

## The effects of main tillage methods on the productivity of maize hybrids in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

V. Hanhur ✉ | V. Rudenko

### Article info

#### Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

[volodimirganguur@gmail.com](mailto:volodimirganguur@gmail.com)

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody Str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

**Citation:** Hanhur, V., & Rudenko, V. (2024). The effects of main tillage methods on the productivity of maize hybrids in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 36–40. doi: 10.31210/spi2024.27.01.06

Maize (*Zea mays* L.) is one of the three most important cereals in the world. This crop is significant for the economic development of countries where it is oriented to the agricultural sector. The research to study the effect of different methods of basic tillage on the biometric parameters of maize plants and the formation of productivity of maize hybrids of different maturity was conducted in the conditions of the Poltava State Agricultural Research Station named after M. Vavilov during 2019–2020. According to the field experiment, it was found that plants of hybrids DN Patriot, DN Fiesta, DN Julia were characterized by the largest linear parameters for cultivation on the shelf tillage condition. Replacing plowing by 20–22 cm by moldboardless tillage, in particular, flat-cut tillage by 14–16 cm and surface tillage by 8–10 cm, led to a decrease in plant height by 2.8 and 3.4 %, 1.5 and 3.0 %, 2.4 and 0.4 %, respectively. The plant height of the mid-maturing hybrid DN Julia was almost the same both under plowing and surface tillage. It was found that the yield of the early maturing hybrid DN Patriot and the mid-early maturing hybrid DN Fiesta was the highest when they were growing under shelf tillage to a depth of 20–22 cm. In the case of moldboardless tillage, in particular, flat-cut tillage by 14–16 cm and surface tillage by 8–10 cm, a significant decrease in grain productivity was noted, respectively, by 5.5 and 1.9 and 5.1 and 2.2 %. The maximum grain productivity of the mid-maturing hybrid DN Julia was obtained in the variant with surface tillage by 8–10 cm (7.15 t/ha), which is 0.28 and 0.43 t/ha or 4.1 and 6.4 % more compared to flat-cutting and shelf plowing. It was found that on the chernozem soils of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the best biometric parameters of plants and higher grain productivity of the early maturing maize hybrid DN Patriot and the mid-early maturing maize hybrid DN Fiesta (6.17 and 6.93 t/ha) are formed by plowing to a depth of 20–22 cm. At the same time, the reaction of the mid-maturing hybrid DN Julia to this variant of basic tillage was reversed.

**Keywords:** maize (*Zea mays* L.), hybrids, maturity group, main tillage, yield.

## Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах лівобережного Лісостепу України

В. В. Гангур | В. В. Руденко

Полтавський державний  
аграрний університет,  
м. Полтава,  
Україна

Кукурудза (*Zea mays* L.) входить до трійки найбільш важливих зернових культур у світі. Ця культура має вагомое значення для економіки країн, де вона зорієнтована на агропромисловий комплекс. Дослідження проведено в умовах Полтавської ДСГДС імені М. І. Вавилова впродовж 2019–2020 рр. За результатами польового експерименту виявлено, що рослини гібридів ДН Патріот, ДН Фієста, ДН Джулія характеризувалися найбільшими лінійними розмірами за умови вирощування на фоні полицевого обробітку ґрунту. Заміна оранки на 20–22 см на безполіцевий обробіток ґрунту, зокрема плоскорізний на 14–16 см та поверхневий на 8–10 см, призвела до зменшення висоти рослин, відповідно на 2,8 і 3,4 %; 1,5 і 3,0 %; 2,4 і 0,4 %. Висота рослин середньостиглого гібрида ДН Джулія була практично однаковою як на фоні оранки, так і поверхневого обробітку ґрунту. Встановлено, що урожайність ранньостиглого гібрида ДН Патріот та середньораннього – ДН Фієста була найвищою за умови вирощування на фоні полицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см. У разі проведення безполіцевого обробітку ґрунту, зокрема плоскорізного на 14–16 см і поверхневого на 8–10 см, відзначено істотне зниження зернової продуктивності, відповідно на 5,5 і 1,9 та 5,1 і 2,2 %. Максимальну зернову продуктивність середньостиглого гібрида ДН Джулія одержано на варіанті із поверхневим обробітком ґрунту на 8–10 см (7,15 т/га), що на 0,28 і 0,43 т/га або 4,1 і 6,4 % більше, ніж на фоні плоскорізного обробітку і полицевої оранки. Встановлено, що на чорноземних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України кращі біометричні параметри рослин та вища зернова продуктивність ранньостиглого гібрида кукурудзи ДН Патріот та середньораннього – ДН Фієста (6,17 та 6,93 т/га) формуються за умови проведення оранки на глибину 20–22 см. Водночас оберненою була реакція середньостиглого гібрида ДН Джулія на цей варіант основного обробітку ґрунту.

