

УДК 633.854.78 : 631. 51

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.26>

ВПЛИВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЙОГО АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Шевченко С.М. – к.с.-г.н., с.н.с.,

доцент 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»

Гаєрюшенко О.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

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»

Гуленко О.І. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

У сільському господарстві степової зони спостерігаються дві основні тенденції, пов'язані з недовикористанням ресурсного потенціалу гібридів кукурудзи та необхідністю розширення застосування мінімальних способів обробітку ґрунту. У зв'язку з актуальністю питання в умовах степової зони України були проведені польові дослідження з вивчення впливу різних систем основного обробітку ґрунту на схожість насіння, агрофізичні властивості ґрунту, продуктивність посівів кукурудзи та економічну ефективність. Наші дослідження свідчать, що застосування різних способів основного обробітку ґрунту впливає на вміст вологи в ґрунті, твердість ґрунту та щільність складення ґрунту, біометричні показники рослин, такі як висота, площа листкової поверхні. У польових дослідах встановлено, що при загальній масі органічних решток попередника 4,72 т/га, за полицевого обробітку найбільша концентрація рослинних решток пшениці озимої (3,68 т/га) спостерігалась у шарі ґрунту 20–30 см. Мінімізація основного обробітку ґрунту супроводжувалась збільшенням концентрації рослинної біомаси озимої пшениці (3,14–4,58 т/га) у верхньому 0–10 см шарі ґрунту. Застосування різних способів основного обробітку ґрунту впливає на вміст вологи в ґрунті, твердість та щільність складення ґрунту протягом усього вегетаційного періоду. З мінімізацією обробітку ґрунту та переходом на технологію no-till агрофізичні показники погіршилися. Враховуючи світову тенденцію до мінімізації обробітку ґрунту, проаналізовано економічну ефективність застосування полицевої оранки, чизельного, дискового та нульового основного обробітку ґрунту, які забезпечують стабільну врожайність зерна кукурудзи на рівні 6,11–6,99 т/га відповідно з прибутком 18126,0–20891,9 грн/га та рентабельністю виробництва зерна 115,2–124,0%. Адаптація основного обробітку ґрунту до ґрунтово-кліматичних умов дає змогу отримувати високі та стабільні врожаї кукурудзи. Система регулювання продуктивності агроценозів кукурудзи в степовій зоні України має достатньо ґрунтово-кліматичних ресурсів для забезпечення високих врожаїв цієї культури.

Ключові слова: системи обробітку ґрунту, економічна оцінка, кукурудза, властивості ґрунту, схожість насіння, урожайність.

Shevchenko S.M., Derevenets-Shevchenko K.A., Havriushenko O.O., Shevchenko O.M., Hulenko O.I. The influence of the main tillage of the soil on its agrophysical properties and economic indicators of the growing of corn for grain

In the agriculture of the steppe zone, there are two main trends associated with the underutilization of the resource potential of maize hybrids and the need to expand the use of minimum tillage methods. Due to the relevance of this issue in the steppe zone of Ukraine, we conducted field research to study the impact of different tillage systems on seed germination, soil agrophysical properties, corn productivity and economic efficiency. Our research shows that the use of different methods of primary tillage affects soil moisture content, soil hardness and soil density, and plant biometrics such as height and leaf area. In field experiments, it was found that with a total mass of organic residues of the predecessor of 4.72 t/ha, under shelf tillage, the highest concentration of plant residues of winter wheat (3.68 t/ha) was observed in the soil layer of 20–30 cm. Minimization of the main tillage was accompanied by an increase in the concentration of plant biomass of winter wheat (3.14–4.58 t/ha) in the upper 0–10 cm soil layer. The use of different methods of basic tillage affects the soil moisture content, hardness and density of soil composition throughout the growing season. With the minimization of tillage and the transition to no-till technology, agrophysical indicators have deteriorated. Taking into account the global trend towards minimizing soil tillage, the economic efficiency of using shelf plowing, chisel, disk and zero tillage, which provide a stable corn grain yield of 6.11–6.99 t/ha, respectively, with a profit of 18126.0–20891.9 UAH/ha and a grain production profitability of 115.2–124.0%, was analyzed. Adaptation of basic tillage to soil and climatic conditions allows to obtain high and stable corn yields. The system of regulating the productivity of corn agrocenoses in the steppe zone of Ukraine has sufficient soil and climatic resources to ensure high yields of this crop.

