

УДК 633.854.78 : 631. 51

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.19>

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБІТКУ ЧОРНОЗЕМІВ ЗВИЧАЙНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Шевченко С.М. – д.с.-г.н., с.н.с.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Мицик О.О. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Деревенець-Шевченко К.А. – к.б.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник лабораторії захисту рослин,

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Шевченко О.М. – к.с.-г.н., с.н.с.,

провідний науковий співробітник лабораторії землеробства та родючості ґрунтів,

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

Прищедько Н.О. – асистент кафедри загального землеробства

та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Новіков Д.І. – аспірант кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Рациональне використання агротехнологій у степовій зоні України є основою сталого землеробства. Системи обробітку ґрунту суттєво впливають на врожайність, родючість ґрунту, водний баланс і контроль бур'янів. З огляду на зростаючу вартість енергоресурсів і зміни клімату, важливо визначити оптимальні прийоми обробітку для чорноземів звичайних, що домінують у регіоні. Метою роботи було оцінити вплив різних способів основного обробітку ґрунту (оранка, чизелювання, дискування) на агрофізичні властивості, запаси вологи, забур'яненість і врожайність соняшника в умовах степової зони. Дослідження проводили у 2021–2023 роках на чорноземі звичайному (гумус – 3,2 %, рН – 7,1) в умовах фермерського господарства «Фенікс Агро» Синельниківського району, Дніпропетровської області. У досліді використовували гібрид соняшника ЛГ50510, плуг Kverneland RN 100, чизель Artiglio 500 та дискову борону БДВ-3. Методи включали аналіз агрофізичних показників ґрунту (щільність, запаси вологи), облік бур'янів і врожайності. Оранка забезпечила найвищу щільність ґрунту – 1,15 г/см³, що сприяло збереженню доступної вологи (45,6 мм у шарі 0–30 см перед сівбою). Запаси вологи в метровому шарі перед сівбою досягали 167,3 мм, а в період стиглості знижувались до 19,8 мм. Чизелювання забезпечувало 162,2 мм, дискування – 158,4 мм. Забур'яненість була найнижчою при оранці – 20,6 шт./м², тоді як чизелювання та дискування фіксували 24,1 та 32,6 шт./м² відповідно. Врожайність соняшника при оранці досягла 3,48 т/га, чизелюванні – 3,22 т/га, дискуванні – 2,87 т/га. Найкращі результати щодо запасів вологи, забур'яненості та врожайності отримані при застосуванні оранки на глибину 23–25 см. Проте чизелювання та дискування є енергоощадними альтернативами, особливо для умов обмежених ресурсів. Результати можуть бути корисними для фермерів та агрономів, які працюють у посушливих регіонах України.

Ключові слова: соняшник, обробіток ґрунту, забур'яненість, урожайність, економічна ефективність.

Shevchenko S.M., Mytsyk O.O., Derevenets-Shevchenko K.A., Shevchenko O.M., Pryshedko N.O., Novikov D.I. Optimisation of ordinary chernozem tillage for enhancing sunflower yield under climate change conditions

The rational use of agro-technologies in the steppe zone of Ukraine is fundamental to sustainable farming. Soil tillage systems significantly influence crop yield, soil fertility, water balance, and weed control. Considering the rising costs of energy resources and climate change, it is essential to determine optimal tillage practices for ordinary chernozems, which predominate in the region.

This study aimed to evaluate the impact of different primary tillage methods (ploughing, chiselling, and disking) on soil physical properties, moisture retention, weed infestation, and sunflower yield in the steppe zone. The research was conducted between 2021 and 2023 on ordinary chernozem (humus content – 3.2%, pH – 7.1) under the conditions of “Phoenix Agro” farm, Synelnykove District, Dnipropetrovsk Region. The study utilised the sunflower hybrid LG50510, the Kverneland RN 100 plough, the Artiglio 500 chisel, and the BDV-3 disc harrow.

