

**М. С. Шевченко**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач лабораторії землеробства та родючості ґрунтів,
Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних
наук України (м. Дніпро, Україна)
E-mail: m.s.shevchenko@ukr.net

О. О. Мицик

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри загального землеробства
та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
(м. Дніпро, Україна)
E-mail: mytskyk.o.o@dsau.dp.ua

**С. М. Шевченко**

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник,
доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет (м. Дніпро, Україна)
E-mail: shevchenko.s.m@dsau.dp.ua

К. А. Деревенець-Шевченко

кандидат біологічних наук, старший науковий
співробітник,
провідний науковий співробітник лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України (м. Дніпро, Україна)
E-mail: kattia_derevenets@ukr.net

**Н. О. Пришедько**

асистент кафедри загального землеробства
та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний
університет
(м. Дніпро, Україна)
E-mail: agrozemlerobstvo@gmail.com

О. В. Заверталюк

асистент кафедри загального землеробства та
ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
(м. Дніпро, Україна)
E-mail: zavertaliuk.o.v@dsau.dp.ua



ФАКТОРИ ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА РЕГУЛЮВАННЯ РОСТОВОЇ РЕАКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН

В умовах змін клімату та необхідності збереження родючості ґрунтів важливим напрямом землеробства є пошук ефективних прийомів основного обробітку ґрунту. Оптимізація технологій вирощування кукурудзи в Північному Степу України має значний вплив на продуктивність культури та екологічну стійкість агросистем. Метою роботи було визначити вплив різних способів основного обробітку ґрунту на ростові процеси та врожайність зерна кукурудзи. Дослідження проводили у 2019–2021 рр. на чорноземі звичайному з вмістом гумусу 4,2% та щорічною кількістю опадів 495 мм. Дослід включав чотири варіанти основного обробітку ґрунту: оранка (23–25 см), чизельний обробіток (25–27 см), дискування (10–12 см) та No-till. Внесення гербіцидів, контролювання бур'янів, облік біометричних показників кукурудзи та визначення врожайності зерна здійснювали згідно із загальноприйнятими методиками. Встановлено, що система обробітку

ґрунту суттєво впливала на параметри врожайності. Найвища врожайність кукурудзи (6,99 т/га) отримана після оранки, чизельний обробіток забезпечив 6,62 т/га, дискування – 6,27 т/га, а No-till – 6,11 т/га. Зменшення глибини обробітку знижувало польову схожість кукурудзи на 3,3–7,8% у порівнянні з оранкою. Внесення гербіцидів забезпечило зниження кількості бур'янів на 58–91%. Встановлено, що мінімальний та нульовий обробіток сприяли концентрації пожнивних решток у верхньому шарі ґрунту (до 97%), що впливало на температурний режим та сповільнювало проростання культури. Оранка є оптимальним прийомом основного обробітку ґрунту для вирощування кукурудзи в регіоні, забезпечуючи найвищу врожайність та рівномірний ріст і розвиток рослин. Мінімальний та нульовий обробіток сприяють накопиченню органічних решток у верхньому шарі, що позитивно впливає на ерозійну стійкість, проте знижує схожість культури та урожайність. Отримані результати можуть бути використані для розробки адаптивних систем землеробства в умовах Північного Степу України.

Ключові слова: кукурудза на зерно, обробіток ґрунту, схожість, технологія, рослинні рештки, продуктивність, врожайність.

M. S. Shevchenko

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Laboratory of Agriculture and Soil Fertility,
State Institution Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Dnipro, Ukraine)

E-mail: m.s.shevchenko@ukr.net

O. O. Mytsyk

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of General Agriculture and Soil Science,
Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: mytsyk.o.o@dsau.dp.ua

S. M. Shevchenko

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Associate Professor at the Department of General Agriculture and Soil Science,
Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: shevchenko.s.m@dsau.dp.ua

K. A. Derevenets-Shevchenko

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
Leading Researcher at the Laboratory of Plant Protection,
State Institution Institute of Grain Crops of National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine (Dnipro, Ukraine)

