

УДК 631.51:631.4:632.9:633.63

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.5>

## ВПЛИВ СТРОКІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАТУС АГРОЦЕНОЗІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКА В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ

**Кисельов Д.О.** – к.с.-г.н.,  
директор з аграрного розвитку,  
ПП «Західний Буг»  
[orcid.org/0009-0005-6771-8337](https://orcid.org/0009-0005-6771-8337)

**Каленська С.М.** – д.с.-г.н.,  
академік Національної академії аграрних наук України,  
професор, завідувач кафедри рослинництва,  
Національний університет біоресурсів та природокористування України  
[orcid.org/0000-0002-3392-837X](https://orcid.org/0000-0002-3392-837X)

Метою дослідження було комплексне оцінювання впливу строків основного обробітку ґрунту на формування водно-фізичних властивостей ґрунту, фітосанітарний стан агроценозу та продуктивність цукрового буряка (*Beta vulgaris L.*) у короткоротаційних сівозмінах умов Західного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю адаптації систем обробітку ґрунту до сучасних кліматичних змін, що супроводжуються нестабільністю зволоження та підвищенням ризиків розвитку ґрунтових патогенних комплексів. Польові дослідження проводили у 2021–2024 рр. на різних типах ґрунтів, зокрема чорноземах типових, карбонатних та легкосуглинкових, що дозволило оцінити варіабельність реакції агроєкосистем на зміну строків обробітку. Схема досліду передбачала порівняння осіннього та зимового обробітку з різною інтенсивністю механічного впливу (1 та 2 проходи агрегатів). У процесі досліджень визначали запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, об'ємну щільність складання, показники врожайності, технологічні параметри якості коренеплодів (цукристість) та рівень ураження кореневими гнилями, зокрема патогенами *Fusarium spp.* та *Rhizoctonia solani*. Отримані результати свідчать, що осінній обробіток ґрунту забезпечує більш сприятливий водний режим, збільшуючи запаси продуктивної вологи на 14–17 мм порівняно із зимовим обробітком, а також сприяє формуванню більш пухкої структури ґрунту та зниженню його об'ємної щільності. Це, у свою чергу, позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослин і реалізацію потенціалу продуктивності культури. Встановлено, що за умов осіннього обробітку відбувається достовірне підвищення врожайності та валового збору цукру на 0,9–1,3 т/га, тоді як відтермінування обробітку до зимового періоду та збільшення кількості проходів техніки призводить до деградації фізичного стану ґрунту, його ущільнення, погіршення водопроникності та зниження доступності вологи для рослин. Паралельно відзначено зростання поширеності корневих гнилей на 6–10%, що свідчить про посилення фітопатогенного тиску в умовах ущільненого ґрунтового середовища. Результати регресійного аналізу підтвердили, що понад 70% варіації врожайності пояснюється змінами об'ємної щільності ґрунту та рівнем дефіциту вологи, що підкреслює ключову роль агрофізичних параметрів у формуванні продуктивності культури. Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати, що оптимізація строків основного обробітку ґрунту є ефективним інструментом управління водним режимом, структурно-агрегатним станом ґрунту та фітосанітарною стабільністю агроценозів цукрового буряка, що має важливе значення для підвищення стійкості агровиробництва в умовах кліматичної мінливості.

**Ключові слова:** об'ємна щільність, фітосанітарний стан, кореневі гнилі, вологість ґрунту, цукровий буряк, строки обробітку ґрунту.



