

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРОКІВ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

КИСЕЛЬОВ Д.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0005-6771-8337
Приватне підприємство «Західний Буг»

Постановка проблеми. Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) є стратегічною культурою для багатьох країн світу, зокрема України, яка входить до числа провідних виробників цукру в Європі. Стабільність і рівень врожайності культури залежать від комплексу агробіологічних і технологічних факторів, серед яких особливе місце займають строки сівби, система удобрення, попередники та режим обробітку ґрунту.

Для регіонів Західного Лісостепу України, де традиційно зосереджені значні посівні площі цукрового буряка, тенденції кліматичних змін проявляються у вигляді дефіциту продуктивної вологи у критичні фази розвитку культури, зміщення термінів весняного потепління та зростання ризиків пізніх весняних заморозків.

Таким чином, дослідження впливу строків сівби на врожайність цукрового буряка в умовах короткоротаційних сівозмін Західного Лісостепу України є своєчасним і практично значущим. Воно спрямоване на вирішення ключових завдань: забезпечення стабільної продуктивності культури, збереження родючості ґрунтів і адаптацію виробництва до нових кліматичних реалій. Результати таких досліджень можуть стати основою для розробки адаптивних агротехнологій, здатних підвищити ефективність вирощування цукрового буряка та знизити ризики виробництва у довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Урожайність та якість цукрового буряка значною мірою залежать від агротехнічних чинників, серед яких ключове значення має строк посіву. В умовах кліматичної нестабільності саме дата посіву визначає тривалість вегетаційного періоду, ефективність використання тепла і вологи, стійкість рослин до стресових факторів. Пізні терміни посіву веде до скорочення періоду активної вегетації та зниження врожайності, тоді як надто рання може піддавати сходи ризику пошкодження низькими температурами.

Зміни клімату зумовлюють необхідність адаптації технологій вирощування цукрового буряка шляхом уточнення оптимальних строків сівби для різних типів ґрунтів і сівозмін. Дослідження в країнах Центральної та Східної Європи [19] показали, що внаслідок підвищення середніх температур весни оптимальні строки висіву зсуваються у бік більш ранніх. Водночас Ortiz-Bobea et al. [17] довели, що саме зміна строків посіву здатна частково компенсувати негативний вплив підвищення температури та дефіциту опадів на врожайність культури.

Для України актуальність проблеми посилюється високою часткою короткоротаційних сівозмін, де

цукровий буряк часто висівається після культур, що виснажують вологозапаси й погіршують фітосанітарний стан ґрунту. За таких умов дата посіву виступає одним із небагатьох керованих факторів, що дозволяє оптимізувати використання обмежених ресурсів.

Prysiachniuk et al. [20] наголошують на значенні строків сівби у поєднанні з прийомами підвищення толерантності до водного дефіциту. За даними цих авторів, використання антистресових технологій (регулятори росту, біостимулятори) найбільш ефективно саме при ранніх строках сівби, оскільки рослини встигають сформувати потужну кореневу систему до настання літніх посух.

Питання оптимізації строків сівби активно досліджується в останні десятиліття. Згідно з даними Jaggard et al. [11], своєчасна сівба забезпечує довший вегетаційний період, підвищує фотосинтетичну активність і сприяє формуванню більшої листової поверхні, що прямо корелює з урожайністю коренеплодів. Подібні висновки наводять Milford та Draycott [16], які відзначають залежність швидкості наростання біомаси від середньодобових температур і дати висіву.

Дослідження Hurisso et al. [10] в США довели, що оптимізація строків сівби у поєднанні з раціональним управлінням вологозабезпеченням сприяє підвищенню вмісту цукрози у коренеплодах, тоді як пізній посів призводить до значних втрат врожайності. Подібні результати отримали Koch et al. [13] у Німеччині: затримка строків сівби навіть на 10 днів знижувала урожайність на 5–7 %.

У дослідях Deumelandt et al. [3] встановлено, що строки сівби у поєднанні з типом попередника визначають рівень стартового розвитку культури. Автори підкреслюють, що посів після зернових культур у ранні строки сприяв кращому використанню ґрунтової вологи та поживних речовин. Аналогічні результати наведено Götze et al. [7], де врожайність після пшениці перевищувала показники монокультури на 8–10 %.