E-mail: katia_derevenets@ukr.net

N. O. Prishedko

Assistant at the Department of General Agriculture and Soil Science,
Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: agrozemlerobstvo@gmail.com

O. V. Zavertaliuk

Assistant at the Department of General Agriculture and Soil Science,
Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)

E-mail: zavertaliuk.o.v@dsau.dp.ua

FACTORS OF AGRICULTURE AND REGULATION OF GROWTH RESPONSE IN AGRICULTURAL CROPS

Under the conditions of climate change and the need to preserve soil fertility, an important aspect of modern agriculture is the search for effective primary tillage techniques. The optimisation of maize cultivation technologies in the Northern Steppe of Ukraine has a significant impact on crop productivity and the ecological sustainability of agroecosystems. The aim of this study was to determine the effect of different primary tillage methods on growth processes and maize grain yield. The research was conducted during 2019–2021 on ordinary chernozem with a humus content of 4.2% and an annual precipitation level of 495 mm. The experiment included four primary tillage treatments: ploughing (23–25 cm), chisel tillage (25–27 cm), disc harrowing (10–12 cm), and No-till. Herbicide application, weed control, biometric measurements of maize plants, and grain yield determination were carried out in accordance with standard methodologies. It was established that the tillage system significantly influenced yield parameters. The highest maize yield (6.99 t/ha) was obtained after ploughing, while chisel tillage provided 6.62 t/ha, disc harrowing – 6.27 t/ha, and No-till – 6.11 t/ha. Reducing tillage depth decreased field emergence by 3.3–7.8% compared to ploughing. Herbicide application reduced weed density by 58–91%. It was found that minimal and zero tillage promoted the accumulation of crop residues in the upper soil layer (up to 97%), which influenced the thermal regime and slowed crop emergence. Ploughing was identified as the optimal primary tillage method for maize cultivation in the region, ensuring the highest yield as well as uniform plant growth and development. Minimal and zero tillage contributed to the accumulation of organic residues in the upper soil layer, which positively affected erosion resistance but reduced seedling emergence and yield. The obtained results can be used for developing adaptive farming systems under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.

Key words: maize for grain, tillage, seedling emergence, technology, crop residues, productivity, yield.

Постановка проблеми. На сьогодні й у найближчому майбутньому більш чіткого теоретичного моделювання та практичної реалізації вимагають дві важливі тенденції степового землеробства. По-перше, значно збільшений генетичний потенціал

кукурудзи не перетворюється на підвищення врожайності зерна. По-друге, у зв'язку з гострою потребою мінімалізувати обробіток ґрунту, відповідні ґрунтові режими та реакція рослин на фактори землеробства недостатньо вивчені [1–5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Порівняно із звичайним обробітком мінімальний докорінно змінює умови життєдіяльності рослин, починаючи від проростання насіння: на ґрунтового середовища впливають пожнивні рештки, зосереджені в тонкому поверхневому шарі, можлива посиленість активності фітопатогенів, відносна ущільненість ґрунту в посівному шарі, азотне голодування, обмежена доступність добрив у зоні вкорінення та трансформація водно-фізичних властивостей ґрунту [6–9]. Досліджено вплив різних прийомів основного обробітку ґрунту на проростання насіння, початкові фази розвитку та реакцію кукурудзи [10].

Сучасні прийоми основного обробітку ґрунту використовують рештки попередників для підтримки родючості ґрунту та оптимального агрофізичного стану, завдяки чому досягається висока продуктивність сільськогосподарських культур, але ціною постійного зменшення вмісту органічної речовини ґрунту та витрати значної суми палива та праці [11–14]. Запровадження нульового або мінімального обробітку ґрунту створює нові проблеми [15, 16].

Метою статті було визначення впливу різних способів основного обробітку ґрунту (оранки, чизельного, дискового та нульового) на ростову реакцію рослин кукурудзи та її врожайність.