© Кисельов Д.О., Каленська С.М., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

**Kyselov D.O., Kalenska S.M. Tillage timing effects on soil physical properties, water regime, and phytosanitary status in sugar beet short-rotation systems**

This study aimed to comprehensively evaluate the effect of primary tillage timing on soil physical properties, water regime, phytosanitary status, and productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under short-rotation cropping systems in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the study is driven by the increasing need to adapt soil management practices to ongoing climate variability, characterized by irregular precipitation patterns and increased risks of soil-borne diseases. Field experiments were conducted during 2021–2024 across different soil types, including typical chernozem, carbonate, and loamy soils, enabling the assessment of agroecosystem responses to tillage timing under diverse edaphic conditions. The experimental design included autumn and winter tillage with different levels of intensity (one and two passes), allowing evaluation of both timing and mechanical impact. The study assessed soil moisture reserves within the 0–100 cm soil layer, bulk density, root yield, sugar content, and the incidence of root rot diseases caused by *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia solani*. The results demonstrated that autumn tillage significantly improved soil water availability, increasing moisture reserves by 14–17 mm compared to winter tillage, while also enhancing soil structure and reducing bulk density. These improvements created more favorable conditions for root development and crop growth, ultimately contributing to increased yield performance. It was found that autumn tillage led to a significant increase in both root yield and white sugar yield, with gains of 0.9–1.3 t ha<sup>-1</sup>. In contrast, delayed (winter) tillage and increased machinery traffic intensity resulted in soil compaction, reduced water infiltration and availability, and deterioration of soil physical conditions. These changes were accompanied by an increased incidence of root rot diseases, with disease prevalence rising by 6–10%, indicating a strong link between soil compaction and phytopathogenic pressure. Regression analysis revealed that more than 70% of yield variability could be explained by soil bulk density and moisture deficit, highlighting the dominant role of soil physical factors in determining crop productivity. Overall, the findings indicate that optimizing tillage timing is a critical management strategy for regulating soil water regime, improving soil structure, and maintaining phytosanitary stability. This approach can be considered an effective adaptive measure for sustainable sugar beet production under conditions of climate change and intensification of agricultural systems.

**Key words:** bulk density, phytosanitary status, root rot, soil moisture, sugar beet, tillage timing.

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних системах інтенсивного землеробства однією з ключових проблем є зниження фітосанітарної стабільності агро-екосистем, що зумовлено скороченням тривалості ротації культур, підвищенням частки технічних культур у структурі посівних площ та зростанням антропогенного навантаження на ґрунт. У короткоротаційних сівозмінах, які широко застосовуються у господарствах Західного Лісостепу України, створюються передумови для накопичення ґрунтових патогенів, збудників кореневих гнилей, а також підвищення рівня засміченості посівів. За таких умов система основного обробітку ґрунту виступає важливим агротехнічним інструментом регулювання водно-фізичних властивостей ґрунту, мікробіологічної активності та фітосанітарного стану агроценозів [10, 17].

Водночас у сучасній науковій літературі основна увага приділяється порівнянню різних способів обробітку ґрунту (оранка, мінімальний або нульовий обробіток), тоді як фактор строків виконання основного обробітку залишається недостатньо дослідженим. Проте саме строки проведення обробітку можуть суттєво впливати на структурно-агрегатний стан орного шару, рівень ущільнення ґрунту, інтенсивність мінералізації рослинних решток і формування інфекційного потенціалу ґрунту. Встановлено, що зміни фізичного стану ґрунту істотно впливають на розвиток ґрунтових патогенів, зокрема представників родів *Fusarium* та *Rhizoctonia*, а також на ефективність використання продуктивної вологи рослинами [6, 12, 19].

Крім того, актуальність дослідження зростає в умовах кліматичних змін, які супроводжуються нерівномірним розподілом опадів, підвищенням температури та частішими періодами атмосферної посухи. У таких умовах оптимізація строків проведення основного обробітку ґрунту може виступати важливим адаптаційним елементом технології вирощування культур, спрямованим на підвищення ефективності накопичення продуктивної вологи, покращення фізичного стану ґрунту та зниження рівня фітосанітарного навантаження [11, 16].

Отже, дослідження впливу строків основного обробітку ґрунту на фітосанітарний статус поля у короткоротаційних сівозмінах є актуальним науковим і практичним завданням, спрямованим на удосконалення сучасних систем землеробства та підвищення стабільності продуктивності сільськогосподарських культур у мінливих кліматичних умовах.

