

DOI: 10.32636/01308521.2025-(78)-1-7

**Оригінальна наукова стаття**

УДК 631.51:633.63

**АГРОБІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІНІВ  
ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ  
НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ  
В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ  
ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****Д. О. Кисельов**

ПП «Західний Буг»  
проспект Юності, 39, с. Павлів,  
Шептицький р-н, Львівська обл.,  
80250

Про авторів:

Дмитро КИСЕЛЬОВ,  
кандидат сільськогосподарських  
наук  
ORCID: 0009-0005-6771-8337

Для листування:

Дмитро КИСЕЛЬОВ  
e-mail:  
dmytro.kyselov@zahbug.com.ua

Інформація про фінансування:

ПП «Західний Буг»

Отримано:

4 серпня 2025 р.

Погоджено до друку:

15 вересня 2025 р.

Опубліковано:

30 вересня 2025 р.

У статті наведено результати досліджень впливу термінів основного безвідвального обробітку ґрунту на врожайність цукрового буряку в короткоротаційних сівозмінах Західного Лісостепу України. Встановлено, що осіннє проведення обробітку забезпечує вищу врожайність культури порівняно з зимовим варіантом, особливо на легких карбонатних та піщаних ґрунтах. Виявлено, що продуктивні чорноземні ґрунти мають високу стійкість до зниження врожайності за різних термінів обробітку, але також реагують позитивно на осінній обробіток. Досліджено залежність валового збору цукру від кількості проходів техніки під час обробітку. Один прохід агрегату виявився оптимальним за показниками продуктивності, тоді як два проходи призводили до зниження врожайності. У досліді оцінено варіації врожайності за ґрунтовими групами, а також в цілому по господарству. Аналіз показав, що найбільш ефективне поєднання – осінній обробіток із одним проходом ґрунтообробної техніки – сприяє зростанню валового збору цукру до 11,3 т/га на продуктивних ґрунтах. Установлено важливість адаптації технологій обробітку до ґрунтово-кліматичних умов та структури сівозміни. Представлено дані, які можуть бути використані для оптимізації систем основного обробітку в умовах зміни клімату. Результати досліджень підтверджують доцільність мінімізації механічного впливу на ґрунт. Наголошено на потребі врахування агрофізичних властивостей ґрунту при плануванні технологічних операцій. Робота базується на багатофакторному підході з урахуванням типу ґрунту, терміну та інтенсивності обробітку. Запропоновано практичні рекомендації щодо удосконалення обробітку ґрунту у вирощуванні цукрового буряку.

**Ключові слова:** цукровий буряк, обробіток ґрунту, врожайність, короткоротаційна сівозміна.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Кисельов Д. О., 2025

**Agrobiological substantiation of the influence of primary soil tillage timing on sugar beet yield in short-rotation crop rotations of the Western Forest-Steppe of Ukraine**

Private Enterprise “Zakhidnyi Buh”  
39 Yunosti Avenue, Pavliv village,  
Sheptytskyi District, Lviv Region,  
80250

About authors:

Dmytro KYSELOV

ORCID: 0009-0005-6771-8337

For corresponding:

Dmytro KYSELOV

e-mail:

dmytro.kyselov@zahbug.com.ua

Funding information:

Private Enterprise “Zakhidnyi Buh”

Received:

August 4, 2025

Accepted:

September 15, 2025

Published:

September 30, 2025

The article presents research results on the influence of timing of primary moldboard-free soil tillage on sugar beet yield in short-rotation crop rotations of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It was established that autumn tillage provides higher crop yield compared to winter variant, especially on light carbonate and sandy soils. It was found that productive chernozem soils have high resistance to yield reduction under different tillage timing, but also respond positively to autumn tillage. The dependence of gross sugar yield on the number of machinery passes during tillage was investigated. One pass of the aggregate proved optimal in terms of productivity indicators, while two passes led to yield reduction. The experiment evaluated yield variations by soil groups as well as for the farm as a whole. Analysis showed that the most effective combination – autumn tillage with one pass of tillage machinery – promotes gross sugar yield increase up to 11.3 t/ha on productive soils. The importance of adapting tillage technologies to soil-climatic conditions and crop rotation structure was established. Data that can be used for optimizing primary tillage systems under climate change conditions are presented. Research results confirm the feasibility of minimizing mechanical impact on soil. The need to consider soil agrophysical properties when planning technological operations is emphasized. The work is based on a multifactorial approach considering soil type, timing and intensity of tillage. Practical recommendations for improving soil tillage in sugar beet cultivation are proposed.