Key words: tillage systems, economic evaluation, maize, soil properties, seed germination, yield.

Постановка проблеми. У сільському господарстві степової зони існують дві важливі тенденції, які потребують побудови чіткої теоретичної моделі та перенесення її в практичні методи технології вирощування кукурудзи на зерно. Перша з них полягає в тому, що на фоні стрімкого зростання генетичного потенціалу врожайності зерна кукурудзи його реалізація у виробничих умовах залишається відверто недостатньою. Друга тенденція пов'язана з неминучістю мінімізації обробітку ґрунту, за якої ґрунтові режими недостатньо вивчені, а деталі реакції рослин на агрофізичні чинники не до кінця обґрунтовані [1, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технології вирощування кукурудзи, що базуються на базових моделях мінімального обробітку ґрунту, докорінно змінюють умови життя рослин, починаючи з фази проростання насіння. На формування екологічних факторів у ґрунті впливають рослинні рештки попередників, сконцентровані в тонкому шарі чорнозему, посилена мікробіологічна активність фітопатогенів, ущільнення зони проростання насіння, азотне голодування, позитивно обмежена доступність добрив у ризосфері культури, а також специфічна трансформація водно-фізичних властивостей ґрунтового середовища [2]. Виходячи з існуючих проблем оптимізації моделі агроценозу, яка включає «сорт – фактор середовища – технологічний прийом», метою наших досліджень було вивчення впливу різних способів основного обробітку ґрунту на схожість насіння кукурудзи, ростові процеси початкових фаз розвитку та реакцію культури на трансформацію агрофізичних режимів.

Постановка завдання. Польові експерименти проводилися у 2019, 2020 та 2021 роках на чорноземах звичайних (44% глини з рН 7,0 та вмістом органічної речовини 4,2) на польовому стаціонарі Державної установи Інститут зернових культур НААН України. Цей регіон, розташований у північній степовій зоні України, має помірно-континентальний клімат з недостатнім і нестабільним

зволоженням і середньорічною кількістю опадів 495 мм (у період вегетації кукурудзи – 274 мм), що є сприятливим для сільськогосподарського виробництва. Середньодобові температури повітря впродовж досліджуваного періоду суттєво не відхилялися від середньобагаторічних значень, тоді як місячна кількість опадів змінювалася за сумарною кількістю та періодичністю між роками. Зокрема, червень 2021 року був дуже вологим місяцем, зі значно більшою кількістю опадів протягом досліджуваних періодів, за винятком 2020 року, коли місячна кількість опадів протягом усього сезону вегетації кукурудзи була меншою за середньорічну.

В досліджах використовували загальноприйняті методики з вирощування кукурудзи на зерно [5]. Добрива вносили з використанням наступних рекомендованих норм: 60 кг/га N, 50 кг/га P і 50 кг/га K восени та 30 кг/га N, 10 кг/га P і 10 кг/га K під час сівби. Гібрид кукурудзи ДН Хортиця був висіяний 25 квітня з міжряддям 70 см сівалкою з нормою висіву 50 000 насінин/га. Схема досліду включала чотири системи основного обробітку ґрунту: 1) оранка плугом ПОЗ-35 на глибину 23–25 см (восени); 2) чизелювання Chisel Plow на глибину 25–27 см; 3) дискування бороною БДВ 6,3 на глибину 10–12 см; і 4) нульовий обробіток ґрунту з використанням прямого посіву сівалкою Great Plains YP825A. Досходовий гербіцид Прімекстра TZGold 500S (Металохлор, 312,5 г/л + Тербутилазин, 187,5 г/л) вносили в нормі 4,5 л/га, проводили міжрядні культивації, а у варіанті по-till вносили гербіцид Раундап в нормі 4 л/га в післяжнивний період [9]. Дослід проводили в чотириразовому повторенні на загальній площі 330 м² з використанням облікової ділянки площею 30 м².

