

УДК 633.15:631.582:631.51:631.43:631.55
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.1.6>

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Андрієнко А.Л. – к.с.-г.н., с.н.с.,
завідувач лабораторією землеробства,
Інститут сільського господарства Степу
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-2318-9454,

Семеняка І.М. – к.с.-г.н., доцент,
в. о. директора,
Інститут сільського господарства Степу
Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-8905-5387,

Андрієнко О.О. – к.с.-г.н., с.н.с., доцент,
доцент кафедри загального землеробства,
Центральноукраїнський національний технічний університет
orcid.org/0000-0003-1982-1151

У статті наведено результати багаторічних польових досліджень щодо впливу попередників і систем основного обробітку ґрунту на формування агрофізичних властивостей ґрунту та продуктивність кукурудзи в умовах Північного Степу України. Обґрунтовано актуальність оптимізації агротехнологічних заходів з метою регулювання водного, повітряного та поживного режимів ґрунту. Встановлено, що щільність і твердість ґрунту є ключовими показниками його агрофізичного стану та суттєво залежать від інтенсивності обробітку й попередників.

Дослідженнями доведено, що найменша щільність ($1,17\text{--}1,24\text{ г/см}^3$) і твердість ґрунту формуються за вирощування кукурудзи після сої та застосування полицевої оранки або глибокого рихлення. Мінімізація обробітку (мілке дискування, пряма сівба) призводить до ущільнення орного шару на $0,05\text{--}0,10\text{ г/см}^3$ і зростання твердості на $3,5\text{--}9,2\text{ кг/см}^2$, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Встановлено тісні зворотні кореляційні зв'язки між агрофізичними показниками ґрунту та елементами продуктивності кукурудзи ($r = -0,71 \dots -0,91$).

Найвищу врожайність зерна кукурудзи ($6,56\text{--}7,15\text{ т/га}$ у 2010–2012 рр. та $8,30\text{--}8,91\text{ т/га}$ у 2020–2022 рр.) отримано за використання сої як попередника та глибокого обробітку ґрунту. Застосування мілкої обробітку зумовлює зниження врожайності на $0,31\text{--}0,47\text{ т/га}$, а прямої сівби – на $0,59\text{--}2,55\text{ т/га}$. Водночас глибоке рихлення може бути ефективною альтернативою оранці із незначним зменшенням урожайності ($1,7\text{--}3,5\%$).

Практичне значення результату полягає в обґрунтуванні доцільності включення сої в сівозміну та застосування глибокого обробітку ґрунту для формування оптимального агрофізичного стану ґрунту і підвищення продуктивності кукурудзи.

Ключові слова: щільність ґрунту, твердість ґрунту, агроценоз, сівозміна, продуктивність рослин, зернова продукція, гібриди.

Andriienko A.L., Semeniaka I.M., Andriienko O.O. The effect of previous crops and primary tillage on soil agrophysical properties and maize yield

This article presents the results of long-term field studies on the influence of preceding crops and primary tillage systems on the formation of soil agrophysical properties and maize



© Андрієнко А.Л., Семеняка І.М., Андрієнко О.О., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

productivity in the Northern Steppe of Ukraine. The relevance of optimizing agrotechnological measures to regulate soil water, air, and nutrient regimes is substantiated. It has been established that soil density and hardness are key indicators of its agrophysical condition and depend significantly on the intensity of tillage and crop rotation.

Research has shown that the lowest soil density (1.17–1.24 g/cm³) and hardness are achieved when growing corn after soybeans and using ridge plowing or deep loosening. Minimizing tillage (shallow discing, direct seeding) leads to compaction of the arable layer by 0.05–0.10 g/cm³ and an increase in hardness by 3.5–9.2 kg/cm², which negatively affects plant growth and development. Close inverse correlations were established between soil agrophysical indicators and corn productivity components ($r = -0.71 \dots -0.91$).

The highest corn grain yields (6.56–7.15 t/ha in 2010–2012 and 8.30–8.91 t/ha in 2020–2022) were obtained when soybeans were used as a preceding crop and deep tillage was practiced. The use of shallow tillage results in a yield reduction of 0.31–0.47 t/ha, while direct seeding reduces yields by 0.59–2.55 t/ha. At the same time, deep loosening can be an effective alternative to plowing with a slight decrease in yield (1.7–3.5%).