**Ключові слова:** кукурудза (*Zea mays* L.), гібриди, група стиглості, основний обробіток ґрунту, урожайність.

**Бібліографічний опис для цитування:** Гангур В. В., Руденко В. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (1). С. 36–40.

## Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.), є третьою за важливістю зерновою культурою у світі після пшениці та рису [16]. Вона має вагомe значення для економіки країн, які базуються на сільському господарстві. Ця культура має важливе харчове значення: в зерні кукурудзи міститься велика кількість корисних речовин, таких як глюкоза, жирні кислоти, амінокислоти тощо, а також 72 % крохмалю, 10 % білку, 4,8 % олії та 8,5 % клітковини [4–6].

Кукурудза вважається однією із ключових зернових культур світу та України зокрема, завдяки високій потенційній продуктивності (14–15 т/га), за якою вона суттєво випереджає інші зернові культури. Однак реалізація генетично обумовлених можливостей гібридів кукурудзи відбувається не завжди. Це зумовлено передусім біологічними особливостями біотипів культури, зокрема їх вимогливістю на окремих стадіях органогенезу до забезпечення як макро-, так і мікроелементами [1, 2, 7], а також своєчасності і якості проведення заходів із обробітку ґрунту, якому належить важлива роль у покращенні умов для вегетативного росту і генеративного розвитку кукурудзи та формуванні урожайності [13, 15, 20, 24]. Ущільнений шар ґрунту призводить до обмеження росту коренів рослин та зменшення об'єму ґрунту, який могла б охопити коренева система для забезпечення культури елементами мінерального живлення і вологою [10, 21].

В умовах Лівобережного Лісостепу найвищий рівень зернової продуктивності гібридів ДЗ Латориця, Оржиця 237 МВ, ДБ Хотин було одержано за умови внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{40}P_{40}K_{40}$  кг/га д.р. на фоні полицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см, відповідно 8,43, 8,27, 9,43 т/га. У разі проведення плоскорізного розпушування на глибину 14–16 см та поверхневого обробітку ґрунту на глибину 8–10 см відзначено зменшення урожайності гібридів кукурудзи, що вивчали, відповідно на 3,7 і 5,7 %, 2,8 і 4,0 %, 5,3 і 9,1 % відносно оранки [12].

У дослідях, проведених на зрошенні в умовах південної частини України, спостерігаємо рівноцінність системи диференційованого, мілкого та різноглибинного безполицевого розпушування ґрунту за впливом на рівень урожайності кукурудзи – 8,71–10,93 т/га. Водночас істотне зниження урожайності маємо за умови нульового обробітку, де цей показник був меншим відносно контролю у середньому за варіантами удобрення на 16,3 % [3].

Результати досліджень науковців Інституту зернових культур НААН свідчать про деяку перевагу полицевого обробітку на глибину 25–27 см над мілким на фоні внесення добрив у напрямку збільшення зернової продуктивності культури. Проте у разі потреби заощадження грошово-матеріальних ресурсів доцільно до технологічного процесу вирощування кукурудзи впроваджувати мілкий обробіток ґрунту [9].