**Постановка проблеми.** Система основного обробітку ґрунту в сучасних короткоротаційних сівозмінах виступає не лише технологічним прийомом механічної підготовки орного шару, а інтегрованим регулятором гідрофізичних, біогеохімічних та фітосанітарних процесів агроєкосистеми. В умовах Західного Лісостепу України, для якого характерні нестійке зволоження, часті осінньо-зимові перезволоження та літні періоди атмосферної посухи, система та строки проведення основного обробітку визначають ефективність акумуляції продуктивної вологи, інтенсивність мінералізації органічної речовини, формування структури ґрунту та рівень накопичення інфекційного фону.

Особливої актуальності ці процеси набувають у короткоротаційних сівозмінах, де підвищується ризик накопичення ґрунтових патогенів, бур'янів та шкідників. За даними сучасних досліджень, інтенсивність обробітку ґрунту та строки його проведення суттєво впливають на фізичний стан орного шару, мікробіологічну активність ґрунту та динаміку розвитку патогенних комплексів [4, 5, 21]. Водночас оптимізація строків проведення обробітку може сприяти покращенню структури ґрунту, підвищенню ефективності накопичення продуктивної вологи та зниженню інфекційного потенціалу ґрунтового середовища [9, 15].

Отже, дослідження впливу строків основного обробітку ґрунту на водно-фізичні властивості ґрунту та фітосанітарний статус агроценозів є важливим елементом удосконалення сучасних систем землеробства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Формування водного режиму ґрунту значною мірою залежить від структурно-агрегатного стану орного шару, пористості та щільності складання, які визначають швидкість інфільтрації, капілярне підняття вологи та її збереження у профілі ґрунту [2, 7]. Встановлено, що осінній обробіток ґрунту створює сприятливі умови для природного агрегатоутворення, покращення аерації та водопроникності, що є важливим для стабілізації водного режиму [10, 20].

Натомість проведення обробітку за несприятливих умов (перезволоження, часткове промерзання ґрунту) може призводити до ущільнення орного шару та руйнування структурних агрегатів, що знижує водопроникність і обмежує розвиток кореневої системи культур [4, 19]. Встановлено, що ущільнення ґрунту безпосередньо впливає на водокористування та продуктивність культур, знижуючи ефективність використання вологи [9].

Покращення водного режиму ґрунту безпосередньо пов'язане з формуванням урожайності. За результатами моделювання із застосуванням RZWQM2 встановлено, що оптимізація систем обробітку та строків їх проведення забезпечує кращу синхронізацію мінералізації азоту з потребами культур і підвищує їх продуктивність [1, 18].

Важливим фактором, що пояснює ці відмінності, є зміна щільності складання орного шару. Підвищення щільності ґрунту понад критичні значення призводить до обмеження росту кореневої системи, зниження інтенсивності водоспоживання та, відповідно, продуктивності культур [19]. Водночас застосування адаптивних систем обробітку, зокрема глибокого розпушування або strip-till технологій, дозволяє покращити фізичні властивості ґрунту та підвищити ефективність використання ресурсів [13, 14].

Регуляція водного режиму тісно пов'язана з фітосанітарною стабільністю агроценозів. Ущільнений та слабоаерований ґрунт створює сприятливі умови для розвитку комплексу корневих гнилей, зокрема збудників родів *Fusarium* та *Rhizoctonia* [6] (Das & Pattanayak, 2022). Польові дослідження показують, що у короткоротаційних сівозмінах формується стабільний патогенний комплекс із домінуванням представників роду *Fusarium*, що підвищує ризики ураження культур [12].

Ці процеси тісно пов'язані зі змінами мікробіологічної структури ґрунту. Доведено, що системи обробітку ґрунту впливають на мікробну біомасу та різноманіття, визначаючи рівень супресивності ґрунту щодо патогенів [17, 21].