**Keywords:** sugar beet, soil tillage, yield, short-rotation crop rotation.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

**Вступ.** У результаті інтенсивного землеробства цукровий буряк потребує не лише правильної сівозміни й удобрення, а й оптимальних термінів основного обробітку ґрунту, які значно впливають на структуру ґрунту, баланс вологи, доступність поживних речовин, а також фітосанітарний стан посівів. Недотримання оптимальних строків – як передчасне, так і пізнє проведення обробітку ґрунту може негативно позначитися на фізико-хімічних властивостях ґрунту, кореневій системі та потенціалі урожайності.

Наукові дані із Центральної Європи свідчать, що зернові попередники (особливо пшениця) покращують результати врожайності буряка на 3–6 % порівняно з кукурудзою та соєю [6, 7]. Інші дослідження підтверджують ефективність зернових у досягненні стабільної продуктивності в умовах коротких сівозмін [12]. Проте обробіток ґрунту – особливо у

strip-till, або no-till режимах показує неоднозначні результати: деякі роботи демонструють підвищення врожайності на 5–6 % [9, 16], інші – однакові показники незалежно від глибини проведення [8, 11]. До мінімізації обробітків ґрунту та оптимізації азотного балансу необхідно віднести посів сидератів, як післяжнивної культури, а правильний підбір покривних культур і управління строками їх заробки в ґрунт є важливим інструментом підвищення ефективності використання азоту та стійкості агросистем у вирощуванні цукрового буряка [19]. В одному з проєктів була розроблена методика побудови «матриць сівозміни», які дозволяють кількісно оцінити вплив різних культур на врожай наступних у сівозміні. Запропонована система поєднує великі масиви експериментальних даних з польових досліджень і моделювання, що дає змогу формувати точніші рекомендації

для планування сівозмін та ґрунтових обробітків в різних ланках сівозміни [3, 12].

Урожайність цукрового буряка значною мірою залежить від попередника та обробітку ґрунту через їхній вплив на доступність води та поживних речовин. Тому моделювання цих ефектів є важливим для прийняття рішень у технологіях вирощування [4, 14]. У дослідженнях Університету Північної Дакоти встановлено, що система обробітку ґрунту не справляла істотного впливу на урожайність не залежно від типу його обробітку [14].

Одним з найважливіших показників, що впливають на формування високої та стабільної врожайності цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах є водний баланс, фізико-хімічні властивості та мікробіом ґрунту. В цілому, поєднання агротехнічних і мікробіологічних факторів є ключем до підвищення продуктивності та екологічної стійкості систем вирощування цукрового буряка [12, 17].

Цукровий буряк проявляє високу чутливість до дефіциту вологи у критичні фази росту, тоді як зернові культури мають відносно стабільніші показники в умовах змін клімату. Саме тому необхідна адаптація сівозмін, зокрема зміна термінів сівби, вибір пластичних сортів і оптимізація обробітку ґрунту, що стане ключовим елементом для підтримання продуктивності агросистем в умовах кліматичних змін [2, 5].

Необхідно зауважити, що крім вище перелічених факторів, управління органічною речовиною та оптимізація азотного живлення є ключовими факторами підвищення продуктивності та цукристості буряків у зрошуваних агроєкосистемах [9, 18]. В дослідженнях Ю. Макух наведено результати досліджень, які вказують, що поєднання оптимальних сівозмін і збалансованих систем удобрення є ключовим фактором у забезпеченні високої продуктивності цукрового буряка та раціонального використання водних ресурсів у чорноземних ґрунтах [1, 10, 20].

Більшість досліджень зосереджені на технології, але мало хто приділяє увагу строкам проведення основного обробітку – особливо в контексті кліматично-адаптивної технології в конкретних регіонах. Супутниковий аналіз та машинне навчання показують, що ефект попередника посилюється у вологі роки, а популярність бобових знижується при теплих умовах [13].