В ході експерименту були визначені агрофізичні параметри ґрунту, такі як твердість, щільність складення та вологість ґрунту. Під час визначення вологості зразки ґрунту відбирали через кожні 10 см з глибини від 0 до 30 см. Щільність складення ґрунту визначали методом ріжучого кільця у шарі 0–30 см з інтервалом 10 см. Твердість ґрунту визначали твердоміром (пенетрометром Лан-М). Твердість ґрунту визначали у 8 місцях на дослідній ділянці на глибину 30 см. Облік урожайності проводили методом ручного збирання, враховуючи вологість та забур'яненість посівів у фазі повної стиглості зерна. Після визначення забур'яненість та вологості зерна врожайність перераховували на 100% чистоту та 14% вологість. Економічну ефективність виробництва кукурудзи на зерно визначали за стандартною методикою розрахунку рівня рентабельності [10].

Рівень рентабельності розраховували як відношення отриманого чистого прибутку до повних витрат, передбачених певним варіантом технології вирощування. Дані аналізували за допомогою програми Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США) і подавали у вигляді $x \pm$ стандартне відхилення; відмінності між показниками контрольних і дослідних варіантів визначали за допомогою критерію Тьюкі, де відмінності вважали достовірними при $P < 0,05$ (з поправкою Бонферроні). Урожайність визначали за допомогою методів математичної статистики (дисперсійний метод) [10].

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні системи основного обробітку ґрунту базуються на значних обсягах використання рослинних решток попередників у сівозмінах, які вирішують важливі завдання регулювання збереження родючості ґрунтів, підтримання їх оптимального агрофізичного стану та досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур [4]. Водночас із поширенням ґрунтозахисного землеробства виникають проблеми, які мають нове технологічне та екологічне значення. Це підтверджується експериментальними польовими результатами, отриманими в різних зонах землеробства [7, 11].

Наші дослідження свідчать, що способи основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно після попередника озимої пшениці суттєво впливали на характер розподілу рослинних решток в оброблюваному (орному) шарі ґрунту. При цьому в польових дослідах встановлено, що за загальної маси органічних решток попередника 4,72 т/га інтенсивність розпушування ґрунту призводила до різного ступеня їх концентрації в окремих шарах ґрунту залежно від вертикального переміщення цієї біомаси. За полицевого обробітку найбільша концентрація рослинних решток озимої пшениці спостерігалася в шарі ґрунту 20–30 см, де їх було зосереджено 3,68 т/га, що становило 78% від загальної маси. Мінімізація основного обробітку ґрунту при застосуванні чизельного, дискового та нульового обробітків супроводжувалася концентрацією рослинної біомаси озимої пшениці у верхньому 0–10 см шарі ґрунту. У цій зоні орного шару накопичувалося до 3,17 т/га за чизельного обробітку, 4,12 т/га за дискового обробітку, 4,58 т/га за нульового обробітку рослинних решток попередника, або 67,2, 87,3, 97,0 % від загальної маси соломи відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив способів обробітку ґрунту на його агрофізичні властивості та розподіл рослинних решток у профілі ґрунту (перед сівбою кукурудзи) (середнє за 2019–2021 рр., $\bar{x} \pm SD$, $n=8$)