Питання взаємодії строків сівби і гібриду докладно досліджували Kluger et al. [12] із застосуванням супутникових даних. Автори показали, що сучасні гібриди NZ-типу демонструють більшу стабільність врожайності при ранніх строках сівби, тоді як Z-тип має кращу адаптацію до пізніх строків. El-Hawary et al. [4] у польових дослідях в Єгипті також встановили, що ранні строки сівби (вересень) забезпечували на 4–5 % вищий урожай порівняно з жовтневими строками.

В роботі Guo et al. [8] підкреслюють, що ефект строків сівби тісно пов'язаний із мікробіологічними процесами у ґрунті. Рання сівба сприяє кращій активізації

мікробіоти та поліпшенню структури ґрунту, тоді як пізня часто супроводжується ущільненням і дефіцитом доступної вологи.

Сучасні огляди Gazdík et al. [6] та Bodner and Alsalem [2] доводять, що інтеграція оптимальних строків сівби з новітніми технологіями сталого виробництва (смуговий обробіток, покривні культури, біостимулятори) дозволяє мінімізувати ризики кліматичних стресів і підвищити екологічну стійкість бурякових агросистем.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється впливу сівозмін, технологій обробітку ґрунту та біотичних стресових факторів на продуктивність цукрових буряків. Anar et al. [1] за допомогою моделі RZWQM2 показали, що поєднання сівозмін та різних систем обробітку істотно впливає на врожайність і баланс азоту в ґрунті, забезпечуючи основу для оптимізації агротехнологій [5] підкреслили роль штучного інтелекту та даних великих масивів у прогнозуванні попередників і формуванні матриць сівозмін, що дозволяє значно підвищити точність прийняття агрономічних рішень. Водночас ряд вчених [18] наголосили на викликах, пов'язаних із заборною неонікотиніду в ЄС: моделювання поширення жовтухи буряка у майбутніх кліматичних умовах виявило значні ризики для стабільності врожайності та економії виробництва.

Вітчизняні науковці активно досліджують особливості вирощування цукрового буряка в умовах Лісостепу та Степу України, акцентуючи увагу на строках сівби, системах удобрення й сівозмінах.

Hlushchenko et al. [9] у дослідках на Правобережному Лісостепу встановили, що застосування короткоротаційних сівозмін із цукровим буряком призводить до зниження врожайності на 10–12 %, однак оптимізація строків сівби частково компенсує цей негативний вплив, забезпечуючи стабільність збору цукру з га. Автори підкреслюють, що рання сівба у поєднанні з оптимальними попередниками дозволяє зменшити фітосанітарне навантаження.

Tsymbal et al. [21] довели, що продуктивність буряка значно варіює залежно від системи удобрення і строку сівби. Найвищі показники урожайності (понад 50 т/га) отримано за орґано-мінеральної системи удобрення при ранніх строках сівби, тоді як запізнiла сiвба навіть за оптимального удобрення знижувала продуктивність на 7–9 %.

Макух та ін. [14] у дослідках на чорноземах Західного Лісостепу виявили, що строки сівби суттєво впливають на ефективність використання ґрунтової вологи. Рання сівба дозволяла бурякам краще використовувати весняну вологу, знижуючи ризики літніх посух. Це сприяло підвищенню коефіцієнта водоспоживання на 12–15 % порівняно з пізнішими строками.

Подальші дослідження [15] показали, що за умов короткоротаційних зерно-бурякових сівозмін динаміка продуктивної вологи в орному шарі ґрунту суттєво змінюється залежно від строків сівби. Осінньо-зимові дефіцити вологи частково компенсуються ранньою весняною сівбою, яка забезпечує краще укорінення та формування листового апарату.

Таким чином, аналіз сучасної літератури підтверджує, що строки сівби є одним із ключових факторів формування врожайності та якості цукрового буряка. Найвищі результати забезпечує рання або середньорання сівба, особливо у поєднанні з зерновими попередниками, орґано-мінеральним удобренням та адаптованими сортами. Зміни клімату та обмеження в захисті рослин (наприклад, заборона неонікотиніду) вимагають подальшої оптимізації строків сівби для забезпечення стабільності виробництва.

