

21. Vollmann J., Wagentristsl H., Hartl W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans. *European Journal of Agronomy*. 2010. Vol. 32. Is. 4. pp. 243–248.
22. Федорук І.В. Вплив інокуляції насіння на врожай сої. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 110–116.
23. Черенков А.В., Артеменко С.Ф., Толкачов М.З. Реакція рослин сої сорту Аметист на інокуляцію. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 58. С. 236–240.
24. Novytska N., Gadzovskiy G., Mazurenko B., Svistunova I., Martynov O. Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*. 2020. 18(4). pp. 2512–2519.
25. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2016. 21 с.
26. Дідора В. Г., Деробон І. Ю., Бондар О. Є., Власюк М. В. Вплив елементів органічної технології вирощування на продуктивність сої в умовах Полісся України. *Наукові горизонти*. 2018. № 7–8 (70). С. 36–41.
27. Пиндус В. В. Формування продуктивності сортів сої за органічного землеробства в умовах Правобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ, 2014. 20 с.
28. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.
29. Рекомендації по ефективному застосуванню мікробіологічних препаратів у сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Чернігів, 1999. 22 с.
30. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції : Закон України від 10.07.2018 № 2496-VIII. Відомості Верховної Ради. 2018. № 36. С. 275.

УДК 631.4:502.5

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.9>

ВПЛИВ ҐРУНТОЗАХИСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ

Дереза В.В. – аспірант кафедри екології,
збалансованого природокористування та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет

Сьогодні найбільший успіх у сільському господарстві досягається за умови бажаного збільшення виробництва з одночасним зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище. Тому управління сільськогосподарськими територіями традиційними методами, оцінка та обробка характеристик ґрунту лише за допомогою традиційних категорій недостатні для минулого, теперішнього стану та майбутньої продуктивності ґрунту. Таким чином, можна точно визначити оцінку систем обробки ґрунту, де обробка ґрунту відповідає цілям господарювання та впливає на родючість ґрунту. Визначаючи систему обробки ґрунту, слід вибирати найбільш прийнятну, оцінюючи структуру та якість ґрунту, а не лише з метою розпушування та аерації ґрунту, знищення бур'янів. Щоб порівняти системи управління та обробки ґрунту, необхідно використовувати різні показники оцінки якості ґрунту відповідно до ґрунтових умов.

Важливого значення для забезпечення сприятливих умов розвитку рослин мають оптимальні параметри агрофізичних властивостей ґрунту, які безпосередньо залежать від різних технологій обробітку ґрунту. Ці сучасні технології мають ґрунтуватися на принципах сталого розвитку, сприяти відновленню та покращенню стану ґрунтів і їх родючості, враховувати нестабільні природно-кліматичні умови.

За ґрунтозахисних технологій удобрюється ґрунт, який спроможний забезпечити всі потреби рослин завдяки поліпшенню ґрунтових режимів – поживного, водного, повітряного, теплового та фітосанітарного, тобто прискорення малого біологічного кругообігу речовин і енергії за мінімізації обробітку ґрунту. На сьогодні існують як вже поширені ґрунтозахисні технології (Mini-till, No-till, органічна), так і ті, що використовуються обмежено (точне землеробство) або знаходяться на стадії досліджень (біоензимна, біогенна). Кожна з них має певні переваги та недоліки, які підтверджені практикою вітчизняних виробників і дослідів науковців. Однак, у сучасних умовах нестабільного клімату, різного стану ґрунтів, невизначеного фінансового стану виробників за умов обмеженості ринків збуту сільськогосподарської продукції тощо є доцільність поєднання декількох ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту.

Ключові слова: родючість ґрунту, мінімальний обробіток ґрунту (Mini-till), нульова технологія (No-till), органічна система землеробства, система точного землеробства, біоензимна система, біогенна система.