The practical significance of the results lies in substantiating the feasibility of including soybeans in crop rotation and applying deep tillage to establish optimal soil agrophysical conditions and increase corn productivity.

Key words: soil density, soil hardness, agrocenosis, crop rotation, plant productivity, grain yield, hybrids.

Актуальність теми дослідження. Одним із ключових завдань сучасного землеробства є забезпечення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур шляхом регулювання водного, повітряного, теплового та поживного режимів ґрунту. Важливу роль у цьому відіграють попередники та система основного обробітку ґрунту, які значною мірою визначають агрофізичний стан орного шару, зокрема твердість і щільність ґрунту [1]. Твердість ґрунту розглядається як важлива технологічна характеристика поля, оскільки перевищення її критичних значень негативно впливає на ріст і розвиток рослин, обмежує проникнення кореневої системи у глибші шари та погіршує використання ресурсів ґрунтового середовища [2–4]. Однією з основних характеристик структури ґрунту є його щільність (об'ємна маса), яка відображає співвідношення маси абсолютно сухого ґрунту непорушеної будови до його об'єму і визначає масу 1 см³ ґрунту [5, 6]. Цей показник є динамічним і залежить від структури та вологості ґрунту, гранулометричного складу, вмісту органічної речовини, культур сівозміни та системи агротехнічних заходів. Таким чином, оптимізація системи основного обробітку ґрунту та підбір ефективних попередників є важливим науковим і практичним завданням, спрямованим на підвищення продуктивності посівів кукурудзи та ефективне використання ґрунтових ресурсів.

Постановка проблеми. Результати досліджень свідчать, що попередники та система основного обробітку ґрунту істотно впливають на ріст і розвиток рослин кукурудзи, формування її кореневої системи та продуктивність посівів. За даними досліджень, водний режим ґрунту та його агрофізичні властивості виступають визначальними чинниками формування врожайності культури, оскільки вони безпосередньо впливають на розвиток кореневої системи і забезпечення рослин вологою та поживними речовинами [3, 8, 9]. Дослідження показують, що способи та глибина основного обробітку ґрунту, а також попередники можуть по-різному впливати на щільність і твердість ґрунту, що, у свою чергу, визначає особливості його водного режиму. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між щільністю ґрунту та його вологістю ($r = -0,72$) при вирощуванні кукурудзи, що свідчить про значний вплив агрофізичних параметрів на формування умов водозабезпечення посівів [2, 10].

Суттєвим фактором підвищення продуктивності кукурудзи є впровадження нових високопродуктивних гібридів, які відрізняються генетичним походженням, тривалістю вегетаційного періоду, адаптивними властивостями та реакцією на ґрунтово-кліматичні умови [3, 11]. Їх використання у посушливих умовах Степу України сприяє стабілізації виробництва зерна та зменшенню коливань урожайності за несприятливих погодних умов. Водночас значна кількість досліджень присвячена визначенню ефективності різних систем основного обробітку ґрунту. Традиційно для кукурудзи оптимальним вважався глибокий полицевий обробіток (25–27 см), який забезпечує накопичення та раціональне використання вологи, а також ефективний контроль бур'янів [3, 12–16]. Поряд із цим дослідники розглядають можливість застосування безполцевого або мілкого обробітку ґрунту, які можуть мати як агрономічні, так і економічні переваги [17–20]. За даними окремих досліджень, безполцевий обробіток може бути рівноцінною або навіть ефективнішою альтернативою традиційній оранці [17–19], тоді як інші науковці відзначають можливе зниження продуктивності культури за його застосування [21, 22]. Щодо мілкого обробітку ґрунту, більшість дослідників вказує на його обмежені можливості як повноцінної альтернативи глибокому обробітку, хоча він може бути економічно вигіднішим за рахунок зменшення виробничих витрат [12, 23, 24] та застосовуватися за умов високої родючості ґрунтів і низької забур'яненості полів [25, 26].