Окремим параметром при оцінці врожайності є час збирання цукрового буряка. Результати багаторічних польових експериментів показали, що відстрочене збирання з вересня до листопада сприяло підвищенню врожайності та накопиченню цукру в коренеплодах, проте ефект залежав від особливостей гібридів особливостей та погодних умов року. Для більшості гібридів оптимальними були пізніші строки, які забезпечували зростання урожайності на 4–6 %, а в окремих випадках – понад 6 %. Адаптація строків збирання до конкретних кліматичних і сортових умов є важливим фактором підвищення продуктивності та технологічної якості цукрового буряка [15].

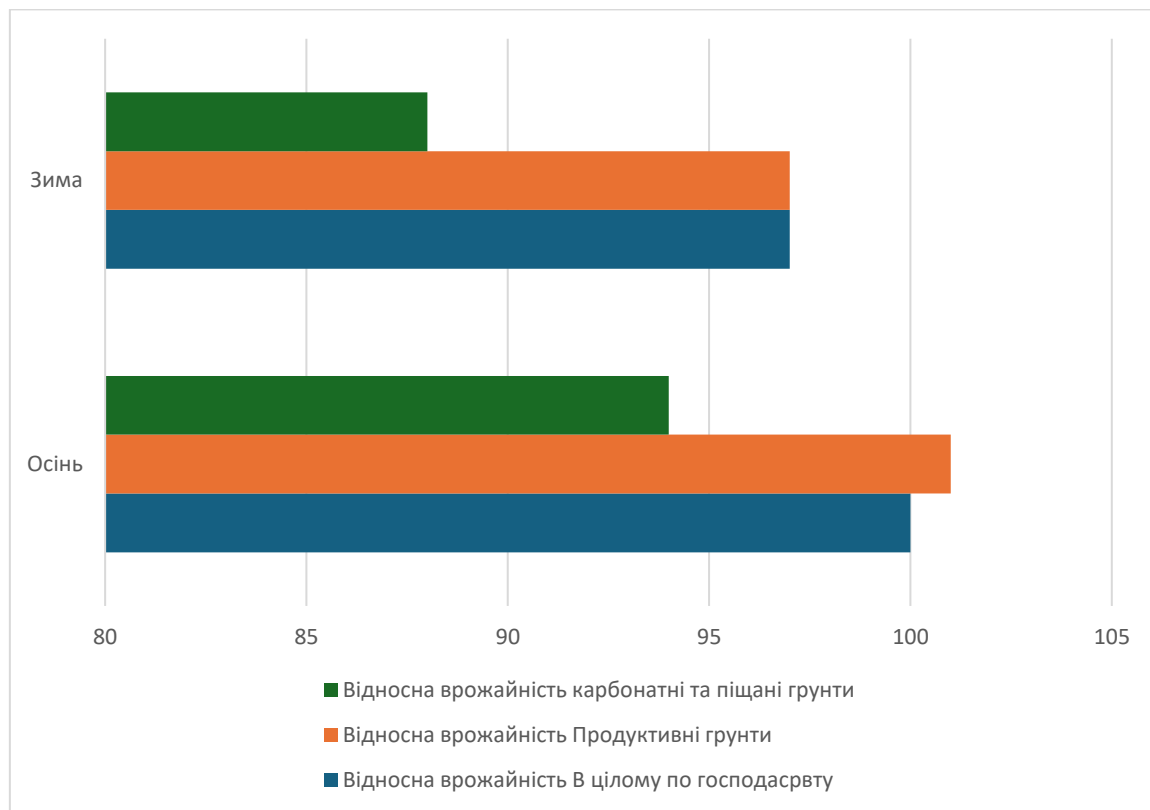
Мета дослідження – встановити вплив строків основного обробітку ґрунту на врожайність цукрового буряку в умовах короткоротаційної сівозміни Західного Лісостепу України, враховуючи агрофізичні показники ґрунту та кліматичні умови.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводилися впродовж 2021–2024 рр. у виробничих умовах ПП «Західний Буг», яке обробляє близько 65 000 га землі в межах Львівської, Тернопільської, Волинської та Чернівецької областей. З них 45 000 га включено до бурякової сівозміни. Щороку площа посіву цукрового буряку становить 14 500–15 500 га. Технологія вирощування цукрового буряка – традиційна для регіону. Норма висіву – 120 тис. нас./га.