Результати досліджень свідчать, що найвищий урожай зерна кукурудзи та найбільш ефективно використання вологи забезпечувала технологія вирощування з обробітком дисковим знаряддям на глибину 8–10 см у системі диференційованого

обробітку ґрунту в сівозміні на фоні максимальної дози мінеральних добрив  $N_{180}P_{60}$ . Такий агротехнологічний варіант забезпечив урожайність зерна кукурудзи за умови проведення досліджень 2017 та 2018 років на рівні, відповідно 14,51 та 14,59 т/га [22, 23].

Агостіні та ін. [14] дослідили, що за умови нульового обробітку врожайність кукурудзи була нижче порівняно із мілким, що зумовлено високою щільністю орного шару ґрунту, ніж у разі застосування інших способів обробітку ґрунту.

Отже, проведений аналіз джерел наукової літератури свідчить про вагомe значення обробітку ґрунту у регулюванні його вологості, створенні кращих умов для росту і розвитку кукурудзи. Однак серед науковців немає одноголосної думки щодо найбільш доцільного способу та глибини основного обробітку ґрунту в технології вирощування культури. З огляду на вищенаведене актуальним є проведення досліджень із вивчення ефективності різних способів основного обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Лівобережного Лісостепу України.

## Мета дослідження

*Метою* досліджень було з'ясувати вплив різних способів основного обробітку ґрунту на біометричні параметри рослин кукурудзи та формування продуктивності різних за стиглістю гібридів кукурудзи.

*Завдання* дослідження: вивчити вплив способів обробітку ґрунту на лінійні розміри рослин кукурудзи; визначити урожайність зерна кукурудзи у разі застосування різних способів основного обробітку ґрунту.

## Матеріали і методи

Короткотерміновий польовий дослід проведено у відділі наукових досліджень з питань землеробства та кормовиробництва Полтавської ДСГДС імені М. І. Вавилова впродовж 2019–2020 рр.

Земельна ділянка, де проводили дослідження, представлена чорноземом типовим малогумусним. За механічним складом цей тип ґрунту відноситься до важкого суглинку. Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки має такі показники: вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,85 %, 20–40 см – 3,91 % і на глибині 150–170 см – 0,71 %. Результати агрохімічного обстеження свідчать, що ґрунти дослідного поля добре забезпечені основними елементами мінерального живлення рослин. Вміст мг азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) в орному шарі, становить 11–13 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чириковим) – 10–15 мг, обмінного калію (за Чириковим) – 16–20 мг.

Територія Полтавської області характеризується помірно-континентальним кліматом, з нестійким зволоженням, холодною зимою і жарким, нерідко посушливим літом. Згідно з багаторічними даними агрометеорологічних спостережень, середня температура повітря становить 7,7 градуса, а річна сума атмосферних опадів дорівнює 508 мм. За період вегетації кукурудзи (третьа декада квітня – вересень) середня температура повітря становить 16,9°C.

За вищезазначений період сума опадів дорівнює 265 мм. Характер погодних умов упродовж періоду вегетації у роки проведення досліджень мав свої особливості. Так, більш сприятливі для кукурудзи погодні умови були 2020 року, де за період вегетації сума опадів становила 310 мм, середня температура повітря – 18,7°C, а гідротермічний коефіцієнт – 0,97. Період вегетації 2019 р., виявився більш посушливим, сума опадів дорівнювала 147 мм, середня температура повітря – 19,4°C, а ГТК – 0,45.

Схема досліді передбачала дослідження двох чинників:

А – гібриди кукурудзи різних груп (ранньостиглий ДН Патріот, середньоранній ДН Фієста, середньостиглий ДН Джулія);

В – способи основного обробітку ґрунту (1. Полицевий обробіток (оранка на глибину 20–22 см). 2. Безполицевий обробіток (плоскорізний обробіток на глибину 14–16 см). 3. Безполицевий обробіток (поверхневий обробіток на глибину 8–10 см)).

Посівна площа ділянки становила 140 м<sup>2</sup>, а облікова – 52,5 м<sup>2</sup>. Повторність варіантів у досліді триразова. Розміщення варіантів і повторень на площі рендомізоване. Сівбу гібридів кукурудзи проводили широкорядним способом (ширина міжрядь 0,7 м). Норма висіву насіння розрахована на кінцеву густоту рослин: для ранньостиглого гібрида – 70, середньораннього – 60, середньостиглого – 50 тис. рослин/га. Попередником кукурудзи в досліді була соя.