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених системам основного обробітку ґрунту та застосуванню добрив під кукурудзу, у науковій літературі відсутні однозначні висновки щодо оптимального способу обробітку ґрунту для умов Степу України. Більшість рекомендацій має узагальнений характер і ґрунтується переважно на рівні вологозабезпечення регіону та групі стиглості гібридів, тоді як специфічна реакція сучасних гібридів на зміну агротехнічних заходів вивчена недостатньо. Особливо це стосується умов використання органо-мінеральної системи удобрення, де взаємодія попередників, способів і глибини обробітку ґрунту та біологічних особливостей нових гібридів потребує подальшого наукового обґрунтування. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу різних систем основного обробітку ґрунту та попередників на агрофізичні властивості ґрунту і продуктивність сучасних гібридів кукурудзи в умовах Степу України.

Незважаючи на всебічні дослідження в області основного обробітку ґрунту та застосування мінеральних добрив під кукурудзу, що висвітлені вченими, в науковій літературі не дано однозначних висновків про кращий спосіб основного обробітку ґрунту для вирощування кукурудзи в Степу України, особливо відносно нових гібридів та за умов органо-мінеральної системи удобрення.

Мета досліджень – встановити закономірності формування агрофізичних властивостей ґрунту (щільності та твердості) залежно від попередника і системи основного обробітку, а також оцінити їх вплив на ріст, розвиток і продуктивність рослин кукурудзи з метою обґрунтування оптимальних агротехнологічних рішень для підвищення ефективності її вирощування.

Методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2010–2012 та 2020–2022 рр. в Інституті сільського господарства Степу НААН, в умовах Північного Степу України. Для цього регіону характерним є помірно континентальний клімат. Ґрунт – глибокий середньогумусний важкосуглинковий чорнозем звичайний, який скипає на глибині 50–55 см. Реакція ґрунтового розчину рН – 6,5–7,0, тобто є близькою до нейтральної. В орному шарі міститься гумусу 4,69%, легкогідролізованого азоту – 137 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 100 мг/кг ґрунту,

обмінного калію – 151 мг/кг ґрунту, рухомих форм марганцю, цинку, бору та сірки відповідно 20,2; 0,41; 1,2 і 9,8 мг/кг ґрунту.

Програмою досліджень передбачалося визначити ефективність і доцільність мінімізації основного обробітку ґрунту за використання різних попередників, комплексний вплив цих факторів на агрофізичні властивості ґрунту, формування врожаю кукурудзи та якості її зерна. Основний метод досліджень – польовий дослід. Для наукового обґрунтування мети і реалізації поставлених завдань, узагальнення результатів експериментальної роботи використовували метод гіпотез – вибір напряму досліджень, визначення актуальності роботи, розроблення схеми досліджу; діалектичний метод – спостереження за розвитком культурних рослин і процесами формування врожайності; метод синтезу – узагальнення результатів досліджень, формування висновків; метод аналізу – визначення адаптивності досліджуваних об'єктів до умов вирощування; метод індукції – обґрунтування висновків на основі виявлення кращих варіантів; метод математичної статистики (дисперсійний і кореляційний аналізи).

В дослідженнях застосовували технологічні системи вирощування кукурудзи із використанням післяжнивних решток попередніх культур [21]. Для закладання польового досліджу висівали 4 попередники: пшеницю озиму, кукурудзу на зерно, сою та соняшник. Збирання попередників проведено з розсіюванням по поверхні ґрунту післяжнивних решток. На всій площі, відведеній для закладання досліджу, були внесені мінеральні добрива з розрахунку NPK по 30 кг д.р./га. Перед проведенням обробітку ґрунту всі ділянки для мульчування поверхні ґрунту було оброблено подрібнювачем післяжнивних решток (FALK-4,0).

Основний обробіток ґрунту як фактор дослідження здійснювали поділяково: у варіанті з глибоким полицевим обробітком ґрунту – дискування на глибину 8–10 см (АГ-2,4), потім оранка на глибину 25–27 см (ПОН 5-35); у варіанті з глибоким рихленням – дискування на 8–10 см з наступним глибоким рихленням ґрунту на 30–32 см глибокорозпушувачем Quivogne; у варіанті з мілким обробітком ґрунту – дискування на глибину 8–10 см (АГ-2,4), потім дискування на глибину 10–12 см (УДА-4,2); у варіанті із застосуванням прямої сівби обробітку ґрунту не проводили.

Передпосівний обробіток ґрунту у варіантах, де був потрібним, передбачав весняне боронування зябу важкими зубовими бородами та культивуацію на глибину 5–7 см.