Методика дослідження. Польові дослідження проводили у 2019–2021 роках на чорноземах із вмістом глини 44%, органічної речовини – 4,2% та рН 7,0 в ДУ Інституті зернових культур НААН України. Клімат регіону помірно континентальний, середньорічна кількість опадів становить 495 мм, з яких 274 мм випадає протягом вегетаційного періоду кукурудзи. Протягом періоду досліджень середньодобові температури повітря несуттєво відхилялися від середньобаторічних показників, тоді як місячна кількість опадів була нерівномірною (табл. 1): зокрема, червень 2021 року відзначався надмірним зволоженням, тоді як у 2020 році місячна кількість опадів була нижчою за норму.

Вирощування кукурудзи здійснювали відповідно до рекомендованої технології для регіону [17]. Добрива NPK вносили в нормі 60/50/50 кг/га восени та 30/10/10 кг/га під час сівби. Гібрид кукурудзи ДН Хортиця висівали 25 квітня з міжряддям 70 см, нормою 50 тис. насінин/га.

Експериментальна схема включала чотири системи основного обробітку ґрунту: осіння оранка плугом ПЛН-3-35 на глибину

23–25 см; чизелювання на 25–27 см; дискування на 10–12 см; No-till із використанням сівалки Great Plains YP825A.

До сівби застосовували ґрунтовий гербіцид Primextra TZGold 500S (метолахлор, 312,5 г/л + тербутилазин, 187,5 г/л) у нормі 4,5 л/га. Міжрядний обробіток здійснювали механічно, а у варіанті No-till після збирання попередника (пшениці озимої) вносили гербіцид Раундап у нормі 4 л/га [18].

Дослід проводили у чотирьох повтореннях, загальна площа дослідів – 330 м², облікова ділянка – 100 м² [17]. Фенологічний розвиток кукурудзи визначали за шкалою ВВСН шляхом обстеження послідовних груп із десяти рослин на кожній ділянці.

Лабораторне та польове визначення схожості насіння, холодний тест, показники росту та розвитку рослин проводили згідно з методикою польових дослідів із кукурудзою [19–22]. Облік урожайності здійснювали шляхом ручного збирання у фазі повної стиглості зерна. З урахуванням вологості та забур'яненості, урожайність перераховували до 100% чистоти та 14% вологості.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Визначення продуктивності культури здійснювали методами математичної статистики (дисперсійний аналіз) [23].

Основні результати дослідження. Різні системи обробітку ґрунту суттєво впливали на розподіл пожнивних решток в орному шарі (табл. 2). При загальній масі органічних решток 4,72 т/га від попередньої культури пшениці озимої, після оранки найбільша концентрація рослинних решток спостерігалась у шарі 20–30 см (3,68 т/га, 78 % від загальної маси). Мінімальний і нульовий обробіток зосереджував пожнивні рештки у верхньому 0–10 см шарі ґрунту: до 3,17 т/га з чизельним плугом, 4,12 т/га з дискуванням і 4,58 т/га з нульовим обробітком (67,87 та 97 % від загальної маси соломі відповідно).

Зважаючи на зміну клімату, системи обробітку ґрунту також досліджуються щодо регулювання температури ґрунту, особливо на глибину закладення насіння [24]. Різні прийоми обробітку найбільш безпосередньо впливають на поверхневий покрив пожнивних решток, а отже, і на температуру ґрунту на глибині загортання насіння (6–8 см).

Прискорене прогрівання навесні спостерігалось в відкритому ґрунті при оранці, тоді як покриття поверхні пожнивними рештками,

Таблиця 1

Середньомісячна температура повітря та кількість опадів з квітня по вересень

Місяць	Температура, °С				Опади, мм			
	2019	2020	2021	середнє	2019	2020	2021	середнє
Квітень	11,2	9,0	8,0	9,4	33,1	11,3	53,6	38,5
Травень	17,9	14,1	15,8	16,0	48,4	79,5	27,2	46,0
Червень	24,0	22,5	19,5	19,6	30,8	49,2	202,3	59,4
Липень	21,5	24,8	23,6	21,3	59,3	30,2	69,4	56,7
Серпень	21,2	22,3	22,8	20,6	58,0	11,1	51,4	37,5
Вересень	16,3	19,5	13,8	15,4	19,1	32,1	23,5	36,0

Таблиця 2

Розподіл поживних решток у ґрунтовому профілі, т/га залежно від системи обробітку ґрунту (середнє за 2019–2021 рр.)