Dereza V.V. The effect of soil-protective technologies on soil fertility

At present, the greatest success in agriculture is achieved by the desirable increasing the production with simultaneous decreasing the negative impact on the environment. Therefore, the management of farm territories using traditional methods, assessment and processing of soil characteristics only with traditional categories are insufficient for the soil past, present condition, and future soil productivity. Thus, it is possible to estimate accurately soil tillage systems where soil cultivation corresponds to economic targets and affects soil fertility. Determining the soil tillage system, the most appropriate one should be chosen assessing the soil structure and quality but not only with the aim of soil fluffing up, aerating and weeding. To compare the systems of soil management and tillage, it is necessary to use different indicators of soil quality assessment in accordance with soil conditions.

To ensure favorable conditions for plant development, it is important to have the optimal parameters of soil agro-physical properties, which directly depend on various soil tillage technologies. These modern technologies must be grounded on the principles of sustainable development, assist in soil regeneration and improvement of soil condition as well as its fertility, taking into account unstable natural and climatic conditions.

Using soil-protective technologies, the soil is fertilized and it can ensure all plant requirements owing to the improvement of soil regimes – nutritive, water, air, heat, and phytosanitary, i.e., the acceleration of the small biological substances and energy circulation under soil tillage minimization. At present, there are both the wide-spread soil-protective technologies (mini-till, no-till, organic) and those, which are limited in their use (precise farming) or are at the research stage (bio-enzyme, biogenic). Each of these technologies has certain advantages and disadvantages that are confirmed by the practice of Ukrainian producers and experiments of scholars. However, under the modern unstable climate, different soil condition as well as indefinite financial condition of producers under market restrictions of farm products selling markets, and so on, it is expedient to combine several soil-protective tillage technologies.

Key words: soil fertility, mini-till, no-till, organic farming system, precise farming system, bio-enzyme system, biogenic system.

Вступ. На сьогодні у сільському господарстві для захисту посівів від бур'янів, шкідників, вірусів, хвороб рослин та інших небажаних елементів використовуються різноманітні засоби, засоби та тактики [1]. При цьому, вони можуть мати негативні наслідки, значно зменшуючи або навіть припиняючи наступні врожаї. Пестициди, також відомі як засоби захисту рослин (ЗЗР), – це природні або синтетичні сполуки, вироблені людьми, які допомагають фермерам, зменшуючи втрати врожаю від шкідників і хвороб і збільшуючи врожайність з гектара [2].

Використання хімічних засобів захисту рослин і добрив, інтенсивних технологій були направлені на збільшення врожайності сільськогосподарських рослин,

що забезпечує продовольчу безпеку країни, сировину для промисловості, експортний потенціал тощо [3]. Однак, сьогодні сільське господарство покликане відновити свою продуктивність у екологічно чистих умовах і протистояти таким викликам, як зміна клімату та міжнародні політичні та військові події, які загрожують глобальній достатності сільськогосподарської продукції [4]. В зв'язку з цим набувають поширення методи ведення сільського господарства, що базуються на здоров'ї ґрунту, щоб зменшити ерозію, підвищити ефективність використання поживних речовин, покращити структуру ґрунту та зберегти або збільшити врожайність у довгостроковій перспективі [5].

Основна частина. Враховуючи, що з 24 лютого 2022 року Україна знаходиться під впливом повномасштабного вторгнення країни-агресора, в наслідок чого тисячі гектарів родючих українських чорноземів зазнали руйнівного впливу від воєнних дій (бомбардувань, вибухів, горіння, рух військової техніки по полях тощо). Так, ще на початку березня 2022 року приблизно 110053 км² оброблюваних земель знаходилися у межах ризикової зони сільського господарства в Україні, що складало понад 30% усіх оброблюваних земель в Україні [6].