Для захисту від вегетуючих бур'янів навесні за 2 тижні до сівби кукурудзи застосовували гербіцид суцільної дії Раундап (2 л/га). Ґрунтовий гербіцид Харнес, 90% к.е. (2,5 л/га) вносили перед сівбою в усіх варіантах досліджу: на ділянках із традиційним і мінімальним обробітками ґрунту його загортання поєднували з передпосівною культивуацією, а на ділянках із застосуванням прямої сівби залишали на поверхні ґрунту без загортання. Упродовж вегетації кукурудзи додатково використовували страховий гербіцид МайсТер, 62 WG у комплексі з ПАВ Біопауер (150 г/га + 1,0 л/га), рекомендованими фірмою-виробником дозами у фазі 5–6 листків культури.

Сівбу кукурудзи проводили в оптимальні для регіону строки сівалкою з турбо-дисками (Great Plains PD-8070) з одночасним внесенням туків із розрахунку NPK по 10 кг д.р./га. Боротьбу зі шкідниками та хворобами здійснювали відповідно до наявних у регіоні рекомендацій.

Типовою для Північного Степу, де виконували дослідження, є нестійка та недостатня вологозабезпеченість. Упродовж року опади на території дослідної

ділянки випадають нерівномірно, середньорічна їх сума становила 499 мм. У весняно-літній період в окремі роки проявляється періодична нестача вологи. Середньобагаторічний показник ступеня зволоження території в період активної вегетації пізніх ярих культур (за температури повітря понад $+10^{\circ}\text{C}$) – гідротермічний коефіцієнт Селянінова, становить 1. Роки досліджень були неоднаково сприятливими для росту й розвитку рослин кукурудзи за температурним режимом і вологозабезпеченістю.

Так, у 2010 р. вегетація кукурудзи проходила за посушливих умов. Вологозабезпечення верхнього шару ґрунту (0–10 см) під час сівби було недостатнім (запаси продуктивної вологи 5,6–6,8 мм), у шарі 1 м – 114–122 мм. Сума опадів у травні–серпні була на 43 мм нижча за середньобагаторічну норму, а сума активних температур перевищила норму на $744-686^{\circ}\text{C}$, ГТК становив 0,81–0,64. Особливо складні умови були під час наливу зерна в серпні: опадів випало лише 8 мм, запаси продуктивної вологи – до 75 мм, а максимальні температури досягли $39-40^{\circ}\text{C}$.

У 2011 р. умови вегетації були різними: від дуже сухих (ГТК=0,17–0,37) до надмірно зволених (ГТК=2,52), з сумою активних температур $3156,6^{\circ}\text{C}$, що на 462°C вище за норму. Гідротермічний коефіцієнт за період активної вегетації був на 20 % нижчим за норму (0,81), що загалом характеризує рік як посушливий. Проте критичні періоди росту і наливу зерна збіглися з достатнім водозабезпеченням, що сприяло реалізації потенціалу продуктивності гібридів та збереженню врожаю.

Погодні умови періоду вегетації кукурудзи 2012 р. внаслідок високого температурного режиму, недостатньої кількості опадів і нерівномірного їх випадання (в окремі періоди у вигляді зливових дощів із градом і шквальним вітром) негативно вплинули на формування продуктивності кукурудзи. Сума активних температур (понад $+10^{\circ}\text{C}$) за травень – вересень становила $3417,3^{\circ}\text{C}$, що на $722,6^{\circ}\text{C}$ більше за норму, ГТК=0,49, що характеризує погодні умови як сухі.

Протягом останніх років досліджень погодні умови періоду вегетації кукурудзи в наших дослідженнях характеризувалися перевищенням суми активних (понад $+10^{\circ}\text{C}$) температур повітря на $644-680^{\circ}$ понад норму. Кількість опадів за період вегетації кукурудзи у 2020 році становила 212 мм, у 2021 році – 381,5 мм, у 2022 році – 322,7 мм. Відповідно, гідротермальні коефіцієнти, розраховані за методологією Г. Селянінова, становили 0,5, 1,1 та 1,0, що свідчить про посушливі умови у 2020 році та їхній негативний вплив на рівень врожайності кукурудзи на зерно.

