технологія вирощування	Норма висіву, кг/га
Аполло, Монсанто	90–100	75–110	14–16	45–50 (22–37)	130–160	38,9–41,3	Стандартна, No-till	120–140
Венус, Семенсес Прогрейн ІНК	115–130	90–115	10–12	42 (36–38)	195–200	48,0	No-till	120
Канзас, SERTIS HOLDING S. A. & UNION CARBIDE	88–95	90–115	15–18	55–75 (38–45)	130–170	42,0	н/д	100–110

Джерело: побудовано за [28–30].

У дослідженні використано три технології обробітку ґрунту:

- традиційна оранка – проведення оранки ґрунту на глибину 25 см після збору попередника, весняне боронування для закриття вологи. За прогріву ґрунту до 14 °С здійснено культивування на глибину посіву для формування правильного сім'яложа. Одночасно проведено сівбу сої на глибину 6 см з міжряддям 12,5 см, з нормою висіву – 600 тис. насінин на гектар. Після закінчення вегетації сої (12–18.09.2021 року, 18–25.09.2022 року, 9–14.09.2023 року) збір врожаю здійснювався на висоті 4 см зі швидкістю приблизно 8 км/год, втрати насіння при прямому комбайнуванні склали майже 3 %;

- глибоке рихлення – включає в себе такі агротехнічні заходи: глибоке рихлення, дискування, посів, збирання врожаю. Глибоке рихлення, на відміну від інших технологій, рихлить ґрунт, даючи йому накопичувати більше вологи, забезпечуючи додаткову аерацію та позбавляє поля від шкідливого ущільнення. Висівання насіння проводилось у ті ж терміни на глибину 5 см з міжряддям 12,5 см за норми висіву 500 тис. насінин на гектар. Збирання врожаю відбувалось прямим комбайнуванням на висоті зрізу 5 см;

- No-till – передбачає прямий висів насіння у ґрунт без попереднього обробітку. Першим етапом був

прямий висів насіння на глибину 6 см при температурі ґрунту 15 °С за норми висіву 550 тис. насінин на гектар. Ця система обробітку ґрунту має великий внесок в економічну частину господарства, оскільки включає 2–3 агрозаходи. Збирання проведено на висоті 4 см зі швидкістю 9 км/год.

Результати та їх обговорення

Одним із важливих показників структури врожаю сільськогосподарської культури є маса 1000 насінин, яка має велике значення в насінництві сої. Так, згідно з [31] маса 1000 насінин сої визначається генетичними ознаками сорту на 80–90 %. Ця ознака підлягає успадкуванню достатньо незмінно та прямо пропорційно пов'язана з урожаєм сорту. Окрім того, маса 1000 насінин характеризує крупність, добірність і вповненість насіння. Від цього показника залежать посівні властивості насіння, оскільки молоді сходи живляться поживними речовинами, які є в ньому. Тому, чим крупнішим є насіння, тим краще відбувається ріст молодих рослин і збільшується їх продуктивність [27].

За результатами наших досліджень маса 1000 насінин дослідних сортів сої коливалась в залежності від погодних умов, сортових характеристик і систем обробітку ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив систем обробітку ґрунту на масу 1000 насінин дослідних сортів сої, 2021–2023 роки, г

Технологія	Традиційна оранка			Глибоке рихлення			No-till			
	Сорт	Аполло	Венус	Канзас	Аполло	Венус	Канзас	Аполло	Венус	Канзас
2021 рік		135	156	145	135	145	130	140	130	135
2022 рік		155	179	160	156	169	166	151	169	153
2023 рік		144	166	150	146	151	158	144	149	147
Середнє за роками		145	167	152	146	155	151	145	149	145

Так, у 2021 році сорт Аполло мав найбільшу масу 1000 насінин за технології No-till – 140 г, що на 3,7 % більше, ніж за традиційної оранки та глибокого рихлення, а середньорічний показник становив 137 г. У 2022 році найбільша маса 1000 насінин була за глибокого рихлення – 156 г, що на 0,6 і 3,3 % більше, ніж за традиційної оранки та No-till відповідно, тоді як середньорічний показник був на рівні 154 г. У 2023 році продовжилася динаміка попереднього року щодо найбільшого показника – 146 г, що на 1,4 % більше за інші технології, а середньорічне значення цього сорту – 145 г. Таким чином, отримана