Доцільно відзначити, що ситуація зі збереженням багатства ґрунтів в Україні була не достатньою й у довоєнний час, адже еродованими були визнані майже 26% (16 млн га) ґрунтового покриву й понад 15% з них потребували виведення з обробітку та консервації. Руйнівний вплив такого масштабу став наслідком несталих методів ведення сільського господарства, а також розміщення багатьох розораних територій на схилах. У військовий же час ерозійні процеси будуть мати ще більший кумулятивний вплив [7].

За вказаних умов ведення сільського господарства на попередніх умовах вже не передбачається можливим, оскільки у довгостроковій перспективі це призведе до остаточної втрати родючості вітчизняних чорноземів. У зв'язку з цим набувають актуальності новітні ґрунтозахисні ресурсо-, енерго- і вологоощадні технології, які враховують природно-кліматичні умови та особливості поточного стану ґрунтів, забезпечить попередження та ліквідацію існуючих ерозійних процесів [8], підвищить їх дефляційну стійкість, знизить кислотність і відновить гумус [9, 10]. Особливої актуальності останнім часом набуває і недолік вологи у ґрунтах, що разом з неправильним обробітком спричиняють вітрову ерозію [11]. Для забезпечення ефективності цих заходів необхідна зміна ставлення землекористувачів і землевласників, які для отримання надприбутків здійснюють нищівну експлуатацію сільськогосподарських угідь. Отже, ґрунтозахисні технології одночасно з подоланням наслідків негативного впливу на родючість ґрунтів мають передбачати заходи щодо його збереження та відновлення [12, 13].

До таких ефективних і найбільш відомих ґрунтозахисних технологій відносять: мінімальний обробіток ґрунту (Mini-till), нульова (No-till) й органічна система землеробства. Доцільно відзначити, що їх ефективність в Україні вже підтверджена практичним досвідом передових господарств: ПП «Агроєкологія» та ГК «Арніка» (Полтавська область), ПСП «Сокільча» (Житомирська область), АТЗТ «Агро-Союз» (Дніпропетровська область) та інші [14].

Враховуючи практичний досвід і власні дослідження вченими було розроблено певні наукові передумови впровадження ґрунтозахисних технологій для вирощування культур для всіх зон і підзон України. Вони ґрунтуються на [15]:

1) мініальному обробітку ґрунту на глибину 4–5 см під усі культури сівозміни (в тому числі під буряки, кукурудзу, соняшник тощо);

2) біологізації землеробства шляхом впровадження науково-обґрунтованої структури посівних площ і сівозмін, застосуванням нетоварної частини врожаю як органічних добрив;

3) мульчуванні поверхні ґрунту післяжнивними рештками;

4) широкому застосуванні сидератів.

Технологія Mini-till представляє собою безплатну систему обробітку ґрунту, яка складається лише з мінімального (без перевертання скиби), поверхневого обробітку ґрунту, що передбачає змішування тільки його верхніх шарів [16]. Отже, ця технологія зберігає структуру ґрунту, що сприяє її покращенню, запобігає розпаду гумусу завдяки зниженню аерації ґрунту через відмову від інтенсивного та глибокого розпушення структури, зберігає мікро- та мезофауну, умови для їх життєдіяльності. Також зменшується ущільнення та покращується пружність ґрунту, забезпечується його захист від ерозії та водний баланс [17]. На поверхні поля залишається приблизно 30% пожнивних решток, які добре змішуються, забезпечуючи швидкий і якісний процес нітрифікації [18].