Агрофізичні властивості ґрунту	Шар ґрунту, см	Обробіток			
		оранка	чизельний	дисковий	нульовий
Вологість, %	0-10	23,4±0,1 ^a	23,7±0,1 ^a	23,2 ± 0,1 ^{ab}	22,1 ± 0,1 ^b
	10-20	23,8±0,2 ^a	23,7±0,1 ^a	23,0 ± 0,2 ^{ab}	22,1 ± 0,2 ^b
	20-30	23,8±0,2 ^a	23,7 ± 0,1 ^a	22,9 ± 0,2 ^{ab}	22,0 ± 0,2 ^b
	0-30	23,7±0,2 ^a	23,7 ± 0,1 ^a	23,0 ± 0,1 ^{ab}	22,1 ± 0,1 ^b
Твердість, кг/см ²	0-10	8,3±1,8 ^a	10,3 ± 2,0 ^a	12,3 ± 2,4 ^{ab}	13,0 ± 1,7 ^{ab}
	10-20	12,2±2,2 ^{ab}	14,8 ± 2,6 ^{ab}	15,5 ± 2,6 ^b	15,9 ± 1,6 ^b
	20-30	14,5±2,5 ^{ab}	16,6 ± 2,7 ^b	19,1 ± 2,9 ^{bc}	20,6 ± 2,9 ^{bc}
	0-30	12,7±2,3 ^{ab}	13,9 ± 2,4 ^{ab}	15,6 ± 2,5 ^b	16,5 ± 2,6 ^b
Щільність складення, т/см ³	0-10	1,12±0,01 ^a	1,14±0,02 ^a	1,15±0,01 ^{ab}	1,15±0,01 ^{ab}
	10-20	1,19±0,02 ^{ab}	1,20 ± 0,02 ^{ab}	1,21±0,02 ^b	1,27±0,02 ^{bc}
	20-30	1,22±0,02 ^b	1,22 ± 0,02 ^b	1,25±0,02 ^b	1,2± 0,02 ^{bc}
	0-30	1,18±0,02 ^a	1,19 ± 0,02 ^{ab}	1,20±0,02 ^{ab}	1,24 0,02 ^b
Розподіл поживних решток, т/га	0-10	0,33±0,12 ^{cd}	3,17 ± 0,15 ^b	4,12±0,16 ^a	4,58±0,17 ^a
	10-20	0,71±0,13 ^c	0,86 ± 0,11 ^c	0,43±0,12 ^c	0,21±0,10 ^{cd}
	20-30	3,68±0,16 ^a	0,72 ± 0,11 ^c	0,17±0,10 ^{cd}	0,02±0,01 ^d

Примітка для всіх таблиць: різні літери позначають значення, що значно відрізняються одне від одного в межах агрофізичних властивостей ґрунту в таблиці 1 за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі ($P < 0,05$) з поправкою Бонферроні.

Світова практика освоєння різних систем основного обробітку ґрунту доводить, що цей технологічний фактор є найбільш впливовим у регулюванні агрофізичних властивостей ґрунтів [3]. Водночас, основний обробіток ґрунту викликає

найбільш суперечливі питання щодо вологозабезпечення, ущільнення ґрунту, ерозійних процесів та екологічно безпечного землеробства. В інших дослідженнях автори відзначають погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів при мінімізації обробітку [6]. Застосування різних способів основного обробітку ґрунту вплинуло на вміст вологи, твердість та щільність складення ґрунту (табл. 1). На початку вегетації повною мірою проявилися закономірності у співвідношенні вологості, твердості та щільності складення ґрунту. Найкраща вологозабезпеченість спостерігалася на фоні оранки, де в шарі ґрунту 0–30 см вона становила 23,7%. З мінімізацією обробітку ґрунту та переходом на технологію no-till стан вологозабезпеченості значно погіршився до значення 22,1%. Але, в цілому, діапазон коливань вологості ґрунту в орному шарі на початку вегетації утримувався в оптимальних межах для функціонування ростових процесів кукурудзи на фоні досліджуваних систем обробітку ґрунту. В орному шарі показники твердості та щільності складення ґрунту на період сівби кукурудзи також трансформувалися під впливом інтенсивності основного обробітку і зберігали встановлені оптимальні параметри на рівні 12,7–16,5 кг/см² та 1,18–1,24 г/см³, відповідно. Максимальне ущільнення ґрунту спостерігалася на фоні no-till, тоді як на фоні оранки чорноземи були більш розпушеними. Способи обробітку ґрунту набувають все більшого значення в регулюванні температури ґрунту у зв'язку з глобальним потеплінням клімату.