Згідно із програмою досліджень було проведено такі обліки та спостереження. Висоту рослин визначали у 50 рослин з двох несуміжних повторень досліді [11].

### Таблиця 1

Вплив способів основного обробітку ґрунту на висоту рослин гібридів кукурудзи на час фази цвітіння волотей, см (середнє 2019–2020 рр.)

Гібриди різних груп стиглості (А)	Способи основного обробітку ґрунту (В)		
	Полицевий (оранка на 20–22 см)	Безполицевий (плоскорізний обробіток на 14–16 см)	Безполицевий (поверхневий обробіток на 8–10 см)
ДН Патріот (ранньостиглий)	235,2	228,6	227,2
ДН Фієста (середньоранній)	222,4	219,0	215,8
ДН Джулія (середньостиглий)	227,4	222,0	226,4

Результати обліку урожайності свідчать про різну реакцію гібридів кукурудзи на способи основного обробітку ґрунту (табл. 2). Так, ранньостиглий гібрид ДН Патріот та середньоранній гібрид ДН Фієста найвищий рівень зернової продуктивності формували за умови полицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см. Водночас у разі вирощування вищенаведених гібридів культури на фоні безполицевого основного

обліку урожайності кукурудзи проводили суцільно з облікової площі ділянки шляхом ручного видалення качанів. Одночасно відбирали проби качанів для визначення вологості і виходу зерна. Урожайність з облікової ділянки перераховували на один гектар за умови стандартної вологості зерна (14 %).

Статистичний обробіток одержаних даних проводили методом дисперсійного аналізу [8].

### Результати та їх обговорення

Аналіз результатів досліджень свідчить про чітко виражений вплив способів основного обробітку ґрунту на лінійні розміри рослин гібридів кукурудзи (табл. 1). Так, за даними досліді виявлено, що у фазу цвітіння волотей найбільшою висотою вирізнялися рослини гібридів ДН Патріот, ДН Фієста, ДН Джулія за умови вирощування на фоні полицевого обробітку ґрунту. У разі проведення безполицевого основного обробітку ґрунту, зокрема плоскорізного на 14–16 см та поверхневого на 8–10 см, відзначено зменшення висоти рослин, відповідно на 2,8 і 3,4 %; 1,5 і 3,0 %; 2,4 і 0,4 % порівняно з оранкою на глибину 20–22 см, що, можливо, пов'язано із гіршими умовами для вологозабезпечення та мінерального живлення рослин кукурудзи.

За результатами досліджень виявлено, що середньостиглий гібрид ДН Джулія формував практично однакові лінійні розміри рослин на фоні оранки та поверхневого обробітку ґрунту, що зумовлено індивідуальною, менш вираженою реакцією цього біотипу кукурудзи на спосіб і глибину розпушування ґрунту.

обробітку ґрунту, зокрема плоскорізного на 14–16 см і поверхневого на 8–10 см, спостерігали зниження урожайності порівняно з оранкою на 20–22 см, відповідно на 5,5 і 1,9 та 5,1 і 2,2 %. Варто зазначити, що згідно з даними дисперсійного аналізу різниця в урожайності гібридів ДН Патріот і ДН Фієста, порівнюючи їхнє вирощування на фоні полицевого і безполицевого обробітку ґрунту, є істотною.

### Таблиця 2

Урожайність гібридів кукурудзи за умови різних способів основного обробітку, т/га (середнє за 2019–2020 рр.)

Гібриди різних груп стиглості (А)	Способи основного обробітку ґрунту (В)		
	Полицевий (оранка на 20–22 см)	Безполицевий (плоскорізний обробіток на 14–16 см)	Безполицевий (поверхневий обробіток на 8–10 см)
ДН Патріот (ранньостиглий)	6,17	5,83	6,05
ДН Фієста (середньоранній)	6,93	6,58	6,78
ДН Джулія (середньостиглий)	6,87	6,72	7,15
НІР <sub>0,95</sub>	фактор А – 0,07–0,11 т/га; фактор В – 0,07–0,11 т/га; взаємодія факторів АВ – 0,12–0,19 т/га.		