маса 1000 насінин за всіх технологій за роки досліджень забезпечила отримання визначеного сортом показника (див. табл. 1) за найбільшого його рівня у 2022 році (151–156 г) та найменшого – у 2021 році (135–140 г). Також у середньому за технологіями обробітку ґрунту маса 1000 насінин не сильно змінювалась і знаходилась у межах 145–146 г (табл. 2), що свідчить про більшу залежність сорту від погодних умов.

Відносно сорту Венус, що за сортовими характеристиками пристосований для вирощування за технологією No-till (див. табл. 1), доцільно

відмітити найменший середній показник маси 1000 насінин саме за цієї технології – 149 г, що на 3,9 і 10,8 % менше, ніж за глибокого рихлення та традиційної оранки відповідно (табл. 2). Найнижчий рівень цього показника був у 2021 році на рівні 130 г за технології No-till, що на 16,7 % менше від найбільшого показника за традиційної технології (156 г) та на 10,3 % – за глибокого рихлення. Вже у 2022 році маса 1000 насінин сорту Венус значно збільшилася в середньому до 172 г (на 19,4 %) проти 144 г попереднього року. Найбільший рівень цього показника отримано за традиційної оранки – 179 г, що на 5,9 % перевищує інші технології. У 2023 році середньорічна маса 1000 насінин знаходилась у межах 155 г, що відповідає тенденції сорту Аполло, а найбільше значення отримано за традиційної оранки – 166 г, що на 9,9 і 11,4 % більше за глибоке рихлення та No-till відповідно. Отже, маса 1000 насінин сорту Венус за всіх технологій за роки досліджень була менше за сортові характеристики в середньому на 11,8–26,2 % за найменшого його значення. При цьому, маса 1000 насінин цього сорту була в середньому найбільшою за всіх технологій за роки досліджень, особливо за традиційної оранки.

Стосовно сорту Канзас доцільно зауважити, що в середньому за технологіями маса 1000 насінин за роки досліджень була найменшою та коливалась від 145 до 151 г (табл. 2), що відповідає сортовим характеристикам (див. табл. 1). Так, у 2021 році середнє значення цього показника було на рівні 137 г за найбільшого рівня в 145 г за умови використання традиційної оранки, що на 3,6 і 11,5 % більше, ніж за технології No-till і глибоке рихлення відповідно. У більш кліматично сприятливому 2022 році найбільшу масу 1000 насінин отримано за глибокого рихлення – 166 г, що на 3,8 і 8,5 % більше, ніж за традиційної технології та No-till відповідно,

а середньорічний показник становив 160 г. У 2023 році сорт Канзас підтвердив загальну динаміку щодо середньорічного показника маси 1000 насінин на середньому рівні за роки досліджень і становив 152 г. При цьому, найбільше його значення було другим рік поспіль отримано за глибокого рихлення – 158 г, що на 5,3 і 7,5 % більше, ніж за традиційної технології та No-till відповідно. Таким чином, найбільшу середню масу 1000 насінин отримано за технології глибоке рихлення (151 г) та традиційна оранка (152 г).

Отже, реалізувати сортовий потенціал щодо маси 1000 насінин змогли сорти Аполло та Канзас, а найбільш ефективними за даними трьохрічних досліджень виявились традиційна оранка для сортів Венус і Канзас, тоді як для сорту Аполло особливої різниці у системі обробітку ґрунту не було.