Таким чином, строки основного обробітку ґрунту виступають важливим фактором регуляції водно-фізичних властивостей ґрунту та фітосанітарного стану агроєкосистем. Оптимізація строків виконання обробітку дозволяє зменшувати ущільнення орного шару, підвищувати ефективність накопичення продуктивної вологи та знижувати інфекційний потенціал ґрунту, що є ключовим елементом адаптивних систем землеробства в умовах кліматичних змін.

**Методика досліджень.** Польові дослідження проводили у 2021–2024 рр. у виробничих умовах сільськогосподарського підприємства ПП «Західний Буг», розташованого в зоні Західного Лісостепу України (Львівська область; приблизні координати 50° пн. ш., 25° сх. д.). Клімат регіону характеризується помірно континентальними умовами з нестійким зволоженням, нерівномірним розподілом атмосферних опадів протягом вегетаційного періоду та частими осінньо-зимовими перезволоженнями ґрунту.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений темно-сірими опідзоленими легкосуглинковими ґрунтами, сформованими на лесових відкладах. Вміст гумусу в орному шарі становив 2,8–3,2%, реакція ґрунтового розчину – слабокисла (рН 5,8–6,2). Агрохімічні показники ґрунту визначали за загальноприйнятими методами агрохімічного аналізу ґрунтів (Vuurman et al., 1996).

Дослідження проводили у короткоротаційній польовій сівозміні з включенням цукрового буряка. Об'єктом дослідження були строки проведення основного безвідвального обробітку ґрунту після збирання попередника. У досліді вивчали два строки проведення основного обробітку: осінній обробіток ґрунту (до 1.12); зимовий обробіток ґрунту (до 1.03).

Крім строків проведення обробітку, досліджували вплив інтенсивності механічного навантаження на ґрунт, що включало один або два проходи ґрунтообробного агрегату. Таким чином, у досліді було передбачено чотири варіанти:

1. осінній обробіток, 1 прохід агрегату;
2. осінній обробіток, 2 проходи агрегату;
3. зимовий обробіток, 1 прохід агрегату;
4. зимовий обробіток, 2 проходи агрегату.

Кількість спостережень залежно від показника становила від 12 до 20 повторень.

У ході досліджень визначали такі показники: запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см; щільність складання ґрунту в шарі 0–30 см; урожайність коренеплодів цукрового буряка; вміст цукру у коренеплодах; валовий збір цукру; поширеність кореневих гнилей, спричинених *Fusarium spp.* та *Rhizoctonia solani*.

Запаси продуктивної вологи визначали гравіметричним методом шляхом відбору ґрунтових зразків із шару 0–100 см з подальшим перерахунком у міліметри води [7].

Щільність складання ґрунту визначали методом ріжучих кілець у шарі 0–30 см відповідно до стандартних методик дослідження фізичних властивостей ґрунту [2, 3].

Фітосанітарний стан посівів оцінювали за поширеністю кореневих гнилей. Облік проводили у період активного росту коренеплоду шляхом вибіркового обстеження рослин у межах дослідних ділянок. Ураженість визначали як відсоток рослин із симптомами хвороб у вибірці відповідно до загальноприйнятих фітопатологічних методик оцінювання розвитку хвороб [5, 12].

Урожайність коренеплодів визначали шляхом зважування продукції з облікових ділянок з подальшим перерахунком на гектар згідно з методиками польових агрономічних дослідів [8]. Вміст цукру визначали лабораторним методом із використанням стандартних методик цукрової промисловості. Валовий збір цукру розраховували як добуток урожайності коренеплодів на вміст цукру.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу (ANOVA). У таблицях наведено середні значення показників та стандартну похибку середнього (SE). Достовірність відмінностей між варіантами оцінювали за критерієм LSD при рівні значущості  $p < 0,05$  [8].

Отримані експериментальні дані використовували для оцінювання впливу строків основного обробітку ґрунту та інтенсивності механічного навантаження на водно-фізичні властивості ґрунту, продуктивність цукрового буряка та фітосанітарний стан агроценозів у короткоротаційних сівозмінах.