Що стосується зернової продуктивності середньостиглого гібрида ДН Джулія, то спостерігаємо її максимальне значення на варіанті із поверхневим обробітком ґрунту на 8–10 см. Порівняно із варіантом плоскорізного обробітку і полицевої оранки приріст урожайності зерна становив, відповідно 0,28 і 0,43 т/га або 4,1 і 6,4 %.

Отже, результати дворічних (2019–2020) досліджень свідчать, що способи основного обробітку ґрунту істотно впливають на біометричні параметри рослин та урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Виявлено істотне зниження урожайності ранньостиглого гібрида ДН Патріот та середньораннього – ДН Фієста за умови вирощування на фоні безполицевого основного обробітку ґрунту порівняно з оранкою. Водночас оберненою була реакція середньостиглого гібрида ДН Джулія на варіанти обробітку ґрунту. Такі ж тенденції виявлено за результатами досліджень М. R. Gomma із спів-авторами [17], найвищу врожайність зерна кукурудзи було отримано у разі традиційного обробітку ґрунту. Така технологія обробітку ґрунту забезпечила покращення доступності поживних речовин і вологи для кореневої системи, що врешті-решт призвело до збільшення врожайності зерна. Ці результати також узгоджуються з висновками В. Gul із колегами [18]. Згідно з даними експерименту, значно вищий біологічний урожай був отриманий у разі застосування традиційного обробітку ґрунту порівняно з мінімальним. На їхню думку, це може бути пов'язано із кращою доступністю поживних речовин завдяки утворенню більшої кількості корневих волосків у добре розпушеному ґрунті. К. Nabtegebrial та ін. [19] також виявили схожі результати впливу способів обробітку ґрунту на урожайність зерна кукурудзи.

## Висновки

Встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України кращі умови для формування біометричних параметрів рослин та високої продуктивності ранньостиглого гібрида кукурудзи ДН Патріот та середньораннього – ДН Фієста створюються за умови їх вирощування на фоні полицевого обробітку на глибину 20–22 см, де урожайність становила, відповідно 6,17 і 6,93 т/га. Для середньостиглого гібрида Джулія ефективнішим було проведення поверхневого обробітку ґрунту на 8–10 см, при якому урожайність зерна дорівнювала 7,15 т/га або була вищою на 0,28 т/га порівняно з оранкою на 20–22 см і на 0,43 т/га, відносно плоскорізного обробітку на 14–16 см.

*Перспективи подальшої роботи* в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні впливу різних способів основного обробітку ґрунту на акумулювання і використання вологи та ступінь забур'яненості, видовий склад сегетальної рослинності у посівах кукурудзи.

