

Influence of soil tillage systems and crop parts in crop rotation on the pollution of sugar beet crop

V. Hanhur[✉] | S. Pospelov | V. Hariachun

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirgaur@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Hanhur, V., Pospelov, S., & Hariachun, V. (2025). Influence of soil tillage systems and crop parts in crop rotation on the pollution of sugar beet crop. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 88–92. doi: 10.31210/spi2025.28.01.15

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a crop that is especially sensitive to weed competition, particularly in the early stages of vegetation. The aim of the research was to determine the effect of the degree of saturation of crop rotations with sugar beet and methods of basic tillage on weed infestation of fields. The study was conducted in 2010–2022 at the experimental field of the Poltava State Agricultural Research Station named after M. Vavilov. It was found that when the crop rotation is saturated with sugar beet by 10 %, the number of weeds before the first inter-row loosening is the smallest. It is important to note that the combined method of tillage contributed to a significant reduction in weed infestation compared to moldboardless loosening of soil, the difference was 13.5 pcs/m² or 16.9 %. In crop rotations where the sugar beet share reached 20 %, the total number of weeds increased regardless of the method of basic tillage. Additional increase in the saturation of the crop rotation with this crop to 30 % led to an even greater spread of weeds in the fields. Re-measurement of weeds before harvesting showed a significant decrease in their number (by 60.1–133.6 units/m² or 89.1–90.6 %). At the same time, the overall pattern of weediness dependence on the share of beets in the crop rotation and the method of soil cultivation was preserved. The analysis of the biological composition of weeds in sugar beet fields showed that the predominant share was made up of annual species. There was also a clear tendency to change the ratio of biological groups of weeds depending on the share of this crop in the crop rotation. Thus, in a 10-seed crop rotation with one sugar beet field, the share of annual weeds was 92.5–93.5 %, and perennial weeds was 6.5–7.5 %. In crop rotations with two and three fields of sugar beet, a gradual increase in the proportion of annual species (96.6–98.5 % and 98.6–99.0 %, respectively) and a decrease in perennial weeds (1.5–3.5 and 1.1–1.4 %, respectively) was noted. Thus, the results of the experiments confirm the importance of an optimal combination of crop rotation and effective soil cultivation methods for controlling weed infestation of sugar beet fields.

Keywords: sugar beet (*Beta vulgaris* L.), crop rotation, degree of saturation, soil tillage, weediness, yield.

Вплив систем обробітку ґрунту та частки культури у сівозміні на забур'яненість посівів буряку цукрового

В. В. Гангур | С. В. Поспелов | В. О. Гарячун

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.) – культура особливо чутлива до конкуренції з бур'янами, зокрема на початкових етапах вегетації. Метою досліджень було з'ясувати вплив ступеня насичення сівозміні буряком цукровим та способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів. Дослідження проведено впродовж 2010–2022 рр., на дослідному полі Полтавської ДСГДС ім. М. І. Вавилова. Встановлено, що за насичення сівозміні буряком цукровим на 10 % кількість бур'янів перед першим міжрядним розпушуванням є найменшою. Важливо зазначити, що комбінований спосіб обробітку сприяв значному зменшенню забур'яненості порівняно з безпліцевим розпушуванням, різниця становила 13,5 шт./м² або 16,9 %. У сівозмінах, де частка цукрового буряку досягала 20 %, загальна кількість бур'янів зростала незалежно від способу основного обробітку ґрунту. Подальше збільшення насиченості сівозміні цією культурою до 30 % призводило до ще більшого поширення бур'янів у посівах. Повторний облік бур'янів перед збиранням культури показав значне зменшення їхньої чисельності (на 60,1–133,6 шт./м² або 89,1–90,6 %). Водночас зберігалася загальна закономірність залежності забур'яненості від частки буряку у сівозміні та способу обробітку ґрунту. Аналіз біологічного складу бур'янів у посівах цукрового буряку засвідчив, що переважну частку становили однорічні види. Також спостерігали чітку тенденцію до зміни у співвідношенні біологічних груп бур'янів залежно від частки культури в сівозміні. Так, у 10-пільній сівозміні з одним полем буряку частка однорічних бур'янів становила 92,5–93,5 %, а багаторічних – 6,5–7,5 %. У сівозмінах із двома та трьома полями буряку відзначено поступове збільшення частки однорічних видів (відповідно 96,6–98,5 та 98,6–99,0 %) і зменшення багаторічних бур'янів (відповідно 1,5–3,5 та 1,1–1,4 %).