Сортові показники врожайності за роки досліджень наведені у табл. 3, що дозволяє зазначити, що у середньому найбільш врожайним був 2023 рік (27,9 ц/га), тоді як найменш врожайним – 2021 рік (20,2 ц/га), за середнього рівня у 2023 році (23,6 ц/га). При цьому, найбільший середній рівень врожайності у 2021 році було отримано за глибокого рихлення – 20,9 ц/га, що на 5,0 % більше, ніж за традиційної оранки та No-till. У 2022 році найбільшу середню врожайність отримано за традиційної оранки – 28,8 ц/га, що на 1,8 і 8,3 % перевищує глибоке рихлення та технологію No-till відповідно. Середня врожайність дослідних сортів сої у 2022 році за традиційною оранкою та глибоким рихленням була майже на одному рівні – 24,2–24,3 ц/га, що на 8,0 % більше, ніж за технології No-till. Отже, в середньому за роки досліджень найбільшу врожайність отримано за глибокого рихлення – 24,5 ц/га, що незначно менше за традиційної оранки – 24,3 ц/га, та мінімальну за технології No-till – 23,0 ц/га.

Таблиця 3

Врожайність дослідних сортів сої залежно від системи обробітку ґрунту, 2021–2023 роки, ц/га

Повторності	Вид обробітку ґрунту								
	Традиційна оранка			Глибоке рихлення			No-till		
	Аполло	Венус	Канзас	Аполло	Венус	Канзас	Аполло	Венус	Канзас
2021 рік									
1	19,2	20,2	20,4	19,2	21,6	22,1	18,9	22,1	18,3
2	19,0	20,7	20,0	20,4	22,2	22,6	19,3	22,4	18,6
3	19,6	19,5	20,6	18,9	21,8	22,3	18,7	22,7	18,4
4	18,8	20,4	20,3	19,1	21,3	21,8	19,2	22,0	18,1
середнє	19,1	20,2	20,3	19,4	21,2	22,2	19,0	22,3	18,4
2022 рік									
1	25,6	29,5	31,2	27,3	28,9	28,6	24,6	26,5	28,3
2	26,0	29,0	31,0	27,7	29,3	29,1	24,9	27,0	28,8
3	25,1	29,9	31,7	27,5	28,6	28,7	25,1	26,7	28,2
4	26,1	29,2	31,4	27,2	28,7	28,4	24,5	26,4	28,4
середнє	25,7	29,4	31,3	27,4	28,9	28,7	24,8	26,7	28,4
2023 рік									
1	22,3	24,5	25,1	22,1	25,7	24,8	23,2	23,4	20,1
2	22,8	24,8	25,5	22,6	26,1	25,2	23,5	23,7	20,6
3	21,9	24,3	25,3	22,3	25,9	24,9	23,0	23,5	19,9
4	22,5	25,0	25,6	21,9	25,2	24,5	23,6	23,9	20,3
середнє	22,4	24,7	25,4	22,2	25,8	24,9	23,3	23,6	20,3
Середнє за роками	22,4	24,8	25,7	23,0	25,3	25,3	22,4	24,2	22,4

Якщо аналізувати вплив систем обробітку ґрунту та кліматичних умов на врожайність, то сорт Аполло у 2021 році показав найбільшу врожайність за глибокого рихлення – 19,4 ц/га, що на 1,6 і 2,1 %

більше за умови традиційної оранки та технології No-till відповідно, які забезпечили майже однакову врожайність – 19,0–19,1 ц/га (табл. 3). При цьому середня врожайність у цьому році становила 19,2 ц/га,

що на 12,7 % менше мінімально реального сортового рівня (див. табл. 1). У сприятливому 2022 році врожайність цього сорту також була найбільшою за глибокого рихлення – 27,4 ц/га, що на 6,6 і 10,5 % перевищує за традиційної оранки та технології No-till відповідно, а середньорічний рівень знаходився в межах 26,0 ц/га. У 2023 році відбулися зміни, що характеризуються найбільшою середньою врожайністю сорту Аполло за технології No-till – 23,3 ц/га, що в середньому на 4,5 % перевищує інші технології, які забезпечили врожайність у межах 22,2–22,4 ц/га, тоді як середньорічний показник цього сорту – 22,6 ц/га (на межі реальної врожайності). Таким чином, у середньому за роки дослідження найбільшу врожайність цього сорту сої було отримано за технології глибокого рихлення (23,0 ц/га), тоді як за традиційної оранки та технології No-till – на одному рівні (22,4 ц/га).