Дослідженнями встановлено, що тривале застосування технології No-till сприяє зменшенню щільності ґрунту в орному та коренезаселеному (0–60 см) шарах. До сівби озимих культур методом No-till ґрунт мають найкращий рівень пористості – понад 57%. За рахунок зменшення проходів сільськогосподарської техніки полем структурні агрегати зросли до 52,6%, що на 12,7% більше, ніж під час обробки відвалу. Поліпшення агрофізичного стану ґрунту за технологією No-till суттєво впливає на водопроникність ґрунту та його водний режим. При застосуванні технології No-till вирішальний вплив на врожайність польових культур мають найкращі агрофізичні властивості ґрунту в орному шарі. Так, технологія No-till здатна забезпечити стабільний приріст урожаю на рівні 3,1–5,2 ц/га або 6,5–38,2%. Тривале використання технології No-till сприяє збереженню ґрунту, продемонструвавши екологічні переваги цієї технології. Оптимальні агрофізичні властивості чорнозему звичайного при застосуванні технології No-till забезпечили ефективне використання вологи, підвищили продуктивність польових культур і дозволили більш ефективно зберегти орні землі за посушливих умов [19].

У дослідженні [20] порівняно вплив традиційного обробітку ґрунту та No-till на фактори родючості ґрунту з точки зору стійкості сільського господарства. Відомо, що тривалий обробіток ґрунту (плужна система) зменшує вміст органічних речовин у ґрунті, порушує кругообіг поживних речовин, родючість і погіршує якість ґрунту. При цьому, використання лише хімічних добрив для підтримки високої врожайності не є успішним через підвищення кислотності ґрунту, вимивання поживних речовин і погіршення стану фізичної й органічної речовини ґрунту. Результати досліджень показали, що більш високі рівні органічного С у ґрунті, мікробної біомаси С та N, потенційної мінералізації N, загального N та P, що гідролізується, були безпосередньо пов'язані з поверхневим накопиченням рослинних решток, що сприяло консерваційному обробітку ґрунту. Використання No-till збільшує його органічну речовину та покращує родючість, а також має потенціал для збільшення постачання поживними речовинами сільськогосподарських культур за рахунок змін у мінералізації й іммобілізації поживних речовин мікробною біомасою [21].

Вважається, що найбільш ефективною ґрунтозахисною технологією є органічна система землеробства, яка дозволяє досягти збільшення виробництва сільськогосподарських культур, відновити та покращити якість ґрунту, забезпечити тривале управління його властивостями. Це пов'язано з тим, що при розкладанні

органічна речовина вивільняє макро- та мікроелементи в ґрунт, який стає доступним для рослин протягом усього періоду врожаю, сприяючи більшому засвоєнню поживних речовин і покращуючи властивості ґрунту [22].

Шістнадцятирічне дослідження [23] застосування органічного землеробства показало значне підвищення середнього вмісту загального органічного вуглецю (ЗОВ), загального азоту (ЗА), розчиненого органічного вуглецю (РОВ) та розчиненого органічного азоту (РОА). Зразки ґрунту, багаті ЗОВ і РОВ, показали значно вищу активність дегідрогенази та лужної фосфатази, а також вміст легко екстрагованого гломалін-спорідненого ґрунтового білка (ВЛЕГСГБ). Статистичний аналіз показав, що активність дегідрогенази, лужної фосфатази та каталази у ґрунті була значно вищими за органічної системи, ніж для традиційної системи. Обмеження процедур обробітку ґрунту за органічної системи сприяло покращенню балансу органічної речовини ґрунту та значення рН, а також суттєво підвищило вміст ВЛЕГСГБ порівняно з традиційною системою обробітку.

Також методи органічного землеробства змінюють спільноту ґрунтових бактерій, покращуючи якість ґрунту та врожайність навіть за умов посухи [24]. Врожайність сильно корелює зі змінами хімічних властивостей ґрунту та ферментативної активності. Так, рН, Са, Р, активність лужної фосфатази та β -глюкозидази позитивно корелюють за органічної системи, тоді як К та Al корелюють із традиційною системою. Крім того, результати показують зміни за органічної системи у спільноті ґрунтових бактерій, серед яких найпоширеніші типи *Acidobacteria*, *Firmicutes*, *Nitrospirae* та *Rokubacteria*. Вони пов'язані з біохімічними змінами ґрунту за органічної системи, що сприяє підвищенню врожайності.