Ключові слова: буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.), сівозміна, ступінь насичення, обробіток ґрунту, забур'яненість, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Поспелов С. В., Гарячун В. О. Вплив систем обробітку ґрунту та частки культури у сівозміні на забур'яненість посівів буряку цукрового. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 88–92.

Вступ

Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.) є відносно молодою культурою, якщо порівнювати тривалість періоду її вирощування з більшістю інших сільськогосподарських рослин. Його культивування розпочалося лише кілька століть тому, тоді як багато зернових і бобових культур відомі людству ще з часів давніх цивілізацій. Завдяки високій цукристості коренеплідів, ця культура швидко набула популярності та стала важливим компонентом аграрного виробництва, відіграючи значну роль у харчовій промисловості [5, 13].

Наукові дослідження та практичний досвід свідчать, що ця культура особливо чутлива до конкуренції з бур'янами, зокрема на початкових етапах вегетації. Наявність бур'янів у посівах значно уповільнює ріст і розвиток молодих рослин, зменшує доступність вологи, поживних речовин і світла, що може негативно вплинути на формування майбутнього врожаю [11]. Тому своєчасний і ефективний контроль бур'янів, який включає агро-технічні, хімічні та біологічні заходи, є визначальним чинником для досягнення високої продуктивності посівів та отримання якісної цукрової сировини [24]. Наявність бур'янів у посівах є основною біотичною причиною втрати врожаю не лише буряку цукрового, але й всіх інших польових культур [17].

Ступінь поширення бур'янів у посівах буряків цукрових істотно залежить від складу культур у сівозміні (частка та співвідношення просапних і зернових культур), система удобрення та способи, глибина обробітку ґрунту [2, 3].

За результатами проведених досліджень Ю. П. Манько, Л. П. Хоменко [10] повідомили, що до найбільш ефективних заходів контролювання чисельності бур'янів у посівах польових культур належать оптимізація структури сівозміни та система застосування добрив. Сівозміна належить до екологічно безпечних методів, що урізноманітнює землеробські системи, зменшує антропогенне навантаження на агроєкосистему та запобігає поширенню специфічних шкідливих організмів, зокрема рослин бур'янів. Дослідження свідчать, що сівозміна завдяки більшому біорізноманіттю забезпечує значні екологічні переваги в сільськогосподарських системах [15] і може бути дієвим чинником зменшення кількості бур'янів. Це сприяє зниженню втрат урожаю, спричинених наявністю у посівах бур'янів. Деякі культури, завдяки своїм біологічним особливостям, ефективніше пригнічують ріст бур'янів, ніж інші.

Сівозміна, порівняно з монокультурним вирощуванням, мінімізує вплив стресових чинників (висока температура та низька відносна вологість повітря, дефіцит опадів) на сільськогосподарські культури, сприяючи підвищенню врожайності [4].

На думку ряду вчених ефективним засобом утримання полів у чистоту від бур'янів стані є культура землеробства. Вони вважають, що використання ефективних зональних способів та систем обробітку ґрунту є одним із дієвих технологічних прийомів контролювання чисельності бур'янів [9, 11, 12].

Оранці, як складовій традиційного обробітку ґрунту, належить провідна роль у формуванні сприятливих ґрунтових умов, позитивно впливаючи на рівень вологості та температурний режим. Загортання пожнивних решток у ґрунт під час оранки сприяє збагаченню його органічною речовиною, що в свою чергу має позитивний вплив на кількісні та якісні параметри майбутнього врожаю [23].