Необхідно відзначити, що сорт Венус у 2021 і 2023 роках забезпечив найбільшу середню врожайність на рівні 21,2 і 24,7 ц/га відповідно за різних технологій, що на 31,4–41,1 % менше від мінімально реальної сортової врожайності (див. табл. 1). При цьому, у 2021 році найбільшу врожайність було отримано за технології No-till – 22,3 ц/га, що на 5,2 і 10,4 % більше за використання глибокого рихлення та традиційної оранки відповідно (табл. 3). У 2022 році було отримано максимальну середню врожайність цього сорту за використання усіх технологій – 28,3 ц/га, що на 21,4 % менше за мінімально реальний показник сортової врожайності (див. табл. 1). Також у цьому році найбільшу врожайність отримано за традиційної оранки – 29,4 ц/га, що на 1,7 і 10,1 % менше від умов глибокого рихлення та технології No-till відповідно. Найбільша середня врожайність сорту Венус у 2023 році змінилася на користь глибокого рихлення – 25,8 ц/га, що перевищує на 4,4 і 9,3 % цей показник за традиційної оранки та технології No-till відповідно. Отже, в середньому за роки дослідження найбільшу врожайність цього сорту сої було отримано за глибокого рихлення (25,3 ц/га), середню – за традиційної оранки (24,8 ц/га), мінімальну – за технології No-till (24,2 ц/га).

Сорт Канзас за роки досліджень показав середній рівень урожайності серед дослідних сортів не залежно від технологій у межах 20,3–29,5 ц/га, з максимальним рівнем у 2022 році. За кліматичних умов 2021 року середня максимальна врожайність отримана за глибокого рихлення на рівні 22,2 ц/га, що на 9,4 і 20,6 % більше за умов традиційної оранки та технології No-till відповідно (табл. 3). У сприятливому 2022 році найбільша середня врожайність була за технології традиційної оранки – 31,3 ц/га, що на 8,4 і 10,2 % більше, ніж за технологій глибокого рихлення та No-till відповідно. Доцільно відзначити, що традиційна оранка у 2023 році забезпечила найбільшу врожайність сорту Канзас на рівні 25,7 ц/га, що на 2,0 і 25,1 % більше за глибоке рихлення та технологію No-till відповідно. Отже, в середньому за роки досліджень максимально врожайним для цього сорту виявилась традиційна оранка – 25,7 ц/га, що все ж таки на 32,4 % менше за мінімально реальну сортову врожайність

(див. табл. 1). За глибокого рихлення протягом всього періоду дослідження було отримано дещо меншу середню врожайність – 25,3 ц/га, що на 12,9 % більше за технології No-till.

Таким чином, найбільш врожайними виявились сорти Венус і Канзас із використанням глибокого рихлення. Однак, це не означає недоцільність технології No-till, оскільки для отримання більшої врожайності від її використання потрібен більший термін безперервного використання. В той же час, вона може бути більш економічно ефективною через меншу кількість технологічних операцій.

Висновки

Проведене дослідження сої дослідних зразків за 2021–2023 роки засвідчило, що найбільший вплив на врожайність і масу 1000 насінин мають сортові особливості культури, погодно-кліматичні умови та системи обробітку ґрунту. Так, у 2021 році середня маса 1000 насінин сорту Аполло становила 136,7 г, у 2022 році – на 12,7 % більше, а у 2023 році – на 5,9 % більше. В той же час, цей показник на різних системах обробітку ґрунту дорівнював: 145 г – за традиційної оранки та технології No-till, 146 г – за глибокого рихлення. Визначено, що середня маса 1000 насінин сорту Венус була більшою як за роками (143,7, 172,3 і 155,3 г за 2021–2023 роки відповідно), так і за системами обробітку ґрунту: 167 г – традиційна оранка, 155 г – глибоке рихлення, 149 г – No-till. Виявлено, що середня маса 1000 насінин сорту Канзас також мала відповідну тенденцію за роками (136,7, 159,7 і 151,7 г за 2021–2023 роки відповідно), змінювалась залежно від систем обробітку ґрунту: 152 г – традиційна оранка, 151 г – глибоке рихлення, 145 г – No-till.