Також результати досліджень [25] свідчать, що за органічної системи землеробства зберігається вологість ґрунту у середньому більш ніж на 28–32% в різні періоди вегетації рослин порівняно з ґрунтом, який перебуває під інтенсивним землеробством. Визначено, що технології органічної системи здійснюють позитивний вплив на показники структурно-агрегатного стану ґрунту. Так, коефіцієнт структурності ґрунту у шарі 0–10 см за цієї системи дорівнював 9,9, що практично вдвічі вище у порівнянні з інтенсивною системою – 4,62. Зі збільшенням глибини ґрунту його значення має динаміку до зниження, що особливо характерно для шару ґрунту 30–50 см.

Доцільно зауважити ще на такій важливій складовій родючості ґрунту та перевазі органічної системи як збільшення коефіцієнта водостійкості структурних агрегатів, який майже вдвічі більше порівняно з інтенсивною системою – 10 проти 5,2.

За тривалого застосування органічних технологій ще визначено тенденцію до зміни параметрів гумусу, як водотривкої частини ґрунту. Вміст загального гумусу за цієї системи у шарі ґрунту 10–20 см складав 5,26%, тоді як за інтенсивної – 4,70%. Також виявлено на окремих досліджуваних полях його показник на рівні до 6,83% за рахунок інтенсивнішої гуміфікації органічних решток [25]. Особливо показовий процес ґрунтоутворення має місце на еродованих землях, де урожайність, через відповідний період після запровадження органічної системи, відповідала показникам на рівнинних полях. Це особливо актуально для відновлення родючості ґрунтів, які втратили свою родючість, або є деградованими, або незначно постраждали від воєнних дій на території України.

Доцільно відзначити, що на сьогодні до ґрунтозахисних технологій також можна віднести:

1. Систему точного землеробства, яка базується на спостереженні, вимірюванні та реагуванні на мінливість посівів на початку і всередині поля. Для цього використовуються інформаційні технології (ІТ), щоб гарантувати, що культури та ґрунт отримують саме те, що їм потрібно для оптимального здоров'я та продуктивності [26]. Це також забезпечує прибутковість вирощування, стійкість і захист навколишнього середовища. Система враховує такі аспекти, як тип ґрунту, рельєф місцевості, погодні умови, ріст рослин і дані про врожайність при вирощуванні сільськогосподарських культур [27].

2. Біоензимну технологію, яка передбачає запуск біоценозу завдяки використанню бентоніту як гарного сорбенту та гідранту, поживного елементу для автотрофних бактерій. Передбачається внесення бентоніту (15 т/га) один раз на 7–10 років з щорічним внесенням ферментованого Оксизином куриного посліду (1 т/га) та ферменту Агрозину (4,4 л/га). В результаті відбувається покращення хімічного складу ґрунту за всіма показниками навіть в умовах пустель [28].

3. Біогенну систему, яка ґрунтується на нових енергетичних, органічних і біогенних ресурсах, організаційно-технологічних та макроструктурних змінах, які дозволяють значно поліпшити вологозабезпеченість і продуктивність ґрунту. За цією системою передбачається [29, 30]:

- розширення площ посівів зернобобових і багаторічних бобових трав у структурі посівних площ до 30%, що дозволяє ефективніше синтезувати білкові форми в агроecosystemі;

- внесення мульчепласту з подрібнених чагарників (у розрахунку 10 т/га) як відновлюване джерело полісахаридів та енергії, макро- і мікроелементів, які поглинаються вибірково (при цьому калій накопичується як K_2O , у найкращій формі). Додатково забезпечується усунення дефляції та водної ерозії, відбувається формування позитивного водного балансу ґрунту;

- здійснення локально-вертикального типу обробітку ґрунту задля накопичення вологи й усунення ерозійних процесів. Для цього передбачено навесні щорічно на 1 м² площі спеціальним механізмом продавлювати 36 вертикальних дрен діаметром 3 см і глибиною 40 см.