The methods included analysing soil physical properties (density and moisture reserves), weed counts, and crop yield. Ploughing ensured the highest soil density of 1.15 g/cm³, which promoted the retention of available moisture (45.6 mm in the 0–30 cm soil layer before sowing). Moisture reserves in the one-metre soil layer reached 167.3 mm before sowing but decreased to 19.8 mm by the maturity stage. Chiselling maintained 162.2 mm of moisture, while disking resulted in 158.4 mm. Weed infestation was lowest with ploughing (20.6 plants/m²), whereas chiselling and disking recorded 24.1 and 32.6 plants/m², respectively.

Sunflower yield reached 3.48 t/ha under ploughing, 3.22 t/ha with chiselling, and 2.87 t/ha with disking. The best results in terms of moisture retention, weed control, and yield were achieved using ploughing at a depth of 23–25 cm. However, chiselling and disking represent energy-efficient alternatives, particularly under resource-limited conditions. The findings may prove valuable to farmers and agronomists working in Ukraine’s arid regions.

Key words: sunflower, soil tillage, weed infestation, yield, economic efficiency.

Постановка проблеми. Головним завданням інноваційного розвитку землеробства на даному етапі освоєння адаптивних принципів його функціонування є систематизація і моделювання його елементів на основні впровадження наукової динаміки та сучасних технологічних розробок, які дозволяють суттєво підвищити рівень врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досягнення високих темпів зростання виробництва зернової продукції в значній мірі залежить від рівня наукового забезпечення галузі зерновиробництва, що пов’язано з недостатніми темпами освоєння нових короткоротаційних сівозмін, прийомів основного обробітку ґрунту, формування ерозійностійких сільськогосподарських ландшафтів та моделювання ґрунтозахисного блоку в системі землеробства зони Степу [2, 7]. Посилаючись на високу науковість даної проблеми, існуючі протиріччя в комплексі завдань щодо регулювання і оптимізації таких напрямків стабілізації як зростання виробничих показників, ефективне використання засобів виробництва в землеробстві, вирішення актуальних проблем збереження ґрунтів і навколишнього середовища, зниження антропогенного тиску на екологічні об’єкти [9, 11].

Одним з найбільш енерговитратних елементів в землеробстві степової зони залишається обробіток ґрунту, тому на сучасному етапі його розвитку найбільш актуальною залишається проблема мінімізації обробітку за рахунок зменшення глибини розпушення, частоти проведення ґрунтообробних операцій та використання рослинних рештків культур сівозміни для підтримання балансу гумусу в системі [10, 12].

Актуальність вивчення основного обробітку ґрунту невідносно зростає з одного боку в зв’язку з деградацією ґрунтів, втратою їх оптимальних агрофізичних параметрів, підвищення ступеня забур’яненості посівів, погіршення водного режимів в агрофітоценозах, а з іншого внаслідок гострої необхідності диференціації

системи основного обробітку ґрунту на фоні суттєвого збільшення асортименту знарядь обробітку ґрунту та їх практичного освоєння в ґрунтозахисних та енергозберігаючих моделях землеробства [3, 10, 13].

В даному випадку слід звернути увагу на те, що значні зміни в системі основного обробітку ґрунту відбуваються внаслідок трансформації структури посівних площ оскільки окремі сільськогосподарські культури відрізняються між собою за специфікою реакції на агросистемні зміни на фоні різних прийомів обробітку [4, 11].

Постановка завдання. Для проведення виробничої перевірки та підтвердження відповідальності одержаних результатів науковим рекомендаціям, які базуються на вивчені ефективності основного обробітку ґрунту при вирощуванні сояшника в польових дослідів виробничий експеримент було проведено в фермерському господарстві «Фенікс Агро» Синельниківського району Дніпропетровського області.

За гідрометеорологічним, ґрунтовими характеристиками, а також за рівнем технологічного розвитку на виробничих полях дане фермерське господарство належить до типових представників даного регіону і дозволяє розповсюджувати свій агрономічний і виробничий досвід для північно-східної степової зони України.