**Результати та обговорення.** На основі проведених аналізів та отриманих результатів встановлено чітку залежність урожайності цукрового буряку від термінів основного обробітку ґрунту та типів ґрунтів

у межах короткочасної сівозміни (рис. 1). Порівняльний аналіз відносної врожайності демонструє, що проведення

основного обробітку восени забезпечує вищу урожайність на всіх типах ґрунтів порівняно з зимовим обробітком.



**Рис. 1 Вплив термінів основного обробітку ґрунту на відносну врожайність цукрового буряка в умовах різних типів ґрунтів**

Зокрема, на продуктивних ґрунтах (чорноземи, лесові суглинки) осінній обробіток дозволив досягти відносної врожайності понад 102 %, що є найвищим показником серед усіх варіантів. У той час як при зимовому обробітку на аналогічних ґрунтах цей показник становив близько 97 %, що вказує на втрату 4 відсоткових пунктів урожайності, ймовірно, через пізнє закриття вологи, слабку структуру орного горизонту й менше вікно на стабілізацію мікробіоти ґрунту.

На карбонатних та супіщаних ґрунтах, які характеризуються низькою вологомісткістю, загальна врожайність була нижчою в усіх варіантах, але вплив терміну обробітку залишався суттєвим: при осінньому обробітку врожайність становила приблизно 94 %, тоді як за зимового лише 89 %. Це свідчить про погіршення структурного стану ґрунту та

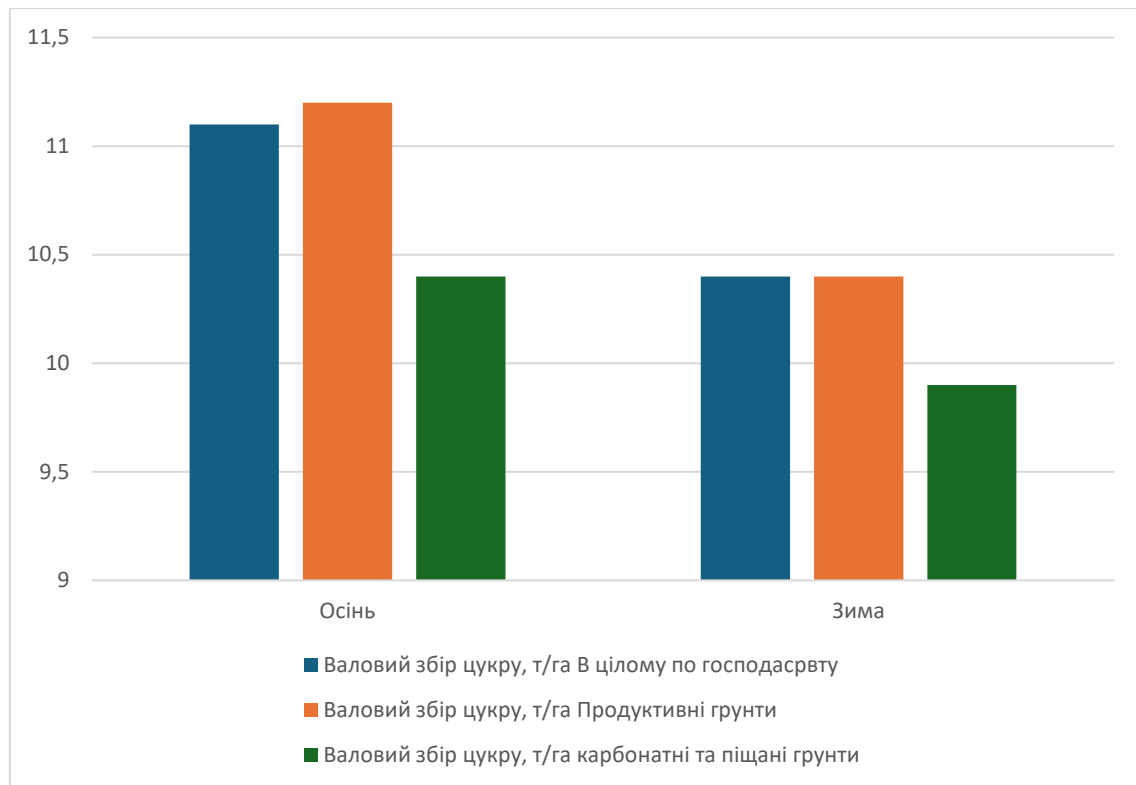
зменшення глибини проникнення вологи при пізньому обробітку ґрунту.

