

The impact of tillage on the yield of maternal lines of maize hybrids

M. Marenych | K. Koba✉

Article info

Correspondence Author

K. Koba

E-mail:

kristinakoba3@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Marenych, M., & Koba, K. (2024). The impact of tillage on the yield of maternal lines of maize hybrids. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 19–23. doi: 10.31210/spi2024.27.01.03

Tillage is a crucial agronomic operation in agriculture as it affects soil properties, the environment, and crop growth. This study compares different tillage methods for the 2021–2023 crop years, including ploughing, strip tillage, and deep loosening. The options were randomly placed. The research aimed to identify methods for increasing the yield of maize hybrid maternal lines by analyzing the influence of tillage methods. The results showed that the ploughing variants with the P1/380 mother line had the highest yield at 5.24 t/ha, which is 12 % more than strip till and 5.7 % more than deep loosening when growing the same line. In ploughing variants, the yield of the mother line of the P1/380 hybrid was 12 % higher than the other two tested lines. In Strip till variants, the yield was 4–14 % higher, and in deep loosening variants, it was 8–10 % higher. The line of the mother form of the P2/340 hybrid was quite stable in all tillage options. Thus, the highest yield on average for 2021–2023 was 4.70 t/ha for ploughing, which is only 3–6 % higher than other variants of the experiment. The lowest yield was recorded for the variants of cultivation of the mother line of the P3/280 hybrid, which yielded 3.96 t/ha in variants that used Strip till technology. Upon analysis of the average yield of the mother lines, it was discovered that the highest yield was obtained from the P1/380 cultivation variants, with a yield of 4.93 t/ha. This is 0.38 t/ha more than P2/340 and 0.59 t/ha more than P3/280. The average yield by cultivation methods is 4.32 t/ha for ploughing, 4.12 t/ha for deep loosening, and the lowest yield was observed for Strip till at 3.93 t/ha. The impact of each factor was established using multivariate analysis of variance. Genetic properties had the greatest influence on the yield (54 %), followed by the method of soil cultivation (41 %). It is recommended that further research be conducted to determine the impact of weather conditions on seed crop yields and the economic efficiency of technological processes.

Keywords: maize, hybrid maternal lines, tillage, ploughing, strip till, deep loosening, yield.

Вплив обробітку ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи

M. M. Маренич | K. B. Коба

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава,
Україна

Обробіток ґрунту є однією з основних агротехнічних операцій у сільському господарстві через його вплив на властивості ґрунту, довкілля та ріст сільськогосподарських культур. У цьому дослідженні порівнювали різні способи обробітку ґрунту за 2021–2023 роки вирощування, а саме: оранка, Strip till, глибоке рихлення. Розміщення варіантів – рандомізоване. Метою досліджень було виявити шляхи підвищення урожайності материнських ліній гібридів кукурудзи на основі аналізу впливу способів обробітку ґрунту. На підставі результатів досліджень встановлено, що найбільшу урожайність було отримано на варіантах оранки з материнською лінією P1/380 – 5,24 т/га, що на 12 % більше ніж Strip till та на 5,7 % більше глибокого рихлення при вирощуванні цієї ж лінії. Урожайність материнської лінії гібрида P1/380 вище двох інших досліджуваних ліній на 12 % на варіантах оранки, 4–14 % на Strip till та на 8–10 % на глибокому рихленні. Найменша урожайність зафіксована на варіантах вирощування материнської лінії гібрида P3/280, що становить 3,96 т/га на варіантах з обробкою ґрунту за технологією Strip till. Аналізуючи середню врожайність материнських ліній, з'ясували, що найвищий показник отримано на варіантах вирощування P1/380 – 4,93 т/га, що на 0,38 т/га більше P2/340 та на 0,59 т/га – P3/280. Середня урожайність за способами обробітку становить 4,32 т/га на оранці, 4,12 т/га на глибокому рихленні та найнижча на варіантах Strip till 3,93 т/га. За допомогою багатofакторного дисперсійного аналізу встановлена орієнтовна величина впливу кожного фактору окремо, де найбільший вплив на урожайність 54 % мали генетичні властивості, другим за важливістю є спосіб обробітку ґрунту – 41 %. Зроблено висновок про доцільність подальших досліджень для конкретизації впливу погодних умов на формування урожайності насінницьких посівів та визначення економічної ефективності технологічних процесів.