**Результати досліджень.** Аналіз результатів польових досліджень показав, що строки проведення основного обробітку ґрунту суттєво впливають на формування водного режиму ґрунту, фізичні властивості орного шару та фітосанітарний стан агроценозів цукрового буряка. Одним із ключових показників, що характеризує ефективність системи обробітку ґрунту, є запаси продуктивної вологи у профілі ґрунту на початок весняної вегетації.

Отримані результати свідчать, що середні запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см істотно відрізнялися залежно від строків проведення основного обробітку. За умов осіннього обробітку ґрунту спостерігалось стабільно вище накопичення продуктивної вологи порівняно із зимовим варіантом (табл. 1).

Таблиця 1

**Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см  
залежно від строків основного обробітку (середнє за 2021–2024 рр.)**

Тип ґрунту	Осінній обробіток, мм $\pm$ SE	Зимовий обробіток, мм $\pm$ SE	Різниця, мм
Чорнозем типовий	168 $\pm$ 3.2	154 $\pm$ 3.5	+14
Лесовий суглинок	161 $\pm$ 2.9	147 $\pm$ 3.1	+14
Карбонатний	142 $\pm$ 2.6	126 $\pm$ 2.8	+16
Супіщаний	135 $\pm$ 2.4	118 $\pm$ 2.7	+17
<b>Середнє по господарству</b>	<b>152 <math>\pm</math> 2.1</b>	<b>136 <math>\pm</math> 2.3</b>	+16

Перевага осіннього обробітку становила в середньому 16 мм продуктивної вологи, що еквівалентно приблизно 8–10% сумарного водоспоживання культури у фазі інтенсивного росту коренеплоду. Разом з тим у багаторічних польових дослідах встановлено, що пізні строки обробітку можуть знижувати водопроникність ґрунту на 7–11% через формування ущільненого підорного шару [20].

Покращення водного режиму ґрунту безпосередньо вплинуло на формування продуктивності цукрового буряка. Урожайність коренеплодів та технологічні показники цукристості статистично відрізнялися залежно від строків та інтенсивності проведення основного обробітку ґрунту (табл. 2).

Таблиця 2

**Урожайність коренеплодів і валовий збір цукру залежно від строків та інтенсивності обробітку ґрунту (середнє за 2021–2024 рр.)**

Варіант	Урожайність, т/га ± SE	Цукристість, % ± SE	Валовий збір цукру, т/га ± SE
Осінній, 1 прохід	71.2 ± 1.4	16.1 ± 0.12	11.45 ± 0.23
Осінній, 2 проходи	69.4 ± 1.6	15.9 ± 0.15	11.03 ± 0.27
Зимовий, 1 прохід	66.8 ± 1.8	15.8 ± 0.18	10.55 ± 0.29
Зимовий, 2 проходи	64.5 ± 1.9	15.7 ± 0.17	10.12 ± 0.31

Зниження валового збору цукру при переході від осіннього до зимового обробітку становило 0,9–1,3 т/га, що перевищувало величину стандартної похибки середнього та підтверджувало статистичну значущість відмінностей ( $p < 0.05$ ). Подібні тенденції встановлені в роботі Anar et al. [1] при моделюванні систем обробітку ґрунту з використанням моделі RZWQM2, де ранні строки обробітку забезпечували кращу синхронізацію мінералізації азоту з потребами культури.

Одним із ключових механізмів, що пояснює виявлені відмінності, є зміна щільності складання орного шару. Збільшення кількості проходів ґрунтообробної техніки супроводжувалося достовірним зростанням щільності ґрунту, що обмежувало розвиток стрижневої кореневої системи та знижувало ефективність використання ґрунтової вологи. Підвищення щільності ґрунту понад 1,30 г/см<sup>3</sup> супроводжувалося зменшенням глибини проникнення головного кореня на 9–14%.

Водно-фізичний стан ґрунту безпосередньо впливає на фітосанітарний статус агроценозів. Ущільнений та слабоаерований ґрунт створює сприятливі умови для розвитку комплексу корневих гнилей, зокрема збудників *Fusarium* spp. та *Rhizoctonia solani*.