У середньому по господарству осінній обробіток забезпечив відносну врожайність близько 100 %, тоді як зимовий – близько 97 %. Таким чином, осінній термін основного обробітку в умовах Західного Лісостепу виявився оптимальним з огляду на збереження вологи, структурно-агрегатний стан ґрунту та стабільний розвиток бурякових рослин навесні.

Ці результати підтверджують дані попередніх досліджень щодо ефективності ранніх і середньоосінніх термінів обробітку у зонах з нестійким гідротермічним режимом [7, 10]. Водночас вони наголошують на необхідності адаптації строків агротехнічних операцій до типів ґрунтів і метеорологічних умов сезону.

На основі аналізу експериментальних даних встановлено, що терміни проведення основного обробітку ґрунту істотно впливають на рівень валового збору цукру

з одиниці площі в умовах короткоротаційних сівозмін Західного Лісостепу України (рис. 2).



**Рис. 2 Валовий збір цукру цукрового буряка за різних термінів обробітку ґрунту на основних типах ґрунтів**

При осінньому обробітку ґрунту середній валовий збір цукру по господарству становив 11,1 т/га, що на 0,5 т/га перевищувало відповідний показник за умов зимового обробітку (10,5 т/га). Найвищі значення валового збору при осінньому обробітку були зафіксовані на продуктивних ґрунтах і становили 11,2 т/га, тоді як на карбонатних і піщаних ґрунтах цей показник був суттєво нижчим – близько 10,4 т/га.

У разі застосування зимового обробітку валовий збір знижувався на всіх типах ґрунтів. На продуктивних ґрунтах він становив 10,4 т/га, а на менш вологомістких – карбонатних та піщаних зменшувався до 9,9 т/га. Ці результати свідчать про негативний вплив пізнього обробітку на формування агрофізичних умов у період накопичення біомаси та цукристості.

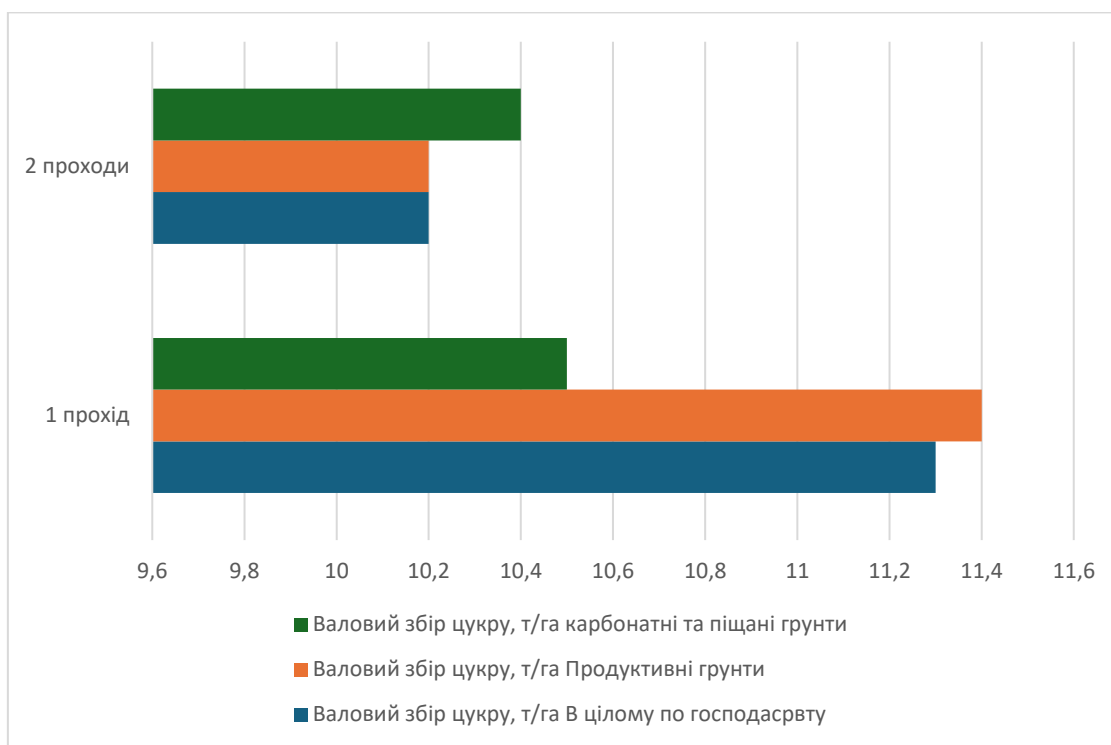
Можемо зробити припущення, що зниження урожайності в умовах зимового обробітку може бути зумовлене ущільненням орного шару внаслідок проходження техніки по мерзлому або перезволоженому ґрунту, а також затримкою в прогріванні та аерації ґрунту навесні. Це особливо негативно впливає на початковий ріст і розвиток цукрового буряка в умовах дефіциту вологи або низької температури ґрунту.