Результати досліджень. Проведені у 2010–2012 рр. дослідження показали, що щільність ґрунту в посівах кукурудзи зростала із глибиною досліджуваного горизонту після усіх попередників та за всіх способів основного обробітку ґрунту (табл. 1).

За вирощування кукурудзи після пшениці озимої (еталон) після оранки щільність ґрунту коливалася від $1,10\text{ г/см}^3$ у посівному шарі (0–8 см) до $1,27\text{ г/см}^3$ у шарі ґрунту 24–32 см. Після мілкого дискового обробітку відбувалось збільшення об'ємної маси до $1,13-1,31\text{ г/см}^3$, а за прямої сівби – до $1,17-1,32\text{ г/см}^3$. Після попередника соя щільність ґрунту за оранки та мілкого дискового обробітку зменшувалась на $0,02\text{ г/см}^3$ залежно від глибини відбору зразків, а за прямої сівби – на $0,01-0,02\text{ г/см}^3$. При вирощуванні кукурудзи у повторних посівах щільність ґрунту відрізнялася від показників отриманих після попередника пшениця озима на $\pm 0,01\text{ г/см}^3$, а після соняшнику даний показник у посівному шарі був більшим відносно еталону на $0,02\text{ г/см}^3$, а у горизонтах 8–32 см відрізнявся від попередника пшениця озима на $\pm 0,01\text{ г/см}^3$.

Таблиця 1

Щільність ґрунту у посівах кукурудзи на зерно залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, г/см³, 2010–2012 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см				
		0–8	8–16	16–24	24–32	0–32
Озима пшениця (еталон)	оранка (25–27 см)	1,10	1,17	1,22	1,27	1,19
	дискування (10–12 см)	1,13	1,21	1,26	1,31	1,23
	нульовий обробіток	1,17	1,25	1,29	1,32	1,26
Соя	оранка (25–27 см)	1,08	1,16	1,21	1,25	1,17
	дискування (10–12 см)	1,11	1,21	1,26	1,29	1,22
	нульовий обробіток	1,17	1,24	1,28	1,30	1,24
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	1,11	1,16	1,21	1,25	1,18
	дискування (10–12 см)	1,14	1,22	1,27	1,31	1,23
	нульовий обробіток	1,16	1,26	1,29	1,32	1,26
Соняшник	оранка (25–27 см)	1,12	1,16	1,20	1,27	1,19
	дискування (10–12 см)	1,15	1,22	1,27	1,30	1,24
	нульовий обробіток	1,19	1,25	1,28	1,32	1,26
НІР ₀₅	(0–32 см)	Факторів: А – 0,01; В – 0,01; АВ – 0,02				

Отримані результати свідчать, що найнижчі показники щільності ґрунту спостерігалися за оранки, не залежно від попередника. Нульовий обробіток призводив до збільшення ущільнення ґрунту на 0,03–0,04 г/см³ після пшениці озимої, на 0,03–0,05 г/см³ після сої, на 0,03–0,06 г/см³ у повторних посівах та на 0,03–0,07 г/см³ після соняшнику, особливо у горизонтах 8–16 см та 16–24 см. Застосування прямої сівби у технології вирощування кукурудзи на зерно призводило до зростання щільності ґрунту на 0,05–0,07 г/см³ після пшениці озимої, на 0,05–0,09 г/см³ після сої, на 0,05–0,10 г/см³ у повторних посівах та на 0,05–0,09 г/см³ після соняшнику, особливо у шарі 0–8 см після попередників суцільної сівби та 8–16 см і 16–24 см після просяних попередників. Це підкреслює важливість вибору відповідного способу обробітку для забезпечення оптимальних умов росту рослин кукурудзи.

Отже, найменшою щільність ґрунту при вирощуванні кукурудзи на зерно була після попередника соя не залежно від способу основного обробітку ґрунту. Слід відмітити, що за мілкого дискового обробітку на цьому попереднику щільність посівного шару ґрунту була меншою, ніж за оранки після соняшнику. Коливання щільності ґрунту між попередниками не залежно від обробітку ґрунту становило $\pm 0,01$ – $0,02$ г/см³ практично в усіх шарах ґрунту. Застосування мілкого дискового обробітку ґрунту у технології вирощування кукурудзи призводило до зростання об'ємної маси ґрунту за попередника пшениця озима на 0,03–0,04 г/см³, сої та кукурудзи – на 0,03–0,06 г/см³, а соняшнику – на 0,03–0,07 г/см³. За прямої сівби зростання щільності ґрунту становило 0,05–0,10 г/см³ залежно від попередника. Встановлено високі зворотні кореляційні зв'язки між щільністю ґрунту та рядом показників: висотою рослин ($r = -0,81$), масою однієї рослини ($r = -0,82$), площею листової поверхні однієї рослини ($r = -0,81$), озерненістю ($r = -0,89$) та урожайністю зерна ($r = -0,71$).