Таким чином, на сучасному етапі землевласники та землекористувачі мають можливість обрати ефективну ґрунтозахисну технологію або поєднати декілька в залежності від особливостей і стану ґрунтів, природно-кліматичних умов, власних фінансових і виробничих можливостей, ринків збуту продукції тощо. При цьому, треба орієнтуватися, що правильний обробіток ґрунту може збільшити вміст органічної речовини в ньому, покращити його структуру, поповнити поживні речовини в ґрунті, збільшити інфільтрацію води та ефективність використання води, зберегти вологу в ґрунті та підвищити ефективність поглинання поживних речовин культурами.

Висновок. Зростання глобальних проблем з продовольством, дестабілізація природно-кліматичних умов з поширенням посух, необхідність відновлення родючості вітчизняних ґрунтів як за попередньої системи господарювання, так у післявоєнний період вимагають застосування ґрунтозахисних технологій їх обробітку. Розглянуті найбільш відомі з них (Mini-till, No-till й органічна система землеробства) вже мають успішний досвід впровадження в Україні та свідчать про їх ефективність на економічному, екологічному й енергетичному рівнях. Їх впровадження забезпечує родючість ґрунту (а за деяких систем і відновлення),

зменшення його ерозії або ліквідацію її наслідків, забезпечення довготривалої продуктивності.

Для збільшення їх ефективності можливе додаткове впровадження технологій точного землеробства, яке використовує новітні технології з метою покращення якості врожаю, економному використанню енергетичних і виробничих ресурсів. Розглянуті біоензимна та біогенна системи теж мають позитивний вплив на збереження та відновлення родючості ґрунтів, ефективні на виробничому рівні й екологічно безпечні. Однак, наразі вони ще не отримали поширення в умовах України, що свідчить про їх перспективність як для наукових досліджень, так і практичного використання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Barrett M., Soteris J., Shaw D. Carrots and sticks: incentives and regulations for herbicide resistance management and changing behavior. *Weed Science*. 2016. Vol. 64. P. 627–640.
2. Koutsouris A. Innovating towards sustainable agriculture: a greek case study. *Journal of Agricultural Education and Extension*. 2008. Vol. 14. P. 203–215.
3. Tuğrul K. M. Soil management in sustainable agriculture. *Sustainable Crop Production*. 2019. DOI 10.5772/intechopen.88319
4. Kalogiannidis S., Kalfas D., Chatzitheodoridis F., Papaevangelou O. Role of crop-protection technologies in sustainable agricultural productivity and management. *Land*. 2022. Vol. 11, 1680. DOI 10.3390/land11101680
5. Soil health: new opportunities to innovate in crop protection research and development / L. W. Atwood et al. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 10, 821742. DOI 10.3389/fenvs.2022.821742
6. Майже третина українських полів може бути незасіяними або недоступними. URL: <https://uncg.org.ua/a-third-ua-crops> (дата звернення: 3.12.2022).
7. Василюк О., Колодежна В. Якою має бути доля пошкоджених вибухами українських територій? URL: <https://uncg.org.ua/iakoiu-maie-buty-dolia-poshkodzhenykh-vybukhamy-ukrainskykh-terytorij> (дата звернення: 3.12.2022).
8. Kumarasinghe U. A review on new technologies in soil erosion management. *Journal of research technology and engineering*. 2021. Vol. 2, Issue 1. P. 120–127.
9. Камінський В.Ф. Наукові основи оптимізації сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур залежно від типу агроформувань. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 4. С. 3–14.
10. Формування родючості ґрунту в умовах органічного землеробства / В.М. Писаренко та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 85–91. DOI 10.31210/visnyk2019.03.11
11. Гаркуша А. Ґрунтозахисні технології у землеробстві в умовах зміни клімату. *Агро Еліта*. 2019. URL: <https://agroelita.info/gruntozahysni-tehnolohiji-u-zemlerobstvi-v-umovah-zminy-klimatu> (дата звернення: 4.12.2022).
12. Чайка Т.О. Роль мінімального обробітку ґрунту в органічному землеробстві. *Інженерія природокористування*. 2018. № 2 (10). С. 37–44.
13. Чайка Т.О. Причини та механізми економічного стимулювання підвищення родючості ґрунтів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 155–158. DOI 10.31210/visnyk2014.03.32
14. Chayka T. Preconditions for development of the market of organic products in Ukraine. *Marketing and Management of Innovations*. 2011. Vol. 41. P. 233–240. DOI 10.21272/mmi.2011.4.1-32
15. Кукса Л. Ресурсо- й енергоощадні технології обробітку ґрунту та сівби зернових культур. URL: <https://propozitsiya.com/ua/resurso-y-energooshchadni-tehnologiyi-obrobitku-gruntu-ta-sivbi-zernovih-kultur> (дата звернення: 5.12.2022).