Отримані результати свідчать про доцільність проведення основного обробітку ґрунту восени, особливо на малобуферних ґрунтах з метою зменшення втрат продуктивної вологи, покращення фізичного стану ґрунту та забезпечення оптимальних умов для формування врожаю цукрового буряка.

У результаті досліджень виявлено, що кількість проходів техніки під час

виконання основного безвідвального обробітку ґрунту має суттєвий вплив на валовий збір цукру з площі посіву

цукрового буряка. За умов одного проходу техніки забезпечувався вищий рівень урожайності на всіх типах ґрунтів.



**Рис 3. Валовий збір цукру цукрового буряка залежно від кількості проходів техніки під час безвідвального обробітку ґрунту**

Так, середній валовий збір цукру по господарству становив 11,2 т/га за одного проходу техніки, що на 1,1 т/га більше порівняно з варіантом з двома проходами (10,1 т/га). Найвищі показники були зафіксовані на продуктивних ґрунтах при одному проході – 11,4 т/га. Натомість при дворазовому обробітку цей показник знизився до 10,2 т/га. Аналогічна тенденція спостерігалася і на карбонатних та піщаних ґрунтах – 10,5 т/га за одного проходу проти 10,3 т/га за двох.

Виявлене зниження урожайності при збільшенні кількості проходів техніки. Можемо зробити припущення, що це пов'язане з погіршенням агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема надмірним ущільненням орного шару та зменшенням пористості, що негативно впливає на інфільтрацію вологи, аерацію й розвиток кореневої системи рослин. Це особливо критично в умовах обмеженої вологомисткості ґрунтів, таких як піщані

або карбонатні, де ущільнення швидко призводить до погіршення ростових умов.

Отримані результати підтверджують доцільність мінімізації кількості механічних втручань при основному обробітку ґрунту в технології вирощування цукрового буряку в умовах Західного Лісостепу України, що дозволяє зберегти структуру ґрунту, підвищити ефективність використання вологи та реалізувати продуктивний потенціал культури.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень були зроблені наступні висновки:

1. Терміни основного обробітку ґрунту мають істотний вплив на урожайність цукрового буряку. Осінній обробіток забезпечує вищу відносну врожайність як у межах продуктивних ґрунтів (+1,5–2 %), так і по господарству в цілому, порівняно з зимовим обробітком. Особливо виражена різниця фіксується на карбонатних та піщаних ґрунтах, де

зимовий обробіток погіршує стартові умови для росту.

2. Валовий збір цукру також вищий після осіннього обробітку. На продуктивних ґрунтах він становив понад 11,2 т/га, тоді як при зимовому обробітку – лише 10,4–10,5 т/га. Це вказує на кращу акумуляцію та збереження вологи, мікробіологічну активність і стартову мінералізацію азоту за осінньої обробки, що важливо для росту буряка в ранні фази.

3. Кількість проходів техніки при основному обробітку має негативну кореляцію з врожайністю. За одного проходу техніки (один прохід безвідвального агрегата) отримано найвищий валовий збір цукру: до 11,3 т/га

на продуктивних ґрунтах і 11,2 т/га в середньому по господарству. Два проходи призводили до ущільнення ґрунту, зниження аерації та погіршення вологоутримуючих властивостей, особливо на легких ґрунтах.