Ключові слова: кукурудза, материнські лінії гібридів, обробіток ґрунту, оранка, Strip till, глибоке рихлення, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Маренич М. М., Коба К. В. Вплив обробітку ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 19–23.

Вступ

Кукурудза є одною з найурожайніших зернових культур у світі [1]. У разі дотримання відповідних технологій вирощування сучасні гібриди дають змогу отримувати урожаї понад 10 т/га [2, 3]. Водночас вирощування материнських ліній гібридів кукурудзи вимагає більших затрат праці та характеризується значно меншою врожайністю. Внаслідок морфо-біологічних особливостей лінії відрізняються низькою енергією проростання та досить слабким стартовим ростом [4].

Системи обробітку ґрунту можуть суттєво впливати на урожайність та якість кукурудзи через їхній вплив на вологість, аерацію, температуру та доступність поживних речовин [5, 6]. Правильно підібрана система обробітку ґрунту є важливим складником у формуванні високої продуктивності будь-якої культури, зокрема і материнських ліній гібридів кукурудзи [7–9].

У багатьох наукових працях вказують, що обробіток ґрунту є одним із найважливіших процесів у сільському господарстві [10–13]. Його проводять загалом для розпушування верхнього шару ґрунту, змішування ґрунту з добривами та органічними рештками, для боротьби з бур'янами, а також для створення бажаної структури ґрунту та насінневого ложа для проростання та росту рослин [13].

Системи обробітку ґрунту є специфічними для кожного поля і залежать від культури, типу ґрунту, клімату та багатьох інших факторів [14–16]. Традиційною системою основного обробітку є оранка. Це технологічний процес з переворотом пласта ґрунту в поперечній площині на певний кут відносно горизонту. Зазвичай оранку проводять восени, після повного збору врожаю [17].

Відомо, що інтенсивний обробіток ґрунту пов'язаний із негативним впливом на довкілля, наприклад, ерозією верхнього шару ґрунту через використання важкої техніки [18]. Ефективна програма обробітку ґрунту захищає його від водної та вітрової ерозії, руйнує тверді пласти або ущільнені шари, які можуть обмежувати розвиток коренів і дозволяє підтримувати або навіть збільшувати вміст органічних речовин [19–21].

Стресові чинники, такі як посуха, екстремально високі температури та короточасне надходження вологи, негативно впливають на кукурудзу [22–24]. За таких умов господарства частково переходять до використання технології Strip till [25–28]. Технологія Strip till тимчасово зупиняє зниження вологи та запобігає ерозії. За допомогою доступного кисню та вологи вона створює ідеальне середовище для процесу розкладання органічної речовини та сприяє вивільненню поживних речовин [29–31]. Застосування Strip till є перспективним напрямом, адже завдяки такому способу є можливість заощадити на паливі, оскільки ґрунт не повинен оброблятися на всій поверхні [32, 33].

У сучасних умовах багато господарств проводять обробіток ґрунту, не усвідомлюючи впливу цих операцій на фізичні властивості ґрунту та реакції

рослин на них. Внаслідок інтенсивної сільсько-господарської діяльності утворюється твердий шар ґрунту, який негативно впливає на проникнення коренів, об'ємну вагу, пористість та поживний стан ґрунту, що опосередковано знижує врожайність сільськогосподарських культур. У теорії і виробництві відсутня чітка позиція щодо застосування під сільськогосподарські культури того чи того способу основного обробітку ґрунту [32, 34].

Питання оптимізації системи обробітку ґрунту в технології вирощування материнських ліній гібридів кукурудзи в сучасних умовах є досить актуальним. Зважаючи на важливість кукурудзи, було проведено багато досліджень щодо способів обробітку ґрунту, але все ще існує потреба у визначенні найкращих для забезпечення сталого виробництва кукурудзи та збереження родючих властивостей. У цьому дослідженні порівнювали різні способи обробітку ґрунту, щоб визначити найбільш оптимальну та доцільну практику такого обробітку для вирощування материнських ліній гібридів кукурудзи.