Шар ґрунту, см	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
0–10	0,33	3,17	4,12	4,58
10–20	0,71	0,86	0,43	0,21
20–30	3,68	0,72	0,17	0,02
$НІР_{05}$, т/га	0,07–0,10			

залишеними при мінімальному та нульовому обробітку, супроводжувалося повільнішим прогріванням ґрунту (табл. 3). Це зберігалося на початкових етапах розвитку культури (ВВСН 00–15), коли температура ґрунту на глибині закладення насіння при нульовому обробітку була на 1,2 °С нижчою порівняно з оранкою. На початкових фазах росту та розвитку кукурудзи майже не було різниці в температурі ґрунту між чизельним і дисковим обробітком.

Таблиця 3

Вплив прийомів обробітку ґрунту на середньодобову температуру на глибині розміщення насіння кукурудзи 6–8 см, °С (2019–2021 рр.)

Розвиток кукурудзи за шкалою ВВСН	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
00	11,4	11,1	11,0	10,2
05	13,3	12,6	12,5	11,7
10	15,8	14,9	14,7	14,0
15	19,3	18,7	18,7	18,0

Схоже, що мульчування рослинними залишками, що захищає ґрунт від дощових крапель, утворення кірки на поверхні і пов'язаних з цим стоків і ерозії, а також збільшує інфільтрацію і накопичення вологи в ґрунті, має і зворотну сторону: значно сповільнюється проростання сільськогосподарських культур [25] і підвищується ризик виникнення ущільнення ґрунту [26].

Польові експерименти показують, що різні системи обробітку створюють особливі умови для проростання насіння кукурудзи. Більш значна різниця між лабораторною та польовою схожістю гібриду кукурудзи Хортиця (табл. 4) вказує на

ймовірні зв'язки та принаймні одну з основних причин розриву між генетичним потенціалом та польовими показниками.

Про високу життєздатність насіння та збереження генетичного потенціалу свідчить лабораторна схожість, яка досягла максимального значення 99 %, але за нижньої межі оптимальної температури для проростання (10 °С, тобто «холодний метод пророщування») ріст пригнічується і рівень проростання становив лише 89 %. Найбільш сприятливі умови для проростання насіння в полі були під впливом оранки, де польова схожість становила 85,6 %, за мінімального і нульового обробітку схожість знизилася до 77,8–82,3 %. Застосування передпосівного гербіциду не вплинуло на показники схожості, різниця польової схожості з гербіцидом і без нього становила 0,3–0,6 %.

На всіх етапах росту та розвитку кукурудзи мінімізація обробітку ґрунту знижувала висоту рослин, площу листків, кількість качанів на 100 рослин і масу 1000 зерен (табл. 5). Уже у фазі 7–8 листків при оранці кукурудза була на 3,0–4,9 см вище рослин за мінімального обробітку і після завершення лінійного росту кукурудза досягла площі листків 23,6 тис. м²/га після оранки порівняно з 22,7 тис. м²/га за нульового обробітку.

Врожайність зерна (табл. 6) по роках була різною. Максимальна врожайність 8,56 т/га була досягнута при оранці у 2021 році завдяки сприятливій погоді, яка підвищила врожайність за всіх систем обробітку ґрунту (табл. 5).

Мінімальна врожайність 4,92 т/га була отримана в 2020 році за нульового обробітку, кількість опадів нижче середньої, що вплинуло на врожайність за всіх систем обробітку ґрунту (табл. 6).

У середньому мінімізація обробітку ґрунту призвела до зниження врожайності: оранка та чизельний обробіток підтримували стабільну вро-

Таблиця 4

Вплив основного обробітку ґрунту та гербіциду на схожість насіння кукурудзи, % (середнє за 2019–2021 рр.)