Мета – дослідити вплив строків посіву цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводилися протягом 2018–2024 рр. у виробничих умовах ПП «Західний Буг» на різних типах ґрунтів Західного Лісостепу України. Оцінювалися показники збору цукру (т/га) та відносної врожайності (%) цукрового буряку залежно від строків сівби. Дослідження проводилися на ґрунтах різного генетичного походження та продуктивності: високопродуктивних чорноземах, карбонатних і піщаних. Статистичну обробку виконано методами варіаційного аналізу із застосуванням регресійного моделювання та побудовою трендових кривих для виявлення загальних закономірностей.

Результати досліджень. Посів цукрового буряку здійснювалися у різні календарні строки: до 1 квітня, 1–10 квітня, 10–20 квітня, 20 квітня – 1 травня та після 1 травня. Найбільші площі були засіяні у період 1–20 квітня (загалом 45 тис. га, з них 37,6 тис. га на продуктивних ґрунтах). Частка карбонатних і піщаних ґрунтів коливалася у межах 9–20 % від загальної площі. Найменші площі були засіяні після 1 травня – лише 7 тис. га.

Для оцінки впливу строків сівби враховувалися два основні показники:

- **збір цукру (т/га)**, що є інтегральним показником поєднання урожайності коренеплодів та їх цукристості;
- **відносна врожайність (%)**, яка характеризує відхилення від середнього рівня по господарству і відображає ефективність строку сівби відносно контрольних варіантів.

Дослідження впливу строків сівби на продуктивність цукрових буряків показало значну варіабельність показників залежно від типу ґрунтів та календарного періоду висіву.

При аналізі залежності валового збору цукру з га, залежно від термінів посіву було встановлено наступні залежності – в середньому по господарству показник збору цукру варіював від 10,5 т/га (до 1 квітня) до 10,9 т/га (10–20 квітня). Найбільш продуктивним періодом була друга декада квітня, коли поєднувалися сприятливі температурні умови та достатнє зволоження ґрунту (рисунк 1).

На продуктивних чорноземах максимальний рівень становив 11,0 т/га, що перевищує показники ранніх строків (10,8 т/га) та пізніх строків (10,6–10,7 т/га). Це свідчить про стабільність чорноземів як ґрунтової основи для вирощування цукрового буряку, незалежно від коливань календарних строків.