Мета дослідження

Мета досліджень – виявити шляхи підвищення урожайності насіння материнських ліній гібридів кукурудзи на основі аналізу впливу способів обробітку ґрунту.

Завдання досліджень: дослідити вплив обробітку ґрунту на врожайність насінневих посівів кукурудзи.

Матеріали і методи

Експериментальні дослідження проводили в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу.

Материнські лінії: Р1/380 – середньопізній (ФАО 380), зубоподібний тип зерна. Рослина з високим кріпленням качана та стійкістю до стеблового вилягання. Характеризується відмінною вологовіддачею та посухостійкістю, придатна до монокультури та мінімального обробітку ґрунту. Рекомендовані оптимальні строки сівби в Лісостеповій та Степовій зонах.

Р2/340 – середньостиглий (ФАО 340). Має добрий стартовий розвиток та відмінну посухостійкість. Стійкість до сажкових хвороб 6/9. Не придатний до пізнього збирання та загущення. Рекомендовані оптимальні строки сівби – (кінець квітня – перша половина травня), зона вирощування – Лісостеп.

Р1/280 – середньоранній (ФАО 280). Тип зерна – зубовий. Характеризується відмінною вологовіддачею та доброю посухостійкістю, придатний до монокультури. Не рекомендоване пізнє збирання. Висівати варто в оптимальні строки. Зони вирощування: Лісостеп та Полісся.

Ґрунти дослідної ділянки мали таку характеристику.

Вміст гумусу в орному шарі близько 3,8–4,2%. Запаси гумусу в метровому шарі досягають 50–550 т/га. Вміст рухомого фосфору – 22 мг, обмінного калію – 290 мг/кг ґрунту. Вміст нітратного азоту перед посівом 9,8–10,2 мг, рухомого фосфору – 24,3 мг, обмінного калію – 264 мг на 1 кг ґрунту, що відповідає низькій за

безпеченості азотом та середній – фосфором та калієм. Запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту близько 110–140 мм.

Ґрунти відрізняються високою ємністю поглинання, обумовленою високим вмістом високодисперсних мулистих частин. Ємність поглинання орного шару 40 мг екв./100г ґрунту. Чорноземи мають доволі щільний склад 1,15–1,36 г/см³. Реакція ґрунтового розчину – від слабкокислої до нейтральної, рН=5,9–7,1.

Ґрунти характеризуються високою природною родючістю. Широко використовуються в сільському господарстві для вирощування високоякісних зернових, технічних та олійних культур.

При визначенні урожайності материнської лінії кукурудзи в роки досліджень вивчали материнські лінії різних груп стиглості – Р1/380, Р2/340, Р3/280 (фактор А); способи обробітку – оранка, Strip till, глибоке рихлення (фактор В). Облікова площа ділянки 1 га. Трикратна повторність. Розміщення варіантів – рандомізоване.

Таблиця 1

Урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи залежно від способу обробітку ґрунту, т/га (2021–2023 рр.)

Материнська лінія	Спосіб обробітку ґрунту		
	Оранка	Strip till	Глибоке рихлення
Р1/380	5,24	4,62	4,94
Р2/340	4,70	4,41	4,54
Р3/280	4,63	3,96	4,43
НР ₀₅	Материнська лінія (фактор А)		0,1
НР ₀₅	Спосіб обробітку ґрунту (фактор В)		0,11
НР ₀₅	А*В		0,18

Лінія материнської форми гібрида Р2/340 була досить стабільною на усіх варіантах обробітку ґрунту. Найбільша урожайність у середньому за 2021–2023 роки становила 4,70 т/га на оранці, що всього на 3–6 % вище інших варіантів досліді. Проте в умовах насінництва, де рахується кожна посівна одиниця, навіть така незначна перевага має велике значення.