## Конфлікт інтересів

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

## References

1. Bahan, A. V., Yurchenko, S. O., & Shakalii, S. M. (2022). Formuvannya produktyvnoho potentsialu hibrydiv kukurudzy za hrupamy styhlosti. *Ahrarni Innovatsii*, 13, 7–11. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2022.13.1> [in Ukrainian]
2. Bahan, A. V., Shakaliy, S. M., Yurchenko, S. O., Ivashchenko, V. M., Barabolia, O. V., & Pokotylo, A. V. (2022). Formation of biometric indicators and yield level of corn hybrids by maturity groups. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 77, 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1>
3. Vozhehova, R. A., Isakova, H. M., Maliarchuk, A. S., Kotelnikov, D. I., & Halchenko, N. M. (2021). Produktivnist kukurudzy za minimizovanoho obrobittku ґruntu ta orhano-mineralnykh system udobrennia na zroshenni Pivdnia Ukrainy. *Ahrarni Innovatsii*, 5, 123–127. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2021.5.20> [in Ukrainian]
4. Gangur, V. V., Yermenko, 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>
5. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, Yu. M. (2017). Produktivnist korotkorotatsiinykh sivozmin za maksimalnoi chastky v nykh soi ta kukurudzy pry vyroshchuvanni v umovakh nedostatnoho zvolozhennia livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 1, 2, 313–319. [in Ukrainian]
6. Hanhur, V., & Rudenko, V. (2023). Biometric parameters of plants and maize (*Zea mays* L.) productivity depending on sowing period. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>
7. Yermakova, L. M., & Krestianinov, Ye. V. (2016). Maize yields in reliance on fertilizers and hybrids on dark gray ashed soils. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 63–65. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.04.12>
8. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]
9. Lebid, Ye. M., Desiatnyk, L. M., Lorynets, F. A., Fedorenko, I. Ie., & Lib, I. M. (2014). Produktivnist kukurudzy na zerno v parovii lantsi sivozmin zalezno vid obrobittku hruntu ta udobrennia. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 7, 108–111. [in Ukrainian]
10. Len, O. I., Totskiy, V. M., Hanhur, V. V., & Yermenko, 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>
11. Volkodav, V. V. (Ed.) (2000). *Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur*. Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanni ta okhoroni sortiv roslyn. Kyiv [in Ukrainian]
12. Totskiy, V. M., & Len, O. I. (2020). Corn hybride performance depending on fertilizers and basic tillage. *Plant Breeding and Seed Production*, 117, 199–205. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207173>
13. Filonenko, S. V. (2013). Formation of grain productivity of maize under different soil tillage. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 56–60. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.09>
14. Agostini, M. A., Studdert, G. A., Martino, S. S., Costa, J. L., Balbuena, R. H., Ressler, J. M., Mendivil, G. O., & Lázaro, L. (2012). Crop residue grazing and tillage systems effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 (2), 271–282. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000200007>
15. Dimnes, D. L., Karlen, D. L., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., & Cambardella, C. A. (2002). Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agronomy Journal*, 94, 1, 153–171. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1530>

16. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R & D implications. *Food Security*, 14 (5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
17. Gomma, M. R., Gibbons, A. K., & Ei, D. (2002). Maize grain yield as influenced by nitrogen levels with and without organic manures under different tillage systems. *Annals of Agricultural Sciences*, 40, 723–739.
18. Gul, B., Marwat, K. B., Hassan, G., Khan, A., Hashim, S., & Khan, I. A. (2009). Impact of tillage, plant population and mulches on biological yield of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 41 (5), 2243–2249.
19. Habtegebrail, K., Singh, B. R., & Haile, M. (2007). Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil and Tillage Research*, 94 (1), 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.002>
20. Halvorson, A. D., Wienhold, B. J., & Black, A. L. (2001). Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system. *Agronomy Journal*, 93 (4), 836–841. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.934836x>
21. Lipiec, J., Medvedev, V. V., Birkas, M., Dumitru, E., Lyndina, T. E., Rousseva, S., & Fulajtar, E. (2003). Effect of soil compaction on root growth and crop yield in Central and Eastern Europe. *International Agrophysics*, 17 (2), 61–69.
22. Peng, Z., Yang, H., Li, Q., Cao, H., Ma, J., Ma, S., Qiao, Y., Jin, J., Ren, P., Song, Z., & Liu, P. (2023). Tillage practices affected yield and water use efficiency of maize (*Zea mays* L., Longdan No.8) by regulating soil moisture and temperature in semi-arid environment. *Water*, 15 (18), 3243. <https://doi.org/10.3390/w15183243>
23. Vozzhova, R. A., Maliarchuk, M. P., Biliaieva, I. M., Markovska, O. Y., Maliarchuk, A. S., Tomnytskyi, A. V., Lykhovyd, P. V., & Kozyrev, V. V. (2019). The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27 (2), 125–130. <https://doi.org/10.15421/011917>
24. Yin, W., Chen, G., Feng, F., Guo, Y., Hu, F., Chen, G., Zhao, C., Yu, A., & Chai, Q. (2017). Straw retention combined with plastic mulching improves compensation of intercropped maize in arid environment. *Field Crops Research*, 204, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.005>

#### ORCID

V Hanhur  <https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



2024 Hanhur V. and Rudenko V. 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.