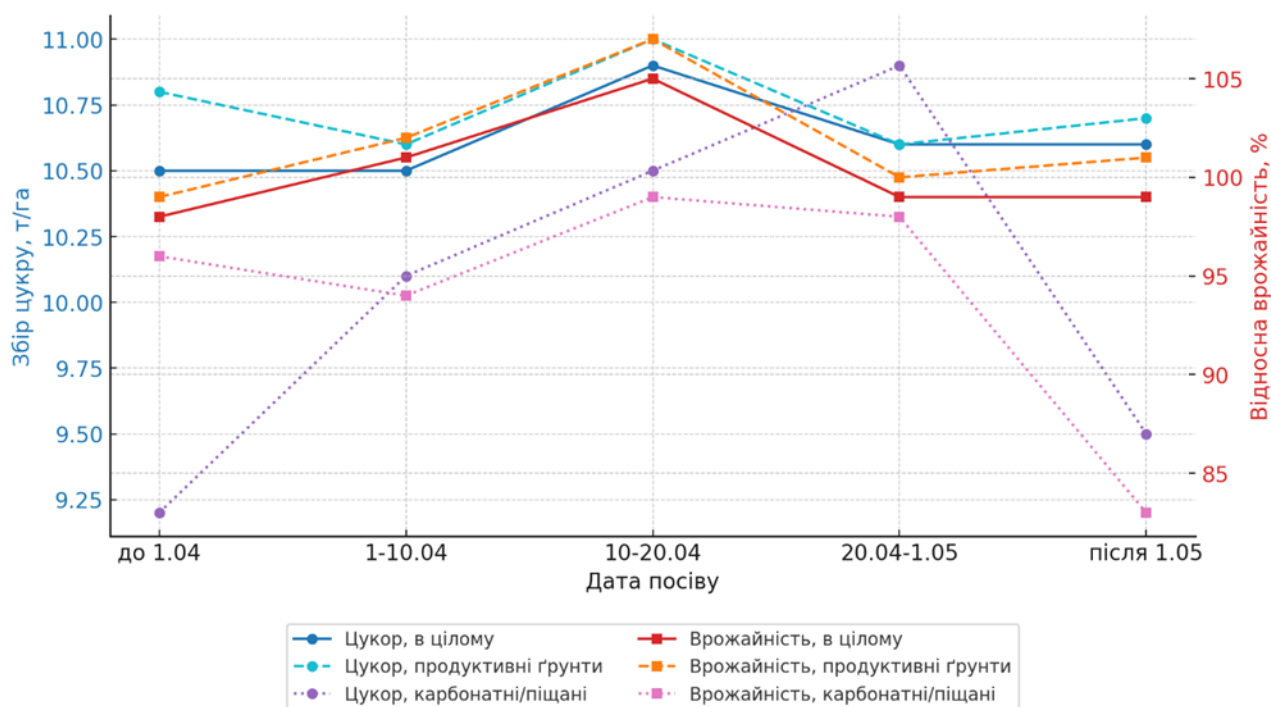


Рис. 1. Залежність впливу термінів посіву на валовий збір цукру та відносну врожайність цукрового буряка

На карбонатних і піщаних ґрунтах відмічалася значна варіативність: від 9,2 т/га (до 1 квітня) до 10,9 т/га (20 квітня – 1 травня). У цих умовах пізніші строки давали кращий результат, ніж ранні, проте після 1 травня продуктивність різко падала до 9,5 т/га, що пов'язано з дефіцитом вологи та швидким пересиханням легких ґрунтів у весняний період.

В свою чергу, відносна врожайність підтвердила тенденції збору цукру. Найвищий рівень відносної врожайності відзначався у період 10–20 квітня – 105 % у середньому по господарству та 107 % на чорноземах. Це означає, що оптимальні строки забезпечували приріст урожайності відносно середнього рівня.

На карбонатних і піщаних ґрунтах відмічено значні коливання: від 96 % при ранніх строках (до 1 квітня) до 99 % у середині квітня та лише 83 % після 1 травня. Таким чином, на менш родючих ґрунтах пізні строки виявилися найбільш ризикованими через істотне зниження потенціалу урожайності.

На продуктивних чорноземах показники залишалися відносно стабільними (99–107 %), що свідчить про їх здатність компенсувати несприятливі умови завдяки високому рівню запасів вологи, структурності та буферності.

Оптимальні строки сівби пов'язані з узгодженням агробіологічних факторів. У першій декаді квітня спостерігалися прохолодні умови, які гальмували початковий ріст, а на піщаних ґрунтах ще й провокували втрати сходів через нестачу вологи. Друга декада квітня забезпечила поєднання достатнього прогрівання ґрунту (8–10 °C), запасів весняної вологи та сприятливих умов для рівномірних сходів. Пізні посіви (після 1 травня)

характеризувалися коротшим періодом вегетації та потраплянням фаз активного росту під умови дефіциту вологи й підвищених температур, що особливо негативно відобразилося на менш родючих ґрунтах.

Отримані результати узгоджуються з даними сучасних досліджень, які підтверджують важливість строків сівби для оптимізації фотосинтетичної активності, формування коренеплоду та нагромадження цукру в умовах кліматичних змін.

Було побудовано поліноміальні моделі другого порядку для підтвердження залежності між строками та відносною врожайністю де x – порядковий номер декади сівби (1 – до 1.04, 2 – 1–10.04, ..., 5 – після 1.05).