За комплексом показників, що характеризують ґрунтовий покрив чорнозему звичайного середньопотужного малогумусного повнопрофільного його потенціал родючості дозволяє регулярно вирощувати високі врожаї сільськогосподарських культур.

Це підтверджує середні показники балу бонітету 62–69 та показники вмісту гумусу (за Тюрнімом) в орному шарі (0–30 см) в межах 3,1–3,3 %, нітратного азоту – 22,3–25,7 мг/кг, рухомого фосфору – 128 мг/кг, обмінного калію – 231 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину – 7,1. На фоні достатнього високих температур повітря липень (22,8 °C) сума щорічних опадів в районі виробничого експерименту становить 485 мм [1, 8].

Гідротермічні умови в роки проведення польових досліджень 2021–2023 рр. характеризувалися достатньо сприятливим температурним режимом та забезпеченням вологою (табл. 1).

Таблиця 1

Гідротермічні умови у виробничому досліді за вегетаційний період сояшника, °C (за даними Синельниківської метеостанції)

Рік/місяць	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
Середньомісячна температура повітря, °C					
2021	8,1	18,9	21,7	23,1	21,9
2022	7,9	18,1	21,8	22,9	21,2
2023	10,8	18,8	21,2	22,7	21,7
Середньо-багаторічна	10,9	18,4	21,0	22,4	21,5
Кількість опадів за місяць, мм					
2021	42,6	40,1	38,9	44,6	40,2
2022	47,2	39,1	30,2	64,2	47,2
2023	45,0	61,2	44,2	45,4	53,2
Середньо-багаторічна	31,8	35,2	37,4	46,5	42,7

Враховуючи актуальність проблеми збереження родючості ґрунтів для дослідження була вибрана схема, яка передбачала варіанти з використанням таких прийомів обробітку ґрунту та ґрунтообробних знарядь: оранка на глибину 23–25 см плуг Kverneland RN 100; глибоке чизельне розпушування на глибину 25–27 см агрегатом Artiglio 500; мілкий дисковий на глибину 10–12 см дисковою бороною БДВ-3 [5, 6].

В дослідках застосовували сучасні технічні засоби виробництва на проведенні сівби просапною сівалкою VESTA 8 PROFI, зернозбиральний комбайн Massey Ferguson, а також високо ефективний гербіцид Прімекстра TZGold 500S, к.с. (Металохлор, 312,5 г/л + Тербутилазин, 187,5 г/л) та високопродуктивний гібрид соняшнику ЛГ50510 компанії Лімагрейн, що дозволило своєчасно і якісно провести технологічні операції вирощування соняшника.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як показав аналіз прийомів основного обробітку ґрунту вони виявилися ефективним заходом регулювання вологозапасів, контролювання ступеня забур'яненості, формування біометричних параметрів рослин соняшника та в цілому забезпечення високого рівня урожайності і економічної ефективності виробництва.

Найбільш широке уявлення про агрофізичний стан ґрунту в виробничому досліді залежно від прийомів вирощування соняшника надають нам експериментальні дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Залежність агрофізичних параметрів ґрунту від прийомів основного обробітку в шарі 0–30 см (середнє за 2021–2023 рр.)

Обробіток ґрунту		
Оранка на глибину 23–25 см	Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	Мілкий дисковий на глибину 10–12 см
Щільність складення ґрунту, г/см ³		
1,15/1,31*	1,19/1,32	1,22/1,35
Твердість ґрунту, кг/см ²		
7,8/36,4	9,1/38,7	11,4/42,1
Вологість ґрунту, %		
23,9/14,3	23,0/14,0	22,4/13,4
Доступні запаси вологи, мм		
45,6/9,1	45,0/8,6	43,9/8,2

* перед сівбою/повна стиглість

Як видно найбільше наближення показників твердості та щільності складення ґрунту до оптимальних параметрів на початку вегетації соняшника спостерігалося на фоні проведення оранки 7,8 кг/см² та 1,15 г/см³, відповідно. Важливо, що глибокий обробіток, як оранка так і чизелювання забезпечував поєднання стабільного розуцільнення ґрунту з пріоритетом накопичення більших запасів доступної вологи в ґрунті в 30-ти см шарі порівняно з дисковим обробітком на 1,1–1,6 мм (перед сівбою).