Найменша урожайність зафіксована на варіантах вирощування материнської лінії Р3/280, що становить

Для оранки використовували Плуг Lemken Vari Diamant 11 7+1, Strip till – Dawn Pluribus V Strip-till, глибокого рихлення – агрегат глибокорозпушувач АГР-2,4. Оранку проводили восени на глибину 25 см. Strip till нарізали смуги за 2–3 дні перед посівом на глибину 8 см, ширина смуги 18 см. Глибоке рихлення проводили восени на глибину 27 см.

Результати та їх обговорення

Аналіз даних досліджень показує, що в середньому за роки досліджень найбільшу урожайність було отримано на варіантах оранки з материнською лінією Р1/380 – 5,24 т/га, що на 12 % більше, ніж Strip till та на 5,7 % більше глибокого рихлення при вирощуванні цієї ж лінії.

Урожайність материнської лінії гібрида Р1/380 вище двох інших досліджуваних ліній на 12 % на варіантах оранки, 4–14 % на Strip till та на 8–10 % на глибокому рихленні (табл. 1).

3,96 т/га на варіантах з обробкою ґрунту за технологією Strip till. На варіантах з оранкою спостерігалася урожайність більша на 0,67 т/га і склала 4,63 т/га, а на варіантах глибокого рихлення більшою відповідно на 0,2 т/га і становила 4,43 т/га.

Обробка результатів досліджень дала змогу встановити показники урожайності материнських ліній гібридів кукурудзи по кожному фактору окремо (рис. 1).

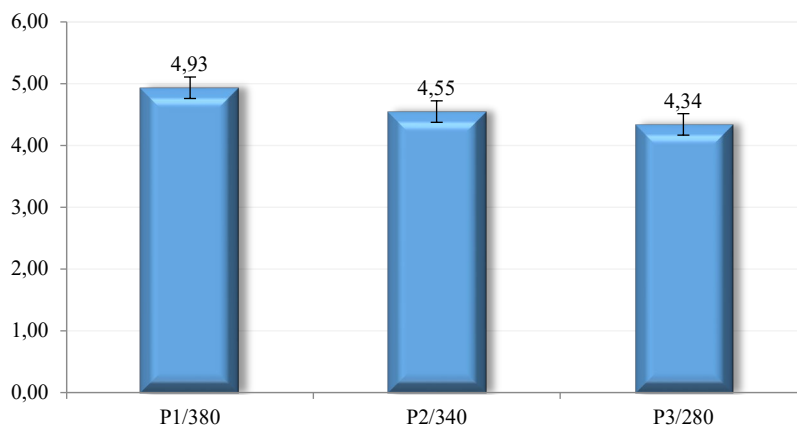


Рис. 1. Урожайність материнських ліній залежно від генетичних властивостей, т/га

Аналізуючи середню врожайність материнських ліній, встановлено, що найвищий показник отримано на варіантах вирощування Р1/380 – 4,93 т/га, що на 0,38 т/га більше Р2/340 та на 0,59 т/га – Р3/280.

Середня урожайність за способами обробітку становить 4,32 т/га на оранці, 4,12 т/га на глибокому рихленні та найнижча на варіантах Strip till 3,93 т/га (рис. 2).

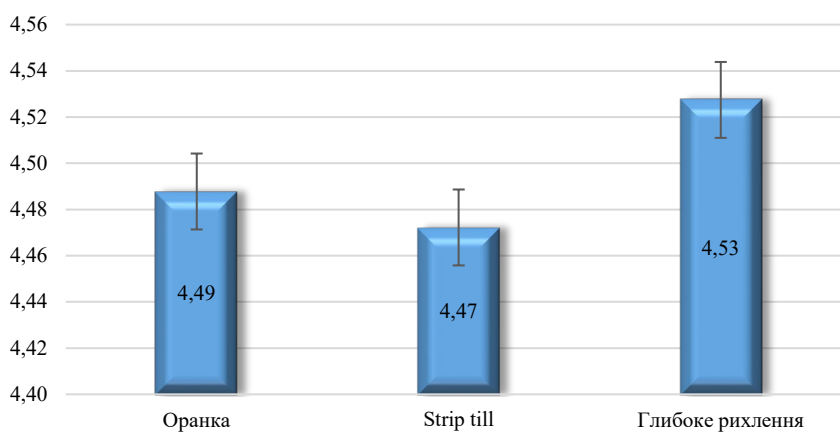


Рис. 2. Середня урожайність за способами обробітку, т/га

За допомогою багатофакторного дисперсійного аналізу з'ясовано орієнтовну величину впливу кожного фактору окремо. Найбільший вплив на урожайність кукурудзи мали генетичні