Урожайність зерна кукурудзи змінювалася в окремі роки проведення польових дослідів і залежала від способів основного обробітку ґрунту (табл. 2). Максимальна врожайність зерна кукурудзи 8,56 т/га сформувалася у 2021 році внаслідок найбільш сприятливих гідротермічних параметрів степового клімату. При цьому кліматичний фактор 2021 року позитивно вплинув на всі способи основного обробітку ґрунту. Мінімальну врожайність 4,92 т/га було отримано в 2020 році за технології no-till через дефіцит вологозабезпеченості в період вегетації кукурудзи. В середньому за роки досліджень мінімізація обробітку ґрунту призвела до недоотримання врожаю. Завдяки оптимізації агрофізичних, морфобіологічних та біометричних параметрів ґрунту залежно від способів основного обробітку відвальний плуг та чизельний обробіток забезпечили стабільну врожайність зерна кукурудзи на рівні 6,99–6,62 т/га. За роки досліджень дисковий обробіток і no-till регулярно відставали на 0,35–0,88 т/га від зернової продуктивності кукурудзи, отриманої за традиційного інтенсивного та чизельного обробітків.

Таблиця 2

Урожайність зерна кукурудзи залежно від різних способів основного обробітку ґрунту, т/га (середнє за 2019–2021 рр., $x \pm SD$, n=8)

Врожайність (фактор А)	Обробіток (фактор В)			
	оранка	чизельний	дисковий	no-till
2019	6,59 ± 0,13 ^b	6,16 ± 0,12 ^{bc}	5,58 ± 0,12 ^c	5,44 ± 0,12 ^c
2020	5,83 ± 0,12 ^{bc}	5,37 ± 0,11 ^c	5,06 ± 0,11 ^{cd}	4,92 ± 0,12 ^{cd}
2021	8,56 ± 0,14 ^a	8,34 ± 0,14 ^a	8,18 ± 0,13 ^{ab}	7,96 ± 0,13 ^{ab}
Середня	6,99	6,62	6,27	6,11
НІР, т/га (p = 0,05)				
для фактору А		0,09		
для фактору В		0,12		
для взаємодії АВ		0,13		

Примітка для всіх таблиць: див. таблицю 1.

Враховуючи світову тенденцію до мінімізації обробітку ґрунту [4, 8], проаналізовано економічну ефективність застосування відвального плуга, чизельної оранки, дискування та нульового основного обробітку ґрунту, які забезпечують стабільну врожайність зерна кукурудзи в умовах північного Степу України на рівні 6,11–6,99 т/га відповідно з прибутком 18126,0–20891,9 грн/га та рентабельністю виробництва зерна 115,2–124,0% (табл. 3).

Таблиця 3

Економічні показники вирощування кукурудзи залежно від способів основного обробітку ґрунту (в середньому за 2019–2021 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Врожайність, т/га	Валова вартість, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість, грн/т	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Оранка	6,99	37744,0	16852,1	2411,1	20891,9	124,0
Чизельний	6,62	35747,6	16065,5	2428,2	19682,1	122,5
Дисковий	6,27	33858,0	15732,0	2509,4	18126,0	115,2
No-till	6,11	32994,5	14872,7	2432,5	18121,7	121,8

Максимальну економічну ефективність вирощування кукурудзи забезпечує зяблева оранка відвальним плугом ПОЗ-35 на глибину 23–25 см. Це виражається в найвищому показнику рівня рентабельності – 124,0%. Найнижчий показник рівня рентабельності був у варіанті з дискуванням на 10–12 см і становив 115,2%.

Аналіз економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи показав, що вирощування кукурудзи є рентабельним за умов сільськогосподарського виробництва. Оптимізація способів обробітку ґрунту є запорукою ефективного виробництва зерна кукурудзи. Таким чином, важливо проводити науково-дослідні роботи для кожної зони вирощування, враховуючи асортимент гібридів, екологічні, кліматичні, ґрунтові умови та рівень розвитку сільського господарства в даній місцевості.