Вплив прийомів основного обробітку ґрунту на запаси доступної вологи розповсюджувався також на повний метровий профіль, що свідчить про важливу здатність розпушення чорнозему з точки зору накопичення вологи та водоспоживання.

На початку вегетаційного періоду соняшника оранка забезпечувала накопичення запасів доступної вологи в метровому шарі на рівні 162,2–167,3 мм (табл. 3). В той час, як на фоні мілкого дискування обсяги накопичення вологи становили 150,7–157,5 мм.

Таблиця 3

Залежність запасів доступної вологи в посівах соняшника від прийомів основного обробітку ґрунт (в шарі 0–100 см), мм

Розвиток соняшника за шкалою ВВСН	Прийом обробітку ґрунту								
	Оранка на глибину 23–25 см			Чизель- глибокорозпушувач на глибину 25–27 см			Мілкий дисковий на глибину 10–12 см		
	Роки								
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
ВВСН 10–12	164,8	162,2	167,3	156,3	154,8	159,7	154,2	150,7	157,5
ВВСН 51–53	119,2	111,3	131,1	115,9	110,9	127,6	114,9	113,2	115,7
ВВСН 65–67	79,8	74,9	82,1	76,0	74,0	77,9	72,7	72,1	72,8
ВВСН 92–99	22,6	20,5	24,7	22,6	20,2	24,1	21,9	19,8	23,6

Про високий рівень вологоспоживання соняшника свідчать мінімальні запаси вологи на стадії розвитку ВВСН 92–99 (повна стиглість), які були вичерпані до рівня 19,8–24,7 мм. Важливо відмітити, що переваги, за показником продуктивних запасів вологи в метровому шарі ґрунту, глибокого полицевого та безполицевого обробітку спостерігалися протягом всіх фаз росту та розвитку соняшника.

Одна з найважливіших функцій основного обробітку ґрунту полягає в зниженні ступеня забур'яненості посівів соняшника. Обстеження виробничої дослідної ділянки показало, що фітоценоз бур'янів сформований на основі найбільш шкодочинних видів, таких як: амброзія полинолиста, лобода біла, березка польова, щиріця звичайна, осот рожевий, плоскуха звичайна, тонконіг однорічний, гірчак березковідний.

На фоні внесення ґрунтового гербіциду Пріме́кстра TZGold, к.с. на момент проведення міжрядного обробітку ступінь забур'яненості посівів соняшника не мав критичного значення для конкурентних відносин оскільки щільність бур'янів розміщувалася залежно від прийому обробітку ґрунту в межах 20,6–32,6 шт./м² (табл. 4)

До завершення вегетації і проведення збирання врожаю насіння соняшника ступінь забур'яненості посівів культури завдяки проведенню механічного догляду кількість бур'янів суттєво знизилася до рівня 6,7–12,6 шт./м². Як видно з таблиці 6.5 при цьому зберігався фітосанітарний пріоритет оранки на фоні якої зберіглося 6,7 шт./м² бур'янів, в той час як мілкий дисковий обробіток поступався в цьому компоненті – 13,4 шт./м².

У фітоценотичній структурі бур'янів, що розвивалися в посівах соняшника домінували малорічні види, хоча небезпеку, не в меншій мірі представляли багаторічні коренепаросткові агробіологічні види. Враховуючи агробіологічні особливості і своєрідність механічного впливу на ґрунт найбільшу небезпеку багаторічні форми представляли на фоні мілкого дискового обробітку на глибину 10–12 см – 1,7 шт./м².