Показники	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
Лабораторна схожість	99,1			
Холодний метод пророщування	89,3			
Польова схожість без гербіциду	85,6	82,3	81,0	77,8
Польова схожість з гербіцидом Primextra TZGold	86,0	82,9	81,0	78,1

Таблиця 5

**Вплив обробітку ґрунту на морфобіологічні характеристики кукурудзи
(середнє за 2019–2021 рр.)**

Показники	Обробіток ґрунту			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
Висота рослин, см (ВВСН 17–18)	74,4	71,1	70,6	69,5
Висота рослин, см (ВВСН 67–69)	234,3	232,1	230,5	226,9
Площа листової поверхні, тис. м²/га (ВВСН 17–18)	9,3	8,2	8,0 ± 0,2 ^{ab}	7,6
Площа листової поверхні, тис. м²/га (ВВСН 67–69)	23,6	23,2	23,0 ± 0,3 ^a	22,7
Кількість качанів на 100 рослин, шт.	107,8	104,3	103,1	102,2
Маса 1000 зерен, г	316,1	312,4	310,3	307,6

Таблиця 6

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від різних прийомів основного обробітку ґрунту,
т/га (середнє за 2019–2021 рр.)**

Роки (фактор А)	Обробіток ґрунту (фактор В)			
	оранка	чизельний	дисковий	No-till
2019	6,59	6,16	5,58	5,44
2020	5,83	5,37	5,06	4,92
2021	8,56	8,34	8,18	7,96
Середнє	6,99	6,62	6,27	6,11
НІР ₀₅ , т/га	0,09			
Для фактору А	0,12			
Для фактору В	0,13			
Взаємодія АВ				

жайність зерна кукурудзи на рівні 6,99–6,62 т/га, дискування та нульовий обробіток регулярно відставали на 0,35–0,88 т/га.

Наші дані показують статистично достовірну, хоча й невелику реакцію культури на різні системи обробітку ґрунту, особливо чутливої була реакція рослин кукурудзи до температури ґрунту.

Висновки. Таким чином, за різних систем обробітку ґрунту оранка концентрує 78 % пожнивних решток у 20–30 см шарі ґрунту; мінімальний і нульовий обробіток залишає 67–97 % пожнивних решток на поверхні 0–10 см шарі. Поверхнєве покриття рослинними рештками при мінімальному та нульовому обробітках уповільнює швидкість прогрівання ґрунту навесні, що знижує схожість кукурудзи та її ріст протягом усього сезону, що призводить до недобору врожаю на 0,37–0,88 т/га порівняно з оранкою.

Література

- Гадзало Я. М., Ібатуллін І. І., Лузан Ю. Я. Інституціональна забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8. С. 5–15. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-01>.
- Kaminskyi V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Kiernicki, Z. Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23. № 12. P. 163–178. <https://doi.org/10.12911/22998993/155057>.

- Achenbach P. Ber Ackerbau ohne Boden Wendung zur Sicherstellung der Ernteertrage. Berlin. 1921. S. 40–49.

- Blunk S., Bussell J., Sparkes D., de Heer M. I., Mooney S. J., Sturrock C. J. The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 2021. 206, 104757.

- Thinggard K. Organic seed. Conservation agriculture and GM crops in Denmark. Report D 1.1 A4. KASSA Project. France. : CIRAD. 2006. P. 1–16.

- Войтовик М. В., Панченко О. Б., Примак І. Д., Цюк О. А. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівозміні. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2023. № 6/106. [https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.004](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.004).

- Шевченко М. С., Шевченко О. М., Швець Н. В. Агродинаміка вологоспоживання залежно від технологічних факторів землеробства степової зони. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. № 5. 130–134.

- Blunk S., Bussell J., Sparkes D., de Heer M. I., Mooney S. J., Sturrock, C. J. The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*, 2021. 206, 104757. doi:10.1016/j.still.2020.104757

- Гордієнко В. П., Геркіял О. М., Опришко В. П. Землеробство. К. : Вища школа, 1991. 268 с.

- Shevchenko S., Derevenets-Shevchenko K., Desyatnyk L., Shevchenko M., Sologub I., Shevchenko O. Tillage effects on soil physical properties and maize phenology. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. 81:1. 393–402. doi: 10.1080/00207233.2024.2320032.

11. Achankeng E., Cornelis W. Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 298, № 3. P. 108967. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108967>.

12. Boressen T. The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil and Tillage Research*. 1999. 51 (1–2): 91–102. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00030-6).