4. Оптимальним поєднанням агроприймів у досліджуваних умовах є проведення основного безвідвального обробітку в осінній період одним проходом техніки. Це забезпечує максимальну продуктивність цукрового буряку, зменшує витрати пального, знижує ступінь ущільнення ґрунту та підвищує ефективність використання природної вологи.

#### Список використаної літератури

1. Закономірності зміни врожайності та якості коренеплодів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України / О. І. Присяжнюк та ін. *Новітні агротехнології*. 10 (1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385>.
2. Продуктивність буряків цукрових у різноротаційних сівозмінах лівобережного лісостепу за органо-мінерального удобрення / Я. С. Цимбал та ін. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. Вип. 4 (6). [file:///C:/Users/User\\_405/Downloads/56-Article%20Text-108-1-10-20230228%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User_405/Downloads/56-Article%20Text-108-1-10-20230228%20(1).pdf).
3. AI-and data-driven pre-crop values and crop rotation matrices / S. Fenz et al. *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 150. Article 126949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126949>.
4. Bodner G., Alsalem M. Sugar beet rooting pattern mediates stomatal and transpiration responses to progressive water stress. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (10). P. 2519. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102519>.
5. Climate change impacts on two European crop rotations via an ensemble of models / E. Pohanková et al. *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 164. Article 127456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127456>.
6. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production – Results From a Farm Survey and Field Trials / H.-J. Koch et al. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 231. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>.
7. Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years / P. Götze et al. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.003>.

#### References

1. Patterns of changes in yield and quality of sugar beet roots when applying measures to increase tolerance to drought stress in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine / O. I. Prisyazhniuk et al. *Novitni agrotekhnologii*. 10 (1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385>.
2. Productivity of sugar beet in different rotation crop rotations of the left bank forest-steppe under organic-mineral fertilization / Ya. S. Tsybmal et al. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*. 2022. Vyp. 4 (6). [file:///C:/Users/User\\_405/Downloads/56-Article%20Text-108-1-10-20230228%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User_405/Downloads/56-Article%20Text-108-1-10-20230228%20(1).pdf).
3. AI-and data-driven pre-crop values and crop rotation matrices / S. Fenz et al. *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 150. Article 126949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126949>.
4. Bodner G., Alsalem M. Sugar beet rooting pattern mediates stomatal and transpiration responses to progressive water stress. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (10). P. 2519. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102519>.
5. Climate change impacts on two European crop rotations via an ensemble of models / E. Pohanková et al. *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 164. Article 127456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127456>.
6. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production – Results From a Farm Survey and Field Trials / H.-J. Koch et al. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 231. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>.
7. Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years / P. Götze et al. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.003>.
8. Data on yield and soil parameters of three diverse tilled long-term experimental sites in Austria