Таблиця 4

**Залежність ступеня забур'яненості посівів соняшника
від заходів контролювання бур'янів в фазі 4–6 листків, шт./м²
(середнє за 2021–2023 рр.)**

Обробіток ґрунту	Кількість бур'янів, шт./м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 23–25 см	19,1	1,5	20,6
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	23,5	2,8	26,3
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	28,9	3,7	32,6

Таблиця 5

**Залежність ступеня забур'яненості посівів соняшника від прийомів
контролювання бур'янів в фазі повної стиглості, шт./м²
(середнє за 2021–2023 рр.)**

Обробіток ґрунту	Кількість бур'янів, шт./м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 23–25 см	6,6	0,1	6,7
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	8,9	0,9	9,8
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	12,7	1,7	13,4

Найбільш об'єктивно шкодочинність бур'янів розраховується на основі використання такого показника забур'яненості, як повітряно-суха маса в грамах на м², тому що в результаті явища реверсії кількість бур'янів в посівах може давати суттєві відхилення від реальної картини рівня депресії культури (табл. 6).

Таблиця 6

**Залежність повітряно-сухої маси забур'янів в посівах соняшника прийомів
обробітку ґрунту в фазі повної стиглості, г/м² (середнє за 2021–2023 рр.)**

Обробіток ґрунту	Повітряно-суха маса бур'янів, г/м ²		
	малорічні	багаторічні	всього
Оранка на глибину 25–27 см	10,0	1,2	11,2
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	16,1	2,4	18,5
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	20,5	4,1	24,6

Оскільки протягом років проведення виробничих дослідів з вивчення окремих елементів технології вирощування соняшника проходило без екстремальних проявів погодних умов, то показник повітряно-сухої маси бур'янів носив закономірний характер, який не потребує внесення значних корективів в поняття шкодочинності. В діапазоні показників повітряно-сухої маси бур'янів в посівах соняшника максимальна біомаса всіх видів формувалася при проведенні мілкого дискового обробітку – 24,6 г/м², що перевищувало забур'яненість на фоні оранки на 13,4 г/м².

Аналіз формування урожайності маслонасіння соняшника під впливом комплексу агроприйомів та екологічних факторів дозволив оптимізувати технологію вирощування цієї культури на базі основного обробітку ґрунту, засобів хімічного контролювання бур'янів, покращення агрофізичних властивостей чорнозему. Найбільш яскраво поєднання наведених факторів і умов проявилось на варіанті з проведенням глибокого полицевого обробітку, що забезпечило одержання максимальної врожайності на рівні 3,25 т/га (табл. 7).

Таблиця 7

Залежність врожайності насіння соняшника від комплексу агротехнологічних заходів вирощування, т/га

Роки			
2021	2022	2023	середнє
оранка на глибину 23–25 см			
3,26	3,36	3,13	3,25
чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см			
3,02	3,13	2,89	3,01
мілкий дисковий на глибину 10–12 см			
2,72	2,85	2,61	2,73
НІР ₀₅ , т/га 0,11 0,09			0,10

Зменшення інтенсивності розпушування ґрунту при застосуванні чизельного розпушування на глибину 25–27 см комплекс екологічних факторів забезпечення росту і розвитку соняшника знаходився в стані незначної депресії, яка викликала зниження врожайності порівняно з оранкою на 0,25 т/га.

Однією з основних причин подальшого зниження врожайності соняшника на 0,52 т/га на фоні мілкого дискового обробітку виявилось погіршення агрофізичних параметрів ґрунту в результаті його ущільнення і ускладнення вологозабезпечення культури.