Визначено, що середня урожайність дослідних сортів сої коливалась за роки досліджень із найбільшим рівнем у 2023 році, а найменшим – у 2021 році, та становила за сортами: Аполло – 19,2–26,0 ц/га, Венус – 21,2–28,3 ц/га, Канзас – 20,3–29,5 ц/га. Отже, майже однакову середньорічну врожайність (24,5–24,8 ц/га) було отримано за сортами Венус і Канзас, тоді як за сортом Аполло – на 7,8 % менше. Відносно впливу систем обробітку ґрунту на середньорічну врожайність дослідних сортів за роки досліджень, доцільно відзначити, що для сорту Венус найкраще себе проявило глибоке рихлення – 25,3 ц/га. При цьому, середньорічна врожайність за підсумками трьохрічних досліджень сорту Канзас була майже на одному рівні за традиційної оранки та глибокого рихлення – 25,3–25,7 ц/га. В той же час, середньорічна врожайність сорту Аполло майже не залежала від системи обробітку ґрунту – 22,4–23,0 ц/га, оскільки за глибокого рихлення перевищення цього показника відносно інших технологій було у межах статистичної похибки.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні впливу систем обробітку ґрунту на індивідуальну продуктивність сої сортів Аполло, Венус і Канзас в умовах Полтавської області.



Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Rickards, L., & Howden, S. M. (2012). Transformational adaptation: Agriculture and climate change. *Crop & Pasture Science*, 63 (3), 240–250. <http://dx.doi.org/10.1071/CP11172>
2. Anwar, M. R., Liu, D. L., Macadam, I., & Kelly, G. (2013). Adapting agriculture to climate change: A review. *Theoretical and Applied Climatology*, 113, 225–245.
3. Neset, T. S., Wiréhn, L., Opach, T., Glaas, E., & Linnér, B. O. (2019). Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: The case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, 105, 571–580. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.042>
4. Michler, J. D., Baylis, K., Arends-Kuenning, M., & Mazvimavi, K. (2019). Conservation agriculture and climate resilience. *Journal of Environmental Economics and Management*, 93, 148–169. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.11.008>
5. Pospelov, S. V., Levchenko, L. M., Chaika, T. O., Perepelytsia, A. A., Shandyba, V. O., & Popova, K. M. (2020). Crops' productivity in short-term rotations depending on tillage and fertilization in the Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 69–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.08>
6. White, J. G., Walters, R. D., Heitman, J. L., Howard, A. M., & Wagger, M. G. (2009). *Long-term conservation tillage effects on physical properties and productivity of southeastern US Piedmont soils*. Paper presented at ASA-CSSA-ASA Annual Meeting, Pittsburgh, PA. November 2009.
7. Chaika, T. O., Yasnolob, I. O., Gorb, O. O., Lotysh, I. I., & Bereznytskyi, Y. V. (2019). Eco-balance of soil tillage systems to restore and increase soil fertility. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 92–102. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.12>
8. Taranenko, S., Chaika, T. O., & Tiupka, Y. M. (2019). Agro-economic efficiency of different basic soil tillage methods on maize areas. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 66–72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.08>
9. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 280–286. https://doi.org/10.15421/2018_339
10. Chaika, T. O. (2018). Rol minimalnogo obrobittu gruntu v orhanichnomu zemlerobstvi. *Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 2 (10), 37–44. [in Ukrainian]
11. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika T. O. (2019). soil fertility formation under organic farming. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 85–91. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.11>
12. Chaika, T. O., Yasnolob, I. O., & Lotysh, I. I. Otsinka resurso- y enerzhoberezhennia suchasnykh system zemlerobstva. *Zemlerobstvo*, 1 (96), 47–55. [in Ukrainian]
13. Moraru, P. I., Rusu, T., Guş, P., Bogdan, I., & Pop, A. I. (2015). The role of minimum tillage in protecting environmental resources of the Transylvanian Plain, Romania. *Romanian Agricultural Research*, 32, 127–135.
14. Hazuda, L. M., Hazuda, S. M., & Lukita, O. F. (2023). Zasady formuvannia biodynamichnogo ahranoho hospodariuvannia. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu*, 1 (61), 56–62. [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1\(61\).56-62](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2023.1(61).56-62) [in Ukrainian]
15. Chaika, T. O., & Korotkova, I. V. (2023). Vidnovlennia rodiuchosti gruntu v Ukraini pislia voiennykh dii. In T. O. Chaika (Red.), *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rivnovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem: kolektyvna monohrafiia*. (s. 232–281). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
16. Chaika, T. O., & Korotkova, I. V. (2023). Napriamy ta tekhnolohii vidtvorennia rodiuchosti gruntiv v Ukraini v pislivoiennyi period. *Ahrobiolohiia*, 1, 142–156. [in Ukrainian]
17. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., & Bomko, S. O. (2021). *Formuvannia vrozhaiv soi zalezho vid skladovykh ahrotekhnolohii: monohrafiia*. Kyiv [in Ukrainian]
18. Yasnolob, I., Chayka, T., Aranchiy, V., Gorb, O., & Dugar, T. (2018) Mycorrhiza as a biotic factor, influencing the ecosystem stability. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 363–370. https://doi.org/10.15421/2017_223
19. Nazvano dvi naiprybutkovishi tsohorich kultury. (2023). *AgroPortal.ua*. Retrieved from: <https://agroportal.ua/news/ras-tenievodstvo/nazvano-dvi-naypributkovishi-cogorich-kulturi> [in Ukrainian]
20. Chaika, T. O., Liashenko, V. V., & Khomenko, B. S. (2023). The impact of seed inoculation on soybean yield under organic cultivation technology. *Taurian Scientific Herald*, 133, 180–187. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.24>
21. Woodley, A., Gatiboni, L., Heitman, J., & Howard, A. M. (2019). Long-Term tillage effects on corn and soybean yield in the Piedmont. Retrieved from: <https://content.ces.ncsu.edu/long-term-tillage-effects-on-corn-and-soybean-yield-in-the-piedmont>
22. Chetan, F., Chetan, C., Bogdan, I., Pop, A. I., Moraru, P. I., & Rusu, T. (2021). The effects of management (tillage, fertilization, plant density) on soybean yield and quality in a three-year experiment under Transylvanian plain climate conditions. *Land*, 10 (2), 200. <https://doi.org/10.3390/land10020200>
23. Kizzonas, A. M. (2010). Tillage effects on soybean growth, development, and yield. *Graduate Theses and Dissertations*. Iowa State University, Ames, Iowa.
24. The Effect of Tillage Practice on Corn and Soybean Yield Potential. Retrieved from: <https://www.cropscience.bayer.us/articles/bayer/effect-of-tillage-practice-on-corn-and-soybean-yield-potential>
25. Ruhl, S. D. The effect of tillage on soybean yields. Retrieved from: https://agcrops.osu.edu/sites/agcrops/files/ofr_reports/ONFARM%2520Ruhl_Tillage_Soybean1.pdf
26. Rodiuchist gruntiv Ukrainy. SuperAgronom.com Retrieved from: <https://superagronom.com/karty/rodjuchist-gruntiv-ukrainy> [in Ukrainian]
27. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii: pidruchnyk*. Vinnytsia: Edelveis i K [in Ukrainian]
28. Apollo – sort amerykanskoi selektsii soi Monsanto. *Ahroekspert-Treid*. Retrieved from: <https://agroexp.com.ua/uk/apollo-sort-soi-amerykanskoy-v-ukraine> [in Ukrainian]
29. Nasinnia soia Venus. *Agromen.com.ua*. Retrieved from: <https://agromen.com.ua/uk/nasinnya-soyi-venus> [in Ukrainian]
30. Nasinnia sortu soi Kansas. *Agromen.com.ua*. Retrieved from: <https://agroexp.com.ua/uk/soya-sort-kansas-v-ukraine> [in Ukrainian]
31. Miakushko, Yu. P., & Kochehura, A. B. (1976). Kultura soy v evropeiskoi chasty SSSR. *Selskokhoziaistvennaia Byolohiia*, 11 (1), 23–29. [in Russian]

ORCID

T. Chaika  <https://orcid.org/0000-0002-5980-7517>
V. Lohvynenko  <https://orcid.org/0009-0006-8299-6148>



2023 Chaika T. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.