властивості ліній – 54 %. Спосіб обробітку ґрунту впливає на урожайність і становить 41 %. Найменший вплив – 5 % – мала взаємодія факторів (рис. 3).

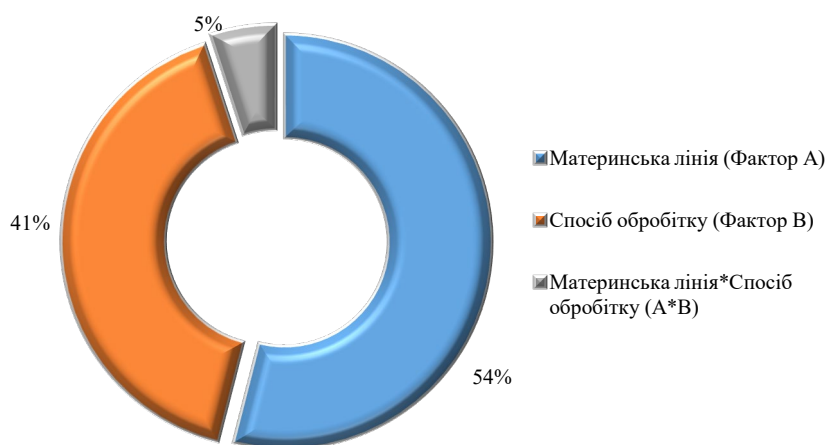


Рис. 3. Частка впливу факторів вирощування на формування урожайності насіння

Висновки

Виявлено вплив способів обробітку ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи, де з'ясовано, що за допомогою правильно підбраного способу обробітку ґрунту можна збільшувати урожайність насінницьких посівів на 3–15 %. Високі показники урожайності можна отримувати за допомогою оранки, дещо нижчі – на глибокому рихленні, що показало різницю в урожайності 0,29–0,61 т/га. Використовувати Strip till рекомендовано тільки за умови, що материнські лінії гібридів кукурудзи є генетично толерантними до різних способів обробітку ґрунту.

Аналізуючи генетичні властивості, виявлено, що найвища урожайність 4,93 т/га отримана на материнській лінії Р1/380, а найнижча – при вирощуванні Р3/280 – 4,34 т/га. Зважаючи на всі досліджувані фактори методом багатофакторного дисперсійного аналізу, встановлено, що найбільший вплив на урожайність – 54 % – мали генетичні властивості, другим за важливістю є спосіб обробітку ґрунту – 41 %.

Перспективи подальших досліджень. За допомогою отриманих даних визначено основні напрями

покращення ефективної системи основного обробітку ґрунту. Програмою подальших досліджень також є вивчення впливу конкретних погодних умов на формування урожайності насінницьких посівів; визначення економічної ефективності технологічних процесів.

Конфлікт інтересів


Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Ranum, P., Pablo, J. P., & Nieves, M. G. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312, 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
- Semenda, D., Semenda, E., & Semenda, O. (2020). Current state and ways of increasing the economic efficiency of corn grain production. *Agrosvit*, 3, 43. <https://doi.org/10.32702/2306-6792-2020.3.43>
- Polishchuk, M., & Khavkhun, A. (2023). Shliakhy pidvyshchennia vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy v umovakh poteplinnia klimatu. *Podilskiy Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, 39, 54–58. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.8> [in Ukrainian]
- Bahatchenko, V., & Zhemoida, V. (2015). Pidvyshchennia nasinnievoi produktyvnosti batkivskykh komponentiv – osnova