Завдяки ринковій пріоритетності соняшника економічні показники його вирощування фактично при всіх адаптивних технологіях створюють умови для покращення фінансового забезпечення за рахунок високої динаміки рентабельності виробництва та прибутковості. Тобто вирішальним фактором досягнення високих економічних показників в комплексі витратних механізмів належить ринковій цінності олійної культури, яка відкриває широкий простір для впровадження різних агротехнологічних модифікацій. Не дивлячись на те, що впровадження глибокої оранки супроводжується деяким зростанням виробничих витрат одержана продукція маслонасіння є достатньою для того щоб забезпечити максимальні показники рентабельності виробництва на рівні 131,3 % (табл. 8).

Слід звернути увагу на той факт, що навіть за широкого діапазону технологічних варіантів таких, як оранка, чизельний та мілкий дисковий обробіток рентабельність у виробничому досліді утримувалася в межах 131,3–103,4 %, що є ефективним для ведення господарської діяльності.

Висновки та пропозиції. Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що в умовах фермерського господарства «Фенікс Агро» Синельниківського району Дніпропетровської області, з недостатнім рівнем вологозабезпечення, найвищу продуктивність маслонасіння сформувало вирощування високопродуктивного

гібриду соняшника ЛГ 50510 при використанні оранки на глибину 23–25 см та глибокого безполицевого чизельного розпушення ґрунту на глибину 25–27 см, яке дозволило досягти максимальної врожайності насіння у виробничому досліді в межах 3,01–3,25 т/га та вивести на високий рівень рентабельності виробництва 120,9–131,3 %. Система регулювання продуктивності агроценозів соняшника в степовій зоні України має достатньо ґрунтово-кліматичних ресурсів для забезпечення високих врожаїв цієї культури.

Таблиця 8
Залежність економічних показників вирощування соняшника від комплексу агротехнологічних заходів (середнє за 2021–2023 рр.)

Варіант	Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 тони зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Оранка на глибину 23–25 см	3,25	35750,0	15454,5	4755,2	20295,5	131,3
Чизель-глибокорозпушувач на глибину 25–27 см	3,01	33110,0	14989,0	4979,7	18121,0	120,9
Мілкий дисковий на глибину 10–12 см	2,73	30030,0	14765,1	5408,5	15264,9	103,4

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаменко Т. І. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату. *Агроном*. 2007. № 1. С. 8–9.
2. Гадзало Я. М., Ібатуллін І. І., Лузан Ю. Я. Інституціональне забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2022. № 8. С. 5–15.
3. Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. *Землеробство*. К. : Вища школа, 1991. 268 с.
4. Лебідь Є. М., Горобець А. Г., Горбатенко А. І., Циліорик О. І. та інші. Агротехнічні заходи з охорони ґрунтів від водної ерозії. *Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні*. Харків : НТУ „ХПІ”, 2010. С. 76–131.
5. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. *Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник*. Вінниця: ВЦ ТОВ «ТВОРИ». 2020. 204 с.
6. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
7. Циліорик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенць-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 105–115.

8. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Швець Н. В., Шевченко С. М. Методика визначення вологості ґрунту: класичні помилки і об'єктивні фізичні параметри. *Зернові культури*. 2018. Вип. 2. № 2. С. 309–313.
 9. Шевченко М. С., Шевченко О. М., Швець Н. В. Агродинаміка вологоспоживання залежно від технологічних факторів землеробства степової зони. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. 130–134.
 10. Achankeng E., Cornelis W. Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 298, № 3. P. 108967.
 11. Busar M. A., Kukul, S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A.A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*. 2015. Vol. 3, № 2. P. 119–129.
 12. Kaminskyi, V., Bulgakov, V., Tkachenko, M., Kolomiiets, M., Kaminska, V., Ptashnik, M. & Kiernicki, Z. Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23. № 12. P. 163–178.
 13. Rocha P. R. R., Maia S. da S., Melo V. F., Uchôa S. C. P., Batista K. D., Cavalcante L. A. Cover crops on soil quality and yield of cowpea under no-tillage in the Amazon savanna. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2023. Vol. 46. № 1. P. 1807–8621.
-