Тенденції щодо щільності ґрунту, які простежувалися в кожному окремому дослідженому горизонті, співпадали із тенденціями, визначеними для орного шару (0–32 см). У технології вирощування кукурудзи на зерно щільність ґрунту у горизонті 0–32 см за попередників пшениця озима та соняшник коливалася в межах 1,19–1,26 г/см³, сої – 1,17–1,24 г/см³, а у повторних посівах – 1,18–1,26 г/см³.

Вплив попередників на щільність ґрунту орного шару був незначним та становив $\pm 0,01-0,02$ г/см³.

Найбільший вплив на щільність ґрунту вказаного горизонту справляв обробіток ґрунту. Так, за досліджуваних попередників мінімізація обробітків ґрунту призводила до його ущільнення за мілкого дискового обробітку на $0,05$ г/см³, а за прямої сівби – на $0,07-0,08$ г/см³.

Проведені дослідження з визначення твердості ґрунту при вирощуванні пізніх ярих культур залежно від попередника та основного обробітку ґрунту свідчать про суттєву варіабельність цього показника в орному шарі ґрунту і впливу на нього різних агротехнічних заходів.

У ході досліджень встановлено, що твердість ґрунту у посівах кукурудзи на зерно закономірно зростала з глибиною профілю у всіх варіантах основного обробітку. Найменші значення показника спостерігали за полицевої оранки, що забезпечувала кращу аерацію та структуру орного шару. Після пшениці озимої твердість, залежно від горизонту, становила $5,6-18,4$ кг/см², тоді як за мілкого обробітку показник зростав, а за прямої сівби досягав $13,6-28,3$ кг/см², що негативно впливало на ріст кукурудзи (табл. 2).

Таблиця 2

Твердість ґрунту у посівах кукурудзи на зерно залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, г/см², 2010–2012 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см				
		0–8	8–16	16–24	24–32	0–32
Озима пшениця (еталон)	оранка (25–27 см)	5,6	11,4	14,4	18,4	12,0
	дискування (10–12 см)	10,3	17,1	19,9	20,7	16,7
	нульовий обробіток	13,3	20,6	22,4	28,5	21,2
Соя	оранка (25–27 см)	4,8	9,4	13,4	17,8	11,3
	дискування (10–12 см)	7,6	13,7	17,9	20,1	14,8
	нульовий обробіток	11,8	16,2	20,1	24,3	18,1
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	5,5	10,9	14,7	19,2	12,5
	дискування (10–12 см)	10,0	17,7	20,3	21,6	17,4
	нульовий обробіток	13,6	20,2	21,8	28,7	21,1
Соняшник	оранка (25–27 см)	5,9	10,4	14,9	18,5	12,4
	дискування (10–12 см)	9,9	19,2	20,2	21,4	17,7
	нульовий обробіток	13,5	20,5	21,9	28,6	21,1
НІР ₀₅	(0–32 см)	Факторів: А – 0,86; В – 0,75; АВ – 1,49				

Після сої твердість ґрунту була найменшою: за оранки $4,8-17,8$ кг/см², за мілкого дискового обробітку – $7,6-20,1$ кг/см², а за прямої сівби – $11,8-24,3$ кг/см². Це свідчить про позитивний вплив сої як попередника на фізичні властивості ґрунту. У повторних посівах кукурудзи твердість зростала: $5,5-19,2$ кг/см² за оранки, $10,0-21,6$ кг/см² за мілкого дискового обробітку та $13,6-28,7$ кг/см² за прямої сівби. Після соняшнику була відмічена подібна тенденція – $5,9-18,5$ кг/см², $9,9-21,4$ кг/см² та $13,5-28,6$ кг/см² відповідно.