8. Data on yield and soil parameters of three diverse tilled long-term experimental sites in Austria (2018–2022) / A. Tiefenbacher et al. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Article 821. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05086-6>.
9. Deficit irrigation for sugarbeet under conventional and no-till production / A. Nilahyane et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2020. Vol. 3, Issue 1. <https://doi.org/10.1002/agg2.20114>.
10. Dynamics of productive moisture reserves, and water consumption use in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on the fertilization system and soil potential fertility / Y. Makukh et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)*. 2025. Vol. 26 (6). DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>.
11. Effect of strip-till and variety on yield and quality of sugar beet / D. Górski et al. *Agriculture*. 2022. Vol. 12 (2). Article 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020166>.
12. Effects of crop rotation on sugar beet growth through improving soil physicochemical properties and microbiome / C. Guo et al. *Industrial Crops and Products*. 2024. Vol. 212. Article 118331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118331>.
13. Kluger D. M., Di Tommaso S., Lobell D. B. Evaluating crop rotations around the world using satellite imagery and causal machine learning. *arXiv preprint*. 2025. arXiv:2506.02384. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.02384>.
14. Modeling the effects of crop rotation and tillage on sugarbeet yield and soil nitrate using RZWQM2 / M. J. Anar et al. *Transactions of the ASABE*. 2021. Vol. 64 (2). P. 461–474. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.13752>.
15. Nowicki R., Wilczewski E., Kłosowski M. The timing of sugar beet harvesting significantly influences root and sugar yield. *Agronomy*. 2025. Vol. 15 (3). Article 704. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15030704>.
16. Overview of techniques for sustainable sugar beet production / Z. Gazdík et al. *International Journal of Plant Production*. 2025. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00354-2>.
17. Phelippé-Guinvarc M., Cordier J. Actuarial implications and modeling of yellow virus on sugar beet after EU neonicotinoid ban and future climates. *arXiv preprint*. 2023. arXiv:2310.01869. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.01869>.
18. Soil organic carbon and nitrogen fractions and sugar beet sucrose yield in furrow-irrigated agroecosystems / T. T. Hurisso et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2015. Vol. 79 (3). P. 876–888. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.02.0073>.
19. Temporal dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) N supply from cover crops differing in biomass quantity and composition / H.-J. Koch et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 920531. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.920531>.
20. Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine / Y. Makukh et al. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Article 821. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05086-6>.
9. Deficit irrigation for sugarbeet under conventional and no-till production / A. Nilahyane et al. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2020. Vol. 3, Issue 1. <https://doi.org/10.1002/agg2.20114>.
10. Dynamics of productive moisture reserves, and water consumption use in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on the fertilization system and soil potential fertility / Y. Makukh et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology (EEET)*. 2025. Vol. 26 (6). DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>.
11. Effect of strip-till and variety on yield and quality of sugar beet / D. Górski et al. *Agriculture*. 2022. Vol. 12 (2). Article 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020166>.
12. Effects of crop rotation on sugar beet growth through improving soil physicochemical properties and microbiome / C. Guo et al. *Industrial Crops and Products*. 2024. Vol. 212. Article 118331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118331>.
13. Kluger D. M., Di Tommaso S., Lobell D. B. Evaluating crop rotations around the world using satellite imagery and causal machine learning. *arXiv preprint*. 2025. arXiv:2506.02384. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.02384>.
14. Modeling the effects of crop rotation and tillage on sugarbeet yield and soil nitrate using RZWQM2 / M. J. Anar et al. *Transactions of the ASABE*. 2021. Vol. 64 (2). P. 461–474. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.13752>.
15. Nowicki R., Wilczewski E., Kłosowski M. The timing of sugar beet harvesting significantly influences root and sugar yield. *Agronomy*. 2025. Vol. 15 (3). Article 704. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15030704>.
16. Overview of techniques for sustainable sugar beet production / Z. Gazdík et al. *International Journal of Plant Production*. 2025. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00354-2>.
17. Phelippé-Guinvarc M., Cordier J. Actuarial implications and modeling of yellow virus on sugar beet after EU neonicotinoid ban and future climates. *arXiv preprint*. 2023. arXiv:2310.01869. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.01869>.
18. Soil organic carbon and nitrogen fractions and sugar beet sucrose yield in furrow-irrigated agroecosystems / T. T. Hurisso et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2015. Vol. 79 (3). P. 876–888. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.02.0073>.
19. Temporal dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) N supply from cover crops differing in biomass quantity and composition / H.-J. Koch et al. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. Article 920531. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.920531>.
20. Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine / Y. Makukh et al. *Scientific*

20. Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine / Y. Makukh et al. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. 26 (3). P. 04. [https://www.researchgate.net/publication/372899878\\_Water\\_use\\_of\\_sugar\\_beet\\_and\\_spring\\_barley\\_in\\_different\\_crop\\_rotations\\_and\\_fertilisation\\_systems\\_in\\_chernozem\\_in\\_Ukraine/](https://www.researchgate.net/publication/372899878_Water_use_of_sugar_beet_and_spring_barley_in_different_crop_rotations_and_fertilisation_systems_in_chernozem_in_Ukraine/).

*Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. 26 (3). P. 04. [https://www.researchgate.net/publication/372899878\\_Water\\_use\\_of\\_sugar\\_beet\\_and\\_spring\\_barley\\_in\\_different\\_crop\\_rotations\\_and\\_fertilisation\\_systems\\_in\\_chernozem\\_in\\_Ukraine/](https://www.researchgate.net/publication/372899878_Water_use_of_sugar_beet_and_spring_barley_in_different_crop_rotations_and_fertilisation_systems_in_chernozem_in_Ukraine/).