За результатами досліджень О. В. Демиденка із співавторами [7] встановлено, що застосування післяжнивного посіву редьки олійної як сидерату у поєднанні з безполіцевим обробітком ґрунту на глибину 28–30 см є одним із дієвих заходів як покращення умов із вирощування буряків цукрових, так і ефективного контролю рясності бур'янів у посівах культури, що сприяє досягненню максимальної врожайності коренеплідів. Поєднання післяжнивного сидерату з редьки олійної разом із безполіцевим способом основного обробітку сприяє зменшенню потенційної засміченості кореневмісного (0–30 см) шару ґрунту. Найвищу ефективність у зниженні чисельності бур'янів та їх маси у посівах буряків цукрових можна досягти лише за умови проведення глибокого розпушування ґрунту на 28–30 см.

Окремі вчені вважають, що застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту може бути ефективним у технології вирощування буряків цукрових [16]. Ґрунтозахисний обробіток ґрунту включає в себе нульовий та мінімальний обробіток ґрунту. Їх використання позитивно впливає на зниження швидкості мінералізації органічного карбону ґрунту, процеси переміщення ґрунтової вологи [19], зменшення поверхневого стоку та ерозії [22], а також стабілізацію адсорбування поживних речовин [24]. Едафонна активність ґрунту вирає від ґрунто-захисного обробітку завдяки утриманню нагромадженню рослинних решток на поверхні ґрунту та зменшенню фізичного порушення ґрунту [20]. Попри ці переваги, значна частина фермерів у різних країнах світу ще не перейшла до технологій ґрунтозахисного землеробства, зважаючи на різні економічні, технічні та інші перешкоди, які стримують їх практикування [18, 21]. При цьому найбільш поширеною проблемою є складність боротьби з бур'янами, оскільки технологія нульового обробітку ґрунту обмежує можливості прямого контролю бур'янів, особливо в регіонах, де домінують резистентні до гербіцидів види [26].

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що науково-обґрунтована сівозміна у поєднанні із якісним обробітком ґрунту може забезпечити ефективне регулювання забур'яненості посівів буряку цукрового.

Мета дослідження

Мета досліджень – з'ясувати вплив ступеня насичення сівозмін буряком цукровим та способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів.

Завдання дослідження: визначити забур'яненість посівів залежно від частки буряку цукрового у сівозміні; вивчити вплив способів основного обробітку ґрунту у сівозміні на рясність бур'янів у посівах буряку цукрового.

Матеріали і методи

Дослідження проведено впродовж 2010–2022 рр., на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова. Земельний масив дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий. Згідно даних хімічного аналізу цей тип ґрунту характеризується наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу у шарі ґрунту 0–20 см становить 4,1 %; лужногідролізованого азоту – 7,1 мг/100 г ґрунту (за Тюрніним та Коновою); рухомого фосфору – 12,8 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); обмінного калію – 17,3 мг/100 г ґрунту (за Масловою). Кислотність ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,2).

Схема досліду представлена трьома варіантами 10-пільних польових сівозмін, де ступінь насичення буряком цукровим становив, відповідно 10, 20, 30 % (чинник А), а також двома способами основного обробітку ґрунту (чинник В), зокрема безполіцевим (під всі культури сівозміни) та комбінованим (оранка під буряк цукровий на глибину 30–32 см і кукурудзу на глибину 25–27 см та безполіцевий різноглибинний обробіток під культури суцільного способу сівби). У всіх варіантах сівозмін, незалежно від кількості полів з буряком цукровим, його попередником була лише пшениця озима. Посівна площа експериментальної ділянки – 172,8 м², а облікової – 64,8 м². Повторність варіантів чотириразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Набір технологічних операцій з вирощування буряку цукрового в досліді загальноприйнятий для регіону, за виключенням елементів, які були предметом досліджень. Облік бур'янів, за варіантами досліду, проводили кількісним методом у два строки – перед першим міжрядним розпушуванням та перед збиранням [8]. Для визначення видового складу сегетальної рослинності у посівах буряку цукрового користувалися атласами-визначниками [1].