16. Марченко І. Мінімальний варіант. *Агробізнес-Україна*. 2022. № 2. URL: <https://agrobusiness.com.ua/minimalnyi-variant> (дата звернення: 5.12.2022).
 17. Циліурік О. Мінімальний обробіток ґрунту та система no-till. *Агрономія сьогодні*. 2019. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/12869-minimalnyi-obrobitok-hruntu-ta-systema-notill.html> (дата звернення: 6.12.2022).
 18. Паштецький В.С. Мінімізація обробітку ґрунту в системі агроекологічного захисту ґрунтів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 2. С. 74–81.
 19. Zelenskay G., Zelenskiy N., Shurkin A. Agrophysical Properties of Ordinary Chernozem as the Basis of Stability of Modern Agriculture. *International research conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education*. 2021. P. 745–756. DOI 10.18502/kl.v0i0.9012
 20. Shokati B., Ahangar A.G. Effect of conservation tillage on soil fertility factors: A review. *International Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 4, No. 11. P. 144–156.
 21. How does no-till affect soil-profile compactibility in the long term? / H. Blanco-Canqui et al. *Geoderma*. 2022. 425:116016. DOI 10.1016/j.geoderma.2022.116016
 22. Impact of Organic Farming on soil fertility and crop productivity / I.F. Lalrintluangi et al. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*. 2019. Vol. 6, Issue 1. P. 891–901.
 23. The effect of organic and conventional farming systems with different tillage on soil properties and enzymatic activity / M. Kobierski et al. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, 1809. DOI 10.3390/agronomy10111809
 24. Organic farming practices change the soil bacteria community, improving soil quality and maize crop yields / A. Durrer et al. *PeerJ*. 2021. Vol. 9, e11985. DOI 10.7717/peerj.11985
 25. Посухи в контексті змін клімату України / В.М. Писаренко та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 139–146. DOI 10.31210/visnyk2019.01.18
 26. Аніскевич Л. Ефективність точного землеробства в аграрному бізнесі. *Механізація АПК*. 2019. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14998-efektyvnist-tochnoho-zemlerobstva-v-aharnomu-biznesi.html> (дата звернення: 6.12.2022).
 27. Mokariya L.K., Malam K.V. Precision agriculture – a new smart way of farming. *Agriculture and Environment*. 2020. Vol. 1, Issue 2. P. 87–92.
 28. Самойленко І. Запуск біоценозу. *Зерно*. 2017. № 12 (141). С. 30–35.
 29. Тимофєєв М.М. Біогенне землеробство в аспекті енергетичних ресурсів. *Бюлетень зернового господарства*. 2010. № 38. С. 154–158.
 30. Тимофєєв М.М., Вінюков О.О., Бондарева О.Б. Взаємодія біогенних та техніко-технологічних чинників при формуванні сталих агробіоценозів. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 43–49.
-