- vysokykh vrozhaiv kukurudzy. *Stan i perspektyvy rozvytku seleksii ta nasynnytstva kukurudzy v umovakh zminy klimatu: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Kharkiv, (7–9 lypnia 2015 r.)*. (pp. 15–16) NAAN, Instytut roslinnytstva im. V. Ia. Yurieva. Kharkiv, 15–16. [in Ukrainian]
5. Wang, S., Wang, H., Zhang, Y., Wang, R., Zhang, Y., Xu, Z., Jia, G., Wang, X., & Li, J. (2018). The influence of rotational tillage on soil water storage, water use efficiency and maize yield in semi-arid areas under varied rainfall conditions. *Agricultural Water Management*, 203, 376–384. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.007>
 6. Len, O. I., Totskiy, V. M., Hanhur, V. V., & Yermko, L. S. (2021). The effect of fertilization system and primary soil tillage on the productivity of corn hybrids. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>
 7. Pisarenko, P., & Andrienko, I. (2018). Influence of moistening conditions and methods of basic tillage on maize productivity in the southern Steppe of Ukraine. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 2018 (3). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.03.020>
 8. Vozhegova, R., Malyarchuk, A., Reznichenko, N., & Kotelnikov, D. (2021). Effect of different basic tillage and fertilizer systems on corn grain yield, when irrigating in the south of Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*, 1, 128–135. <https://doi.org/10.31073/mivg202101-285>
 9. Bala, M., & Zakharchenko, E. (2022). Which ways of soil tillage are the best for crops? *Scientific-practical conference II International Scientific and Theoretical Conference «Science of XXI century: development, main theories and achievements»*, (Helsinki, 24. 06. 2022), 1, 80–82.
 10. Huynh, H. T., Hufnagel, J., Wurbs, A., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2019). Influences of soil tillage, irrigation and crop rotation on maize biomass yield in a 9-year field study in Müncheberg, Germany. *Field Crops Research*, 241, 107565. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107565>
 11. Porwollik, V., Rolinski, S., Heinke, J., & Müller, C. (2019). Generating a rule-based global gridded tillage dataset. *Earth System Science Data*, 11, 823–843. <https://doi.org/10.5194/essd-11-823-2019>
 12. Kovalenko, I., & Masyk, I. (2018). Vplyv tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy na zerno na urozhainist v ekonomichnu efektyvnist v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk: «Silkohospodarski Nauky»*, 99, 67–76. [in Ukrainian]
 13. Boincean, B., & Dent, D. (2019). Tillage and conservation agriculture. *Farming the Black Earth*, 125–149. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22533-9_6
 14. Savchenko, V. O., Kobak, S. Ya., & Panasiuk, O. Ya. (2016). Vplyv obrobittu gruntu ta spivvidnoshennia posiviv soi i kukurudzy v korotkorotatsiinykh sivozminakh na shchilnist gruntu v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. *Silke Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 3, 23–31. [in Ukrainian]
 15. Datsko, O. M., & Zakharchenko, E. A. (2022). The characteristics of tillage methods under maize cultivation. *Agrarian Innovations*, 13, 46–52. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.7>
 16. Gangur, V. V., Yermko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*, 117, 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>
 17. Shinoto, Y., Fujisao, K., Otani, R., Maruyama, S., & Matsunami, T. (2019). Effects of plowing on root system and root lodging of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from paddy fields in Gleysol. *Root Research*, 28 (4), 59–67. <https://doi.org/10.3117/rootres.28.59>
 18. Chalise, D., Kumar, L., Sharma, R., & Kristiansen, P. (2020). Assessing the impacts of tillage and mulch on soil erosion and corn yield. *Agronomy*, 10, 63. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010063>
 19. Liu, Z., Gu, H., Liang, A., Li, L., Yao, Q., Xu, Y., Liu, J., Jin, J., Liu, X., & Wang, G. (2022). Conservation tillage regulates the assembly, network structure and ecological function of the soil bacterial community in black soils. *Plant and Soil*, 472 (1–2), 207–223. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05219-x>