В цілому для всього масиву проаналізованих даних.

$$Y = -1,14x^2 + 6,86x + 92,4 \quad (R^2 \approx 0,59)$$

Для продуктивних ґрунтів

$$Y = -1,14x^2 + 7,06x + 93,2 \quad (R^2 \approx 0,48)$$

Для карбонатних ґрунтів

$$Y = -2,29x^2 + 11,51x + 84,6 \quad (R^2 \approx 0,73)$$

Аналіз коефіцієнтів детермінації показує, що найвищий ступінь пояснюваності моделі спостерігається для карбонатних та піщаних ґрунтів ($R^2 \approx 0,73$), що підтверджує сильну залежність їхньої продуктивності від строків посіву. На продуктивних ґрунтах зв'язок менш жорсткий ($R^2 \approx 0,48$), оскільки високий потенціал родючості пом'якшує негативний вплив пізньої сівби.

Таким чином, оптимальний період сівби для максимізації врожайності – 10–20 квітня, особливо на продуктивних ґрунтах, тоді як відкладання сівби після 1 травня

призводить до різкого зниження продуктивності, особливо на карбонатних і піщаних ґрунтах.

Побудована математична модель прогнозування валового збору цукру, залежно від термінів посівів в цілому для всього масиву проаналізованих даних, де x – порядковий номер декади сіви (1 – до 1.04, 2 – 1–10.04, ..., 5 – після 1.05).

$$Y = -0,35x^2 + 2,8x + 97 \quad (R^2 \approx 0,89)$$

Така модель описує нелінійний характер реакції рослин – підвищення валового збору цукру з га до середини квітня, з подальшим її зниженням. Аналіз впливу строків сіви цукрового буряка на збір цукру з 1 га показав чітку залежність продуктивності від календарних термінів посіву та типу ґрунтів.

Висновки. За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Оптимальним строком сіви цукрового буряка у Західному Лісостепу України є 10–20 квітня, що забезпечує максимальну врожайність, особливо на продуктивних ґрунтах. Для карбонатних і піщаних ґрунтів критично важливо уникати як ранніх, так і пізніх строків сіви, оскільки це призводить до значного зниження врожайності.

2. Математичне моделювання показало наявність параболічної залежності, з максимумом у період 10–20 квітня. Для всіх типів ґрунтів характерна подібна динаміка, проте амплітуда коливань більша на легких ґрунтах.

3. Врожайність цукрових буряків, посіяних в ранній термін, була на рівні 98–101 % по господарству. На продуктивних ґрунтах показники залишалися відносно стабільними (99–102 %), тоді як на карбонатних та піщаних ґрунтах простежувалося зниження до 94–96 %. Це може бути пов'язано з менш сприятливим тепловим режимом у ранні строки, що особливо критично для легких ґрунтів.

4. При пізніх термінах посіву, на продуктивних ґрунтах відзначалася тенденція до зниження врожайності (100–101 %), однак без суттєвого падіння. Натомість на карбонатних і піщаних ґрунтах урожайність різко знижувалася – до 98 % при посіві 20.04–1.05 та лише 83 % після 1 травня. Це вказує на високу чутливість даного типу ґрунтів до запізнення посіву.