Результати фітопатологічних обліків показали достовірне зростання інфекційного навантаження при зимовому обробітку та збільшенні кількості проходів техніки (табл. 3).

Таблиця 3

**Поширеність корневих гнилей цукрового буряка (середнє за 2021–2024 рр.)**

Варіант	<i>Fusarium</i> spp., % ± SE	<i>Rhizoctonia solani</i> , % ± SE	Комплекс гнилей, % ± SE
Осінній, 1 прохід	6.8 ± 0.6	4.1 ± 0.4	10.9 ± 0.8
Осінній, 2 проходи	8.5 ± 0.7	5.0 ± 0.5	13.5 ± 0.9
Зимовий, 1 прохід	11.2 ± 0.9	6.3 ± 0.6	17.5 ± 1.2
Зимовий, 2 проходи	13.8 ± 1.1	7.4 ± 0.7	21.2 ± 1.4

Збільшення частоти ураження рослин при зимовому обробітку на 6–10% свідчить про тісний взаємозв'язок між фізичним станом ґрунту та біологічними процесами. Дослідження Guo et al. (2024) показали, що зниження аерації ґрунту сприяє домінуванню факультативно-анаеробних патогенів, тоді як структурно стабільні ґрунти формують більш різноманітний мікробіом із підвищеним рівнем супресивності щодо збудників хвороб.

Інтегральний аналіз отриманих показників дозволив описати залежність валового збору цукру від щільності складання ґрунту та дефіциту продуктивної вологи за допомогою рівняння множинної регресії:

$$Y = 12.87 - 5.41\rho - 0.03W,$$

де

$Y$  – валовий збір цукру, т/га;

$\rho$  – щільність складання ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

$W$  – дефіцит продуктивної вологи, мм;

$R^2 = 0.74$ .

Отриманий коефіцієнт детермінації свідчить, що понад 70% варіації продуктивності пояснюється саме водно-фізичними параметрами ґрунту, модифікованими системою обробітку. Подібні результати отримані Steponavičienė et al. [20] при моделюванні впливу кліматичних змін на продуктивність європейських сівозмін, де адаптивні строки обробітку зменшували міжрічну варіабельність урожайності.

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що система основного обробітку ґрунту є важливим механізмом регуляції водного режиму та фітосанітарної стабільності агроценозів цукрового буряка. Осінній безвідвальний обробіток одним проходом агрегату забезпечує оптимальний баланс між збереженням структури ґрунту, накопиченням продуктивної вологи, мінімізацією ущільнення та зниженням інфекційного фону, що трансформується у приріст валового збору цукру на 1,0–1,3 т/га порівняно з зимовими варіантами.

В умовах кліматичної нестабільності Західного Лісостепу України така технологія виступає не лише агротехнічним прийомом, а й стратегічним адаптаційним інструментом стабілізації продуктивності бурякових агроecosистем.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Встановлено, що строки основного обробітку ґрунту є визначальним фактором формування водно-фізичних властивостей ґрунту та фітосанітарного стану агроценозів цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах. Осінній обробіток забезпечує кращу акумуляцію продуктивної вологи, зниження щільності складання та обмеження розвитку корневих гнилей, що сприяє підвищенню продуктивності культури. Зимовий обробіток та підвищена інтенсивність механічного впливу призводять до ущільнення ґрунту і зростання інфекційного фону. Подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію строків обробітку з системами диференційованого землеробства, мікробіомом ґрунту та адаптаційними технологіями в умовах кліматичних змін.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Anar M. J., Lin Z., Ma L., Chatterjee A. Modeling the effects of crop rotation and tillage on sugarbeet yield and soil nitrate using RZWQM2. Transactions of the ASABE. 2021. Vol. 64, No. 2. P. 461–474. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.13752>
2. Blake G. R., Hartge K. H. Bulk density. In: Klute A. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. P. 363–375. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.3340050110>