 20. Chalise, D., Kumar, L., Sharma, R., & Kristiansen, P. (2020). Assessing the impacts of tillage and mulch on soil erosion and corn yield. *Agronomy*, 10 (1), 63. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010063>
 21. Debska, B., Jaskulska, I., & Jaskulski, D. (2020). Method of tillage with the factor determining the quality of organic matter. *Agronomy*, 10 (9), 1250. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091250>
 22. Simić, M., Dragičević, V., Kresović, B., Kovačević, D., Dolijanović, & Ž., Brankov, M. (2019). The effectiveness of soil tillage systems in maize cultivation under variable meteorological conditions of central Serbia. In *Proceedings of the 10th International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2019”*, (Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3–6 October). (pp. 574–579). University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture: East Sarajevo, Republic of Srpska.
 23. Novokhatskiy, M., Serdiuchenko, N., & Bondarenko, O. (2019). Resursozberihaiuchi tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur v umovakh zminy klimatu. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy: zbirnyk naukovykh praktyk UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho*, 24, 38. [in Ukrainian]
 24. Shevchenko, O., & Snizhko, S. (2019). Climate change and ukrainian cities: manifestations and projections on 21st century based on rcp-scenarios. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography*, 75, 11–18. <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.75.2>
 25. Shustik, L., Hromadska, V., Marynina, L., Nehuliaieva, N., & Suprun, V. (2017). Shliakhy realizatsii tekhnologii smuhovoho obrobittu gruntu v malykh i serednykh hospodarstvakh. *Tekhnika i Tekhnologii APK*, 11, 16–20. [in Ukrainian]
 26. Tykhonenko, O., Pohorila, V., & Hromadska, V. (2018). Ekonomichna ekspertyza tekhnologii STRIP-TILL v umovakh hospodariuvannya. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 22, 275–282. [in Ukrainian]
 27. Tokarchuk, D., & Furman, I. (2020). Suchasni enerhoefektyvni tekhnologii v APK Ukrainy. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: Aktualni Pytannia Nauky i Praktyky*, 4, 99–116. [in Ukrainian]
 28. Volkov, A., Kyrylov, N., & Prokhorova, L. (2018). Resursozberihaiuche vyrobnytstvo kukurudzianoha. *Aktualni Pytannia Vdoskonalennia Tekhnologii Vyrobnytstva ta Pererobky Produktii Silskoho Hospodarstva*, 2, 425–428. [in Ukrainian]
 29. Ulanchuk, V., & Zahrebelnyi, B. (2017). Innovatsiini tekhnologii obrobittu gruntu ta efektyvnist yikh zastosuvannya pry vyroshchuvanni zernovykh kultur na Cherkashchyni. *Modern Economics*, 6, 210–220. [in Ukrainian]
 30. Jaskulska, I., & Jaskulski, D. (2019). Change in soil properties after 5 years of using strip-till technology. *Mechanization in Agriculture & Conserving of the Resources*, 65, 193–195.
 31. Jaskulska, I., Romaneckas, K., Jaskulski, D., Gałczewski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 10 (10), 1596. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101596>
 32. Fernandez, F., Sorensen, B., & Villamil, M. (2015). A comparison of soil properties after five years of no-till and strip-till. *Agronomy Journal*, 107, 1339–1346. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0549>
 33. Lekavičienė, K., Šarauskis, E., Naujokienė, V., Buragienė, S., & Kriaučiūnienė, Z. (2019). The effect of the strip tillage machine parameters on the traction force, diesel consumption and CO₂ emissions. *Soil and Tillage Research*, 192, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.002>
 34. Zhang, Y., Wang, S., Wang, H., Ning, F., Zhang, Y., Dong, Z., Wen, P., Wang, R., Wang, X., & Li, J. (2018). The effects of rotating conservation tillage with conventional tillage on soil properties and grain yields in winter wheat-spring maize rotations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 107–117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.08.012>

ORCID

M. Marenych  <https://orcid.org/0000-0002-8903-3807>
 K. Koba  <https://orcid.org/0009-0003-8223-4862>



© 2024 Marenych M. and Koba K. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.