Висновки та пропозиції. Система регулювання продуктивності агроценозів кукурудзи в степовій зоні України має достатньо ґрунтово-кліматичних ресурсів для забезпечення високих врожаїв цієї культури та економічного ефекту.

У польових дослідях встановлено, що при загальній масі органічних решток попередника 4,72 т/га, за полицевого обробітку найбільша концентрація рослинних решток пшениці озимої (3,68 т/га) спостерігалась у шарі ґрунту 20–30 см. Мінімізація основного обробітку ґрунту супроводжувалася збільшенням концентрації рослинної біомаси озимої пшениці (3,14–4,58 т/га) у верхньому 0–10 см шарі ґрунту.

Застосування різних способів основного обробітку ґрунту впливає на вміст вологи в ґрунті, твердість та щільність складення ґрунту протягом усього вегетаційного періоду. З мінімізацією обробітку ґрунту та переходом на технологію no-till агрофізичні показники погіршилися.

В середньому за роки досліджень мінімальний обробіток ґрунту призводив до недоотримання 0,37–0,88 т/га врожаю порівняно з полицевим обробітком.

Встановлено економічну ефективність застосування оранки, чизельного, дискового та нульового основного обробітку ґрунту, які забезпечують стабільну врожайність зерна кукурудзи в умовах північного Степу України на рівні 6,11–6,99 т/га

відповідно з прибутком 18126,0–20891,9 грн/га та рентабельністю виробництва зерна 115,2–124,0%.

Система регулювання продуктивності агроценозів кукурудзи в степовій зоні України має достатньо ґрунтово-кліматичних ресурсів для забезпечення високих врожаїв цієї культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Achankeng E., Cornelis W. Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 298, № 3. P. 108967.

2. Busar M. A., Kukał, 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.

3. Dahri I. A., Tagar A.A., Adamowski J., Leghari N., Shah A. R., Soomro S.A. Influence of straw incorporation-to-planting interval on soil physical properties and maize performance. *International Agrophysic*. 2018. Vol. 32. № 3. P. 341–347.

4. Johnson M. D., Lowery B. Effect of three conservation tillage practices on soil temperature and thermal properties. *Soil Science Society of America Journal*. 1985. Vol. 49. № 6. P. 1547–1552.

5. Haruna S. I., Nkongolo N.V. Effects of tillage, rotation and cover crop on the physical properties of a silt-loam soil. *International Agrophysics*. 2015. Vol. 29. № 2. P. 137.

6. Kaminskyi, V., Bulgakov, V., Tkachenko, M., Kolomiets, 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.

7. 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.

8. Цилюрик О. І., Чорна В. І., Гаврюшенко О. О., Десятник Л. М. Зміна агрофізичних властивостей чорнозему звичайного під впливом обробітку ґрунту в сівоzmіні та на рекультивованих землях в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2021. Вип. 5. № 1. С. 115–124.

9. Muñoz-Romero V., Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R. J. Effect of tillage system on soil temperature in a rainfed Mediterranean Vertisol. *International Agrophysics*. 2015. Vol. 29 № 4. P. 467–473.

10. 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. 1807–8621.

11. Цилюрик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівоzmіни за максимального насичення соняшником. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2021. № 30. С. 105–115.

12. Tsyliuryk A. I., Shevchenko S. M., Gonchar N. V., Ostapchuk Y. V., Shevchenko O. M., Derevenets–Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*. Vol. 12. № 3. P. 111–114.

13. 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.

14. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

15. Wang X., Qi, J., Liu B., Kan Z., Zhao X., Xiao X., Zhang, H. Strategic tillage effects on soil properties and agricultural productivity in the paddies of Southern China. *Land Degradation & Development*. 2020. Vol. 31. № 10. P. 1277–1286.
 16. Yang Y., Ding J., Zhang Y., Wu J., Zhang J., Pan, X., He, F. Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management*. 2018. № 201. P. 299–308.
-