Результати та їх обговорення

Загальновідомо, що через високу забур'яненість посівів щорічні втрати врожаю продукції рослинництва становлять у середньому 25–30 %, однак в окремих випадках вони можуть перевищувати 50 %. Це зумовлено посиленнями конкурентними

взаємовідносинами між бур'янами та культурними рослинами за життєво необхідні ресурси, такі як світло, волога та елементи мінерального живлення. Надмірна рясність бур'янів приводить не лише до зниження продуктивності культур, але й до ускладнень у технологічному процесі як вирощування, так і збирання врожаю. Тому в посівах сільськогосподарських культур, зокрема буряку цукрового, надзвичайно важливим є ефективне регулювання чисельності та видового складу бур'янів шляхом використання інтегрованих методів контролю забур'яненості, таких як сівозмінна, механічний обробіток ґрунту, що дозволяє значно зменшити негативний вплив сегетальної рослинності на формування врожайності культур.

Проведені нами дослідження свідчать, що за насичення сівозміни буряком цукровим на 10 % кількість бур'янів перед першим розпушуванням міжрядь є найнижчою, як за безполіцевого (79,9 шт./м²), так і комбінованого основного обробітку ґрунту (66,4 шт./м²) (*табл. 1*). При цьому слід відзначити, що посіви буряку цукровий за комбінованого обробітку ґрунту, який передбачав оранку на 30–32 см під культуру, виявилися менш забур'янені, ніж на фоні безполіцевого розпушування (різниця становила 13,5 шт./м² або 16,9 %). У сівозмінах, де частка буряку цукрового становила 20 % загальна кількість бур'янів зростає на обох фонах основного обробітку ґрунту, особливо за безполіцевого. Результати першого обліку бур'янів свідчать, що за проведення безполіцевого обробітку ґрунту чисельність рослин бур'янів збільшилася на 84,6 %, а за оранки – на 27,3 %, порівняно із сівозмінами, де насичення їх буряком цукровим становило 10 %. Збільшення насичення сівозмін культурою до 30 % призвело до найбільшої рясності бур'янів у посівах буряку цукрового. Слід відзначити, що за комбінованого способу обробітку ґрунту у сівозміні збільшення кількості бур'янів відносно сівозміни із часткою культури 10 і 20 % дорівнювало, відповідно на 42,9 і 12,3 %, а за безполіцевого обробітку – на 85,2 і 0,3 %.

Повторний облік бур'янів перед збиранням буряку цукрового засвідчив значне зменшення їх чисельності (на 60,1–133,6 шт./м² або 89,1–90,6 %), однак зберіглася загальна закономірність щодо впливу частки культури у сівозміні та способу обробітку ґрунту на забур'яненість посівів.

Таблиця 1

Забур'яненість посівів буряку цукрового залежно від ступеня насичення сівозміни та способу основного обробітку ґрунту, (середнє за 2010–2022 рр.)

№ вар.	Частка культури у сівозміні, % (чинник А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (чинник В)	Кількість бур'янів, шт./м ²					
			перед першим міжрядним розпушуванням			перед збиранням		
			всього	в тому числі		всього	в тому числі	
				однорічні	багаторічні		однорічні	багаторічні
3.	10	безполіцевий	79,9	75,3	4,6	8,7	7,9	0,8
3а.		комбінований	66,4	63,0	3,4	6,3	5,8	0,5
2.	20	безполіцевий	147,5	145,1	2,4	13,9	13,7	0,2
2 а.		комбінований	84,5	81,8	2,7	8,2	7,9	0,3
8.	30	безполіцевий	148,0	146,9	1,1	14,4	14,2	0,2
8 а.		комбінований	94,9	94,1	0,8	9,8	9,6	0,2
	НІР _{0,95}		15,4	–	–	3,7	–	–

Що стосується біологічних груп бур'янів, які вегетували у посівах культури, то обліки свідчать, що у складі бур'янового компоненту переважну частку становили однорічні види. Слід відзначити, що як перед першим міжрядним розпушуванням, так і перед збиранням відзначено диференціацію частки біологічних груп бур'янів залежно від ступеня насичення сівозміни буряком цукровим. Так, за наявності у 10-пільній сівозміні одного поля буряку цукрового на однорічні види припадало 92,5–93,5 %, а багаторічні 6,5–7,5 % рослин бур'янів. У сівозмінах, де під вирощування буряку цукрового було відведено два і три поля, спостерігали збільшення частки однорічних видів (відповідно 96,6–98,5 і 98,6–99,0 %) і зменшення багаторічних бур'янів (відповідно 1,5–3,5 і 1,1–1,4 %).