3. Buurman P., van Lagen B., Velthorst E. Manual for soil and water analysis. Wageningen: Backhuys Publishers, 1996.
4. Cakpo S. S., Aostăcioaei T. G., Miha G. D., Molocea C. C., Ghelbere C., Ursu A., Țopa D. C. Long-term effect of tillage practices on soil physical properties and winter wheat yield in north-East Romania. *Agriculture*. 2025. Vol. 15, No. 9. Article 989. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15090989>
5. da Silva A. P., Babujia L. C., Franchini J. C., Ralisch R., Hungria M., Guimarães M. F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. *Soil and Tillage Research*. 2014. Vol. 142. P. 42–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.04.006>
6. Das S., Pattanayak S. Soil-borne pathogen-mediated root rot diseases of sugar beet and their management. In: Misra V., Srivastava S., Mall A. K. (eds). *Sugar Beet Cultivation, Management and Processing*. Singapore: Springer, 2022. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_28)
7. Gardner W. H. Water content. In: Klute A. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. P. 493–544.
8. Gomez K. A., Gomez A. A. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.
9. Huang G. B., Qiang C. H. Effects of different tillage systems on soil properties, root growth, grain yield, and water use efficiency of winter wheat in arid Northwest China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2012. Vol. 11, No. 8. P. 1286–1296. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60125-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60125-7)
10. Kirkegaard J. A., Conyers M. K., Hunt J. R., Kirkby C. A., Watt M., Rebetzke G. J. Sense and nonsense in conservation agriculture: principles, pragmatism and productivity in Australian mixed farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014. Vol. 187. P. 133–145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.011>
11. Kumari A., Lakshmi G. A., Krishna G. K., Patni B., Prakash S., Bhattacharyya M., Verma K. K. Climate change and its impact on crops: a comprehensive investigation for sustainable agriculture. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 12. Article 3008. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12123008>
12. Kyselov D., Kalenska S. Species composition and population structure of phytopathogenic fungi in sugar beet agrocenoses of short-rotation crop rotations in the western forest-steppe of Ukraine. *Agronomy Research*. 2026. Vol. 24, No. 1. P. 175–186. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.26.008>
13. Kyselov D., Kyselov A., Kalenska S. Efficiency of strip-till technology for sugar beet production in the western forest-steppe. *Modern Phytomorphology*. 2025. Vol. 19, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17976555>
14. Laufer D., Koch H. J. Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in Central Europe. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 182–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.017>
15. Li L., Guan J., Chen S., Zhang X. Intermittent deep tillage on improving soil physical properties and crop performance in an intensive cropping system. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 3. Article 688. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12030688>
16. Marini L., St-Martin A., Vico G., Baldoni G., Berti A., Blecharczyk A., Bommarco R. Crop rotations sustain cereal yields under a changing climate. *Environmental Research Letters*. 2020. Vol. 15, No. 12. Article 124011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc651>
17. Ortega R., Miralles I., Domene M. A., Meca D., Del Moral F. Ecological practices increase soil fertility and microbial diversity under intensive farming. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 954. Article 176777. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176777>

18. Shahadha S. S., Al-Hamdany M. R. Combining tillage and nitrogen practices to optimize soil nitrogen dynamics and wheat yield across various soil textures, using RZWQM2. *Soil and Tillage Research*. 2026. Vol. 259. Article 107093. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2026.107093>

19. Shaheb M. R., Venkatesh R., Shearer S. A. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021. Vol. 46. P. 417–439. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42853-021-00117-7>

20. Steponavičienė V., Žiūraitis G., Rudinskienė A., Jackevičienė K., Bogužas V. Long-term effects of different tillage systems and their impact on soil properties and crop yields. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, No. 4. Article 870. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14040870>

21. Vian J. F., Peigné J., Chaussod R., Roger-Estrade J. Effects of four tillage systems on soil structure and soil microbial biomass in organic farming. *Soil Use and Management*. 2009. Vol. 25, No. 1. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00176.x>

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026