Отже, зі зменшенням інтенсивності обробітку ґрунту відбувалося поступове ущільнення орного шару, що найбільше проявлялося у варіантах прямої сівби. Найсприятливіші умови для росту кукурудзи формувалися за полицевої оранки після сої та пшениці озимої.

Застосування мілкового дискового обробітку ґрунту у технології вирощування кукурудзи призводило до зростання твердості ґрунту за попередника пшениця озима на 2,3–5,7 кг/см², сої – на 2,3–4,5 кг/см², у повторних посівах – на 2,4–6,8 кг/см², а після соняшнику – на 2,9–8,8 кг/см². Необхідно відмітити, що найбільша різниця між показниками твердості ґрунту між обробітками була у шарі 8–16 см, а найменша – у 24–32 см. За прямої сівби зростання твердості ґрунту становило 7,7–10,1 кг/см² за попередника пшениця озима, після сої ця різниця була найменшою і становила 6,6–7,0 кг/см², після соняшнику – 7,0–10,1 кг/см², а у повторних посівах – 7,1–9,6 кг/см².

Встановлено високі зворотні кореляційні зв'язки між твердістю орного шару ґрунту та рядом показників: висотою рослин кукурудзи ($r = -0,86$), масою однієї рослини ($r = -0,88$), площею листової поверхні однієї рослини ($r = -0,87$), озерненістю ($r = -0,91$) та урожайністю зерна кукурудзи ($r = -0,78$).

Незалежно від того, як змінювалася твердість ґрунту у окремих досліджуваних горизонтах, в орному шарі (0–32 см) спостерігалася загальна закономірність – твердість ґрунту більшою мірою залежала від способу основного обробітку.

При вирощуванні кукурудзи на зерно після пшениці озимої твердість ґрунту становила 11,98–21,15 кг/см², після сої – 11,34–18,11 кг/см², після кукурудзи – 12,54–21,06 кг/см², а після соняшнику – 12,43–21,12 кг/см². Найнижчі значення зафіксовано за оранки, найвищі – за прямої сівби. Відхилення показника під впливом попередників становили в межах $\pm 0,01$ –2,25 кг/см², проте вплив системи обробітку ґрунту був більшим. Відносно оранки твердість ґрунту зростала на 3,48–5,25 кг/см² за мілкового дискового обробітку та на 6,77–9,17 кг/см² за прямої сівби.

Результати досліджень свідчать про те, що застосування сої як попередника в технології вирощування кукурудзи на зерно мало позитивний вплив на формування її врожайності – 6,56–7,15 т/га, яка була значно вищою, ніж після інших попередників. За вирощування кукурудзи після пшениці озимої та кукурудзи на зерно на фоні оранки її врожайність знижувалася і становила 6,72 та 6,55 т/га порівняно з урожайністю за попередника сої. Найнижчою вона була за оранки після попередника соняшнику – 6,29 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність зерна кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, т/га (2010–2012 рр.)

Попередник, фактор А	Основний обробіток ґрунту, фактор В	Урожайність	\pm до еталонного попередника	\pm до еталону обробітку ґрунту
Пшениця озима	оранка (25–27 см)	6,72	–	–
	дискування (10–12 см)	6,26	–	-0,46
	нульовий обробіток	4,17	–	-2,55
Соя	оранка (25–27 см)	7,15	0,43	–
	дискування (10–12 см)	6,84	0,58	-0,31
	нульовий обробіток	6,56	2,39	-0,59
Кукурудза на зерно	оранка (25–27 см)	6,55	-0,17	–
	дискування (10–12 см)	6,08	-0,18	-0,47
	нульовий обробіток	5,64	1,47	-0,90
Соняшник	оранка (25–27 см)	6,29	-0,43	–
	дискування (10–12 см)	5,84	-0,42	-0,45
	нульовий обробіток	5,61	1,44	-1,59
НІР ₀₅	для урожайності, т/га	фактор А –0,21, фактор В –0,18, фактор АВ –0,35		

Із застосуванням мілкої обробітки в технологічному процесі вирощування кукурудзи після всіх досліджуваних попередників її врожайність знижувалася. Недобір урожаю після попередника сої становив 0,31 т/га, після пшениці озимої, кукурудзи на зерно та соняшнику – 0,45–0,