Таким чином, узагальнення результатів досліджень свідчить, що незалежно від ступеня насичення сівозміни буряком цукровим, проведення безпліцевого обробітку ґрунту сприяє збільшенню кількості бур'янів, порівняно з комбінованим обробітком. В дослідках Уманського НУС також спостерігали збільшення забур'яненості посівів майже у два рази за безпліцевого обробітку ґрунту у порівнянні з оранкою на глибину на 30–32 см [6]. На думку Я. П. Цвея із співавторами [14] серед різних способів основного обробітку ґрунту під буряки цукрові найбільш ефективним у зменшенні забур'яненості посівів культури є оранка на глибину 25–27 см, яка дозволяє зменшити рясність сегетальної рослинності на 4,3 %.

Найвища протибур'янова ефективність комбінованого обробітку проявляється за низького та середнього насичення сівозміни буряком (10 % і 20 %). Результати інших науковців також підтверджують, що сівозмінна та правильний підбір культур і оптимальна їх частка можуть забезпечити ефективний контроль поширення бур'янів [25, 27].

Нашими дослідженнями встановлено, що багаторічні бур'яни мають значно меншу частку у складі бур'янового компоненту, але закономірність щодо їхнього зменшення є більш вираженою за комбінованого обробітку. Цей висновок узгоджується із результатами, які одержано на дослідному полі Уманського НУС [6].