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(2). P. 461–474. DOI: <https://doi.org/10.13031/trans.13752>.
2. Bodner G., Alsalem M. Sugar beet rooting pattern mediates stomatal and transpiration responses to progressive water stress. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(10). 2519. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102519>.
3. Deumelandt T., Ladewig E., Strecker T., Märlander B. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 231. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>.
4. El-Hawary M. A., Elsayed M. H., Abdelateef I. A. Effect of sowing dates on root and sugar yield of some sugar beet varieties at different locations. *Egyptian Journal of Applied Sciences*. 2024. Vol. 39(9–10). P. 1–15.
5. Fenz S., Neubauer T., Heurix J., Friedel J. K., Wohlmuth M. L. AI and data driven pre crop values and crop rotation matrices. *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 150. Article 126949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126949>.
6. Gazdík Z., Koprna R., Lojková L., Cerkal R. Overview of techniques for sustainable sugar beet production. *International Journal of Plant Production*. – 2025. P. 1–7. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00354-2>.
7. Götze P., Rücknagel J., Wensch-Dorendorf M., Märlander B., Christen O. Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.003>.
8. Guo C., Yang C., Fu J., Song Y., Chen S., Li H., Ma C. Effects of crop rotation on sugar beet growth through improving soil physicochemical properties and microbiome. *Industrial Crops and Products*. 2024. Vol. 212. Article 118331. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118331>.
9. Hlushchenko L. D., Olepir R. V., Len O. I., Samoilenko O. A. The yield of sugar beet in constant sowing and crop rotation. *Bioenergy*. 2020. Vol. 2(16). P. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.225004>.
10. Hurisso T. T., Norton J. B., Mukhwana E. J., Norton U. Soil organic carbon and nitrogen fractions and sugar beet sucrose yield in furrow-irrigated agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*. 2015. Vol. 79(3). P. 876–888. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.02.0073>.
11. Jaggard K. W., Qi A., Ober E. S. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2010. Vol. 365(1554). P. 2835–2851. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0153>.
12. 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>.
13. Koch H. J., Trimper K., Jacobs A., Stockfisch N. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production – results from a farm survey and field trials. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 231. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>.
14. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S., Riznyk V., Zatserkovna N., Rudnyk-Ivashchenko O., Buzynnyi M. Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. 26(3). P. 04. DOI: [10.31210/spi2023.26.03.04](https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04).
15. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S., Riznyk V., Zatserkovna N., Remeniuk Y., Atamaniuk O. Dynamics of productive moisture reserves and water consumption in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on fertilization. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26(6). DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>.
16. Milford G. F. J., Draycott A. P. Sugar beet physiology and yield formation. Cambridge University Press. 2012. 312 p.

17. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M., Chambers R. G., Lobell D. B. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. P. 306–312. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0699-y>.
 18. 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>.
 19. Pohanková E., Hlavinka P., Kersebaum K. C., Nendel C., Rodríguez A., Balek J., Trnka M. Climate change impacts on two European crop rotations via an ensemble of models. *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 164. Article 127456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127456>.
 20. Prysiashniuk O. I., Zaryshniak A. S., Sinchenko V. M., Muzyka O. V., Svystunova I. V., Slobodianiuk V. V., Borysenko B. M., Lukianchuk O. V. Patterns of changes in the yield and quality of sugar beet roots under the application of measures increasing tolerance to water deficit in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*. 2022. Vol. 10(1). DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385>.
 21. Tsybmal Y. S., Boiko P. I., Martyniuk I. V., Bakumova M. V. Productivity of sugar beet in various crop rotations of the Left Bank Forest Steppe with organo-mineral fertilizer. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 2022. Vol. 4. P. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.04.0>.