13. Winkler J., Kopta T., Ferby V., Neudert L., Vaverková M. D., 2022, Effect of Tillage Technology Systems for Seed Germination Rate in a Laboratory Tests. *Environments* 9 (2), 13. doi: 10.3390/environments9020013.

14. Yang Y., Ding J., Zhang Y., Wu J., Zhang J., Pan X., He F. Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management*, 2018. 201, 299–308. doi:10.1016/j.agwat.2017.11.003.

15. Busar M. A., Kukal, S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*. 2015. Vol. 3, № 2. P. 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>.

16. Cruse R. M., Linden D., Radke J. K., Larson W. E., Larntz K. A model to predict tillage effects on soil temperature. *Soil Science Society of America Journal*. 1980. 44(2), 378–383.

17. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М., Шевченко М. С., Шевченко С. М. Методика проведення дослідів з кукурудзою : методичні рекомендації. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

18. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодо-чинність і система захисту. Дніпропетровськ : Енем, 2006. 86 с.

19. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт України ДСТУ 4138-2002. 72 с.

20. Каленська С. М. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011. 320 с.

21. Макрушин М. М., Макрушина Є. М. Насінництво : підручник. Сімферополь : ВД «Аріал», 2011. 476 с.

22. Мазур В. А., Липовий В. Г., Мордванюк М. О. Методика наукових досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця : ВЦ ТОВ «ТВОРИ», 2020. 204 с.

23. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

24. Shen Y., McLaughlin N., Zhang X. Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. *Scientific Reports*, 2018/ 8 (1), 4500. doi:10.1038/s41598-018-22822-8.

25. Steponavičienė V., Rudinskienė A., Žiūraitis G., Bogužas V., The impact of tillage and crop residue incorporation systems on agrophysical soil properties. *Plants*, 2023. 12 (19), 3386. doi:10.3390/plants12193386.

26. Liu X., Zang J., Fu Y. Influences of conservation tillage on soil macrofaunal biodiversity and trophic structure in the Mollisol region of Northeast China. *Catena*, 2023. 236, 107750. doi: 10.1016/j.catena.2023.107750.

References

1. Hadzalo, Ya. M., Ibatullin, I. I., Luzan, Yu. Ya. (2022). Instytutstionalne zabezpechennia funktsionuvannia prodovolchoi systemy Ukrainy v suchasnykh kryzovykh umovakh [Institutional support for the functioning of Ukraine's food system under modern crisis conditions]. *Visnyk aharnoi nauky*, 8. 5–15. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-01> [in Ukrainian].

2. Kaminskyi, V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Kiernicki, Z. (2022). Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 23. №12. P.163–178. <https://doi.org/10.12911/22998993/155057>.

3. Achenbach, P. (1921). *Ber Ackerbau ohne Boden Wendung zur Sicherstellung der Ernteertrage*. Berlin. S. 40–49.

4. Blunk, S., Bussell, J., Sparkes, D., de Heer, M. I., Mooney, S. J., Sturrock, C. J. (2021). The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 206, 104757. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104757>.

5. Thinggard, K. (2006). Organic seed. Conservation agriculture and GM crops in Denmark. Report D 1.1 A4. KASSA Project. France. : CIRAD. P. 1–16.

6. Voitovyk, M. V., Panchenko, O. B., Prymak, I. D., Tsiuk, O. A. (2023). Porivnialna otsinka ahrofizychnykh vlastyvostei za riznykh tekhnolohii obrobitku gruntu v sivozmini. [Comparative assessment of agrophysical properties under different soil tillage technologies in crop rotation]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. № 6/106. [https://doi.org/10.31548/dopovid6\(106\).2023.004](https://doi.org/10.31548/dopovid6(106).2023.004) [in Ukrainian].

7. Shevchenko, M. S., Shevchenko, O. M., Shvets, N. V. (2013). Ahrodynamika volohospozhyvannia zalezno vid tekhnolohichnykh faktoriv zemlerobstva stepovoi zony [Agrodynamics of moisture consumption depending on technological factors in farming of the steppe zone]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 5, 130–134 [in Ukrainian].