Висновки

За результатами досліджень проведених в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України встановлено, що для зменшення рівня забур'яненості посівів буряку цукрового доцільно використовувати комбінований спосіб обробітку ґрунту у сівозміні та не перевищувати насичення культури у сівозміні понад 20 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу способів і глибини основного обробітку ґрунту на поживний режим ґрунту.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Veselovskyi, I. V., Manko, Yu. P., Lysenko, A. K., & Tsentylo, L. V. (2018). *Atlas – vyznachnyk burianiv: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
2. Hanhur, V. V., & Brazhenko, I. P. (2005). Osoblyvosti zaburianenosti posiviv i hruntu v sivozminakh z korotkoioi rotatsiieiu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 40–42. [in Ukrainian]
3. Hanhur, V., & Filonenko, V. (2024). Effect of soil cultivation systems and the degree of saturation of crop rotations with sugar beet on the level of yield and quality of sugar beet roots. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 24–29. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.04>
4. Hanhur, V. V., Brazhenko, I. P., Kramarenko, I. V., Sokyрко, P. H., Len, O. I., & Udovenko, K. P. (2011). Porivnialna otsinka produktyvnosti posiviv buriaku tsukrovoho pry vyroshchuvanni bezzminno ta v sivozmini. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnogo Ahrarnoho Universytetu*, 1, 12–15. [in Ukrainian]
5. Hanhur, V., & Filonenko, V. (2023). Yield and quality of root fruits of sugar beet when grown in crop rotation with short rotation. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 22–25. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04>
6. Hospodarenko, H. M., Tsyhoda, V. S., & Prokopchuk, I. V. (2017). Zaburianenist ta produktyvnist posiviv buriaku tsukrovoho zalezno vid hlybyny oranky i system udobrennia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 91, 7–18. [in Ukrainian]
7. Demydenko, O. V., Boiko, P. I., Blashchuk, M. I., Shapoval, I. S., & Kovalenko, N. P. (2019). *Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu*. Smila [in Ukrainian]
8. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]
9. Ivashchenko, O. O. (2016). Realii i perspektivy system zakhystu posiviv vid burianiv. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 11–12, 1–3. [in Ukrainian]
10. Manko, Yu. P., & Khomenko, L. P. (2006). Zminy burianystosti synuzii ahrofitotsenoziv zerno-prosapnoi lanky sivozminy. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Naukovoho Tsentru «Instytut Zemlerobstva UAAN»*, 1–2, 68–73. [in Ukrainian]
11. Myroshnychenko, M. S. (2020). Effect of fertilization system and tillage on weed infestation of sugar beet sowings in short crop rotations. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 29–36. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211050>
12. Moldovan, V. H., & Kvasnitska, L. S. (2015). Zaburianenist ahrotsenoziv v umovakh dostatnoho zvolozhennia Pravoberezhnoho Lisostepu. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 5, 8–10. [in Ukrainian]
13. Prysiashniuk, O. I., Prysiashniuk, L. M., Melnyk, S. I., & Hryniv, S. M. (2022). *Buriaky tsukrovi – selektsiia, nasinnytstvo ta tekhnolohiia vyroshchuvannia: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian]
14. Tsvei, Ya. P., Myroshnychenko, M. S., & Tyshchenko, M. V. (2019). Productivity of sugar beet and barley in short crop rotations as affected by fertilization and tillage. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 27, 84–93. <https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211167>
15. Bowles, T. M., Mooshammer, M., Socolar, Y., Calderón, F., Cavigelli, M. A., Culman, S. W., Deen, W., Drury, C. F., Garcia, A. G. Y., Gaudin, A. C. M., Harkcom, W. S., Lehman, R. M., Osborne, S. L., Robertson, G. P., Salerno, J., Schmer, M. R., Strock, J., & Grandy, A. S. (2020). Long-term evidence shows that crop-rotation diversification increases agricultural resilience to adverse growing conditions in North America. *One Earth*, 2, 284–293. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.007>
16. Buhre, C., Burcky, K., Schmitz, F., Schulte, M., & Ladewig, E. (2011). Survey on sugar beet production technology-State and trends (1994–2010). *Zuckerind*, 136, 670–677.
17. Délye, C., Jasieniuk, M., & Le Corre, V. (2013). Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends Genet*, 29, 649–658. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.06.001>
18. Findlater, K. M., Kandlikar, M., & Satterfield, T. (2019). Misunderstanding conservation agriculture: Challenges in promoting, monitoring and evaluating sustainable farming. *Environmental Science & Policy*, 100, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.027>

19. Garreto, F. G. S., Fernandes, A. M., Silva, J. A., Silva, R. M., Figueiredo, R. T., & Soratto, R. P. (2023). No-tillage and previous maize–palisadegrass intercropping reduce soil and water losses without decreasing root yield and quality of cassava. *Soil and Tillage Research*, 227, 105621. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105621>
20. Holland, J. M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103 (1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.018>
21. Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76, 29–51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>
22. Koch, H.-J., Dieckmann, J., Büchse, A., & Märkländer, B. (2009). Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*, 30 (2), 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.08.001>
23. Liu, Z., Cao, S., Sun, Z., Wang, H., Qu, S., Lei, N., He, J., & Dong, Q. (2021). Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84191-z>
24. Marlander, B., Hoffmann, C., Koch, H. J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J., & Stock-fisch, N. (2003). Environmental situation and yield performance of the sugar beetcrop in Germany: Heading for sustainable development. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189, 201–226. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00035.x>
25. Minhas, W. A., Mumtaz, N., Ur-Rehman, H., Farooq, S., Farooq, M., Ali, H. M., & Hussain, M. (2023). Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. *Frontiers Plant Science*, 14, 1176738. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176738>
26. Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research*, 183, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>
27. Shahzad, M., Hussain, M., Jabran, K., Farooq, M., Farooq, S., Gašparović, K., Barboricova, M., Aljuaid, B. S., El-Shehawi, A. M., & Zuan, A. T. K. (2021). The impact of different crop rotations by weed management strategies' interactions on weed infestation and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 11, 2088. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102088>

ORCID

V. Hanhur  <https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>
 S. Pospelov  <https://orcid.org/0000-0003-0433-2996>



2025 Hanhur V. et al. 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.