- REFERENCES:**
1. Anar, M. J., Lin, Z., Ma, L., & Chatterjee, A. (2021). Modeling the effects of crop rotation and tillage on sugarbeet yield and soil nitrate using RZWQM2. *Transactions of the ASABE*, 64(2), 461–474. <https://doi.org/10.13031/trans.13752>
 2. Bodner, G., & Alsalem, M. (2023). Sugar beet rooting pattern mediates stomatal and transpiration responses to progressive water stress. *Agronomy*, 13(10), 2519. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102519>
 3. Deumelandt, T., Ladewig, E., Strecker, T., & Märlander, B. (2018). Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production. *Frontiers in Plant Science*, 9, 231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>
 4. El-Hawary, M. A., Elsayed, M. H., & Abdelateef, I. A. (2024). Effect of sowing dates on root and sugar yield of some sugar beet varieties at different locations. *Egyptian Journal of Applied Sciences*, 39(9–10), 1–15.
 5. Fenz, S., Neubauer, T., Heurix, J., Friedel, J. K., & Wohlmuth, M. L. (2023). AI and data driven pre crop values and crop rotation matrices. *European Journal of Agronomy*, 150, 126949. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126949>
 6. Gazdik, Z., Koprna, R., Lojková, L., & Cerkal, R. (2025). Overview of techniques for sustainable sugar beet production. *International Journal of Plant Production*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s42106-025-00354-2>
 7. Götze, P., Rücknagel, J., Wensch-Dorendorf, M., Märlander, B., & Christen, O. (2017). Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years. *European Journal of Agronomy*, 82, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.10.003>
 8. Guo, C., Yang, C., Fu, J., Song, Y., Chen, S., Li, H., & Ma, C. (2024). Effects of crop rotation on sugar beet growth through improving soil physicochemical properties and microbiome. *Industrial Crops and Products*, 212, 118331. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118331>
 9. Hlushchenko, L. D., Olepir, R. V., Len, O. I., & Samoilenko, O. A. (2020). The yield of sugar beet in constant sowing and crop rotation. *Bioenergy*, 2(16), 34–37. <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.225004>
 10. Hurisso, T. T., Norton, J. B., Mukhwana, E. J., & Norton, U. (2015). Soil organic carbon and nitrogen fractions and sugar beet sucrose yield in furrow-irrigated agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 79(3), 876–888. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.02.0073>
 11. Jaggard, K. W., Qi, A., & Ober, E. S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2835–2851. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0153>
 12. Kluger, D. M., Di Tommaso, S., & Lobell, D. B. (2025). Evaluating crop rotations around the world using satellite imagery and causal machine learning. *arXiv Preprint*. arXiv:2506.02384. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.02384>
 13. Koch, H. J., Trimpler, K., Jacobs, A., & Stockfisch, N. (2018). Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production – results from a farm survey and field trials. *Frontiers in Plant Science*, 9, 231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>
 14. Makukh, Y., Remeniuk, S., Moshkivska, S., Riznyk, V., Zatserkovna, N., Rudnyk-Ivashchenko, O., & Buzynnyi, M. (2023). Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 26(3), 04. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04>
 15. Makukh, Y., Remeniuk, S., Moshkivska, S., Riznyk, V., Zatserkovna, N., Remeniuk, Y., & Atamaniuk, O. (2025). Dynamics of productive moisture reserves and water consumption in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on fertilization. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(6). <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>
 16. Milford, G. F. J., & Draycott, A. P. (2012). *Sugar beet physiology and yield formation*. Cambridge University Press.
 17. Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R. G., & Lobell, D. B. (2020). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 10, 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0699-y>
 18. Phelippé-Guinvarc, M., & Cordier, J. (2023). Actuarial implications and modeling of yellow virus on sugar beet after EU neonicotinoid ban and future climates. *arXiv Preprint*. arXiv:2310.01869. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.01869>
 19. Pohanková, E., Hlavinka, P., Kersebaum, K. C., Nendel, C., Rodríguez, A., Balek, J., & Trnka, M. (2025). Climate change impacts on two European crop rotations via an ensemble of models. *European Journal of Agronomy*, 164, 127456. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127456>

20. Prysiazhniuk, O. I., Zaryshniak, A. S., Sinchenko, V. M., Muzyka, O. V., Svystunova, I. V., Slobodianiuk, V. V., Borysenko, B. M., & Lukianchuk, O. V. (2022). Patterns of changes in the yield and quality of sugar beet roots under the application of measures increasing tolerance to water deficit in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10(1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.281385>
21. Tsybmal, Y. S., Boiko, P. I., Martyniuk, I. V., & Bakumova, M. V. (2022). Productivity of sugar beet in various crop rotations of the Left Bank Forest Steppe with organo-mineral fertilizer. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 4, 12–18. <https://doi.org/10.54651/agri.2022.04.0>

Кисельов Д.О. Оптимізація строків сівби цукрового буряка для підвищення врожайності в короткоротаційних сівозмінах Західного Лісостепу України

Вступ. Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) є базовою культурою агропромислового комплексу України, а Західний Лісостеп виступає ключовим регіоном його виробництва. Інтенсифікація агротехнологій та застосування короткоротаційних сівозмін (2–3 роки повернення на поле) зумовлюють підвищення фітосанітарних ризиків та зниження стійкості агроценозів. Одним із визначальних чинників ефективності виробництва є строки сівби, що безпосередньо впливають на ріст, розвиток, формування врожайності та якості цукрових буряків. Незважаючи на численні дослідження, регіональні особливості реакції культури на строки сівби у поєднанні з різними типами ґрунтів в умовах Західного Лісостепу України залишаються недостатньо висвітленими. **Методи.** Дослідження виконано у 2018–2024 рр. у виробничих умовах ПП «Західний Буг» на ґрунтах різного генезису: високопродуктивних чорноземах, карбонатних і піщаних. Вивчали п'ять строків сівби: до 1 квітня, 1–10 квітня, 10–20 квітня, 20 квітня – 1 травня та після 1 травня. Обліковували збір цукру (т/га) та відносну врожайність (%). Для статистичної обробки даних застосовували дисперсійний аналіз та регресійне моделювання із визначенням коефіцієнта детермінації (R^2). **Результати.** Встановлено, що найоптимальнішим періодом сівби є 10–20 квітня. У цей термін середній збір цукру по господарству становив 10,9 т/га, що відповідало 105% відносної врожайності. На чорноземах максимальні показники досягали 11,0 т/га (107%), що підтвердило їх високу стабільність за різних строків сівби. На карбонатних і піщаних ґрунтах урожайність змінювалася від 9,2 т/га (96%) за ранніх строків до 9,5 т/га (83%) за пізніх, з піковим значенням 10,9 т/га (99%) у третій декаді квітня. Математичне моделювання підтвердило параболічний характер залежності врожайності від строків сівби ($R^2 = 0,59–0,73$), з виразним максимумом у середині квітня. **Висновки.** Оптимальний строк сівби цукрового буряка в Західному Лісостепу України – 10–20 квітня, що забезпечує найвищий збір цукру та стабільні показники відносної врожайності. Чорноземи гарантують стабільність урожаю незалежно від строків, тоді як на карбонатних і піщаних ґрунтах критично важливо уникати як занадто ранніх, так і пізніх посівів, що призводять до значного зниження продуктивності.

Отримані результати можуть бути основою для адаптації технологій вирощування буряка до сучасних кліматичних викликів.

Ключові слова: цукровий буряк, строки посіву, урожайність, збір цукру, короткоротаційна сівозміна, Західний Лісостеп.

Kyselov D.O. Optimization of sugar beet sowing dates to increase yield in short-rotation crop rotations in the Western Forest-Steppe of Ukraine

Introduction. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a cornerstone crop for Ukraine's agro-industrial sector, with the Western Forest-Steppe being a major production zone. Intensified farming practices and the use of short-rotation crop systems (2–3 years return period) increase phytosanitary risks and reduce agroecosystem resilience. One of the most critical factors affecting sugar beet productivity is sowing date, which determines crop establishment, yield formation, and sugar accumulation. Despite global studies, regional responses of sugar beet to different sowing times combined with soil variability in the Western Forest-Steppe of Ukraine remain insufficiently studied. **Methods.** Field experiments were conducted during 2018–2024 under production conditions of PE "Zakhidnyi Buh" on soils of different genesis: highly productive chernozems, carbonate, and sandy soils. Five sowing periods were tested: before April 1, April 1–10, April 10–20, April 20 – May 1, and after May 1. Parameters included sugar yield (t/ha) and relative productivity (%). Statistical analysis was performed using variance analysis and regression modeling, with determination of R^2 to assess the fit of yield–sowing date dependence. **Results.** The most productive sowing period was April 10–20. During this period, the average sugar yield reached 10.9 t/ha across the enterprise, equivalent to 105% relative productivity. On chernozems, maximum sugar yield was 11.0 t/ha (107%), indicating strong stability regardless of sowing date. On carbonate and sandy soils, yields ranged from 9.2 t/ha (96%) under early sowings to 9.5 t/ha (83%) under late sowings, with a peak of 10.9 t/ha (99%) in the third decade of April. Regression modeling confirmed a parabolic dependence of yield on sowing dates with a distinct maximum in mid-April ($R^2 = 0.59–0.73$). **Conclusions.** The optimal sowing period for sugar beet in the Western Forest-Steppe of Ukraine is April 10–20, ensuring maximum sugar yield and relative productivity. Productive chernozems guarantee yield stability regardless of sowing dates, whereas on carbonate and sandy soils it is crucial to avoid both early and late sowings, which lead to significant reductions in productivity. These results highlight the importance of adjusting sugar beet sowing strategies to soil type and climatic variability, contributing to sustainable intensification of beet production.

Key words: sugar beet, sowing dates, yield, sugar accumulation, short-rotation crop rotation, Western Forest-Steppe.

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025