8. Blunk, S., Bussell, J., Sparkes, D., de Heer, M.I., Mooney, S.J., Sturrock, C.J., 2021, The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research* 206, 104757. doi:10.1016/j.still.2020.104757

9. Hordiienko, V. P., Herkiial, O. M., Opryshko, V. P. (1991). *Zemlerobstvo [Agriculture]*. Kyiv: Vyshcha shkola, 268 [in Ukrainian].

10. Shevchenko, S., Derevenets-Shevchenko, K., Desyatnyk, L., Shevchenko M., Sologub I., Shevchenko O. (2024). Tillage effects on soil physical properties and maize phenology. *International Journal of Environmental Studies*. 81:1. 393–402. doi: 10.1080/00207233.2024.2320032.

11. Achankeng, E., Cornelis W. (2023). Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*. Vol. 298, № 3. P. 108967. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108967>.
12. Boessen, T. (1999). The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil and Tillage Research*. 51 (1-2): 91-102. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00030-6).
13. Winkler, J., Kopta, T., Ferby, V., Neudert, L., Vaverková, M. D. (2022). Effect of Tillage Technology Systems for Seed Germination Rate in a Laboratory Tests. *Environments* 9 (2), 13. doi: 10.3390/environments9020013.
14. Yang, Y., Ding, J., Zhang, Y., Wu, J., Zhang, J., Pan, X., He, F. (2018). Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management* 201, 299-308. doi:10.1016/j.agwat.2017.11.003.
15. Busar, M. A., Kukal, S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A.A. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*. Vol. 3, № 2. P. 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.05.002>
16. Cruse, R. M., Linden, D., Radke, J. K., Larson, W. E., Larntz, K. (1980). A model to predict tillage effects on soil temperature. *Soil Science Society of America Journal*. 44 (2), 378-383.
17. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S., Pashchenko, Yu. M., Shevchenko M. S., Shevchenko S. M. (2012). *Metodyka provedennia doslidiv z kukurudzoiu : metodychni rekomendatsii* Methodology for conducting experiments with maize: methodological recommendations. Dnipro [in Ukrainian].
18. Tsykov, V. S., Matiukha, L. P. (2006). *Buriany: shkodochynnist i systema zakhystu*. [Weeds: Harmfulness and the system of protection]. Dnipropetrovsk: Nem [in Ukrainian].
19. DSTU (2002). *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti*. Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU 4138-2002. [Seeds of agricultural crops. Methods of quality determination. State Standard of Ukraine DSTU 4138-2002]. Kyiv: World [in Ukrainian].
20. Kalenska, S. M. (2011). *Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur: navchalnyi posibnyk*. [Seed Science and Methods of Determining Seed Quality of Agricultural Crops: a textbook]. Vinnytsia : FOP Danyliuk [in Ukrainian].
21. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M. (2011). *Nasinnystvo : pidruchnyk*. [Seed Production: textbook] Simferopol : VD "Arial" [in Ukrainian].
22. Mazur, V. A., Lypovyi, V. H., Mordvanyuk M. O. (2020). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii: navchalnyi posibnyk* [Methodology of Scientific Research in Agronomy: A Study Guide]. Vinnytsia: VC LLC "TVORY" [in Ukrainian].
23. Ushkarenko, V. O., Vozhegova, R. A., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2008). *Statystychnyi analiz rezultativ polovykh doslidiv u zemlerobstvi* [In Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian].
24. Shen, Y., McLaughlin, N., Zhang, X. (2018). Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. *Scientific Reports* 8 (1), 4500. doi: 10.1038/s41598-018-22822-8.
25. Steponavičienė, V., Rudinskienė, A., Žiūraitis, G., Bogužas, V. (2023). The impact of tillage and crop residue incorporation systems on agrophysical soil properties. *Plants* 12 (19), 3386. doi:10.3390/plants12193386.
26. Liu, X., Zang, J., Fu, Y. (2023). Influences of conservation tillage on soil macrofaunal biodiversity and trophic structure in the Mollisol region of Northeast China. *Catena* 236, 107750. doi: 10.1016/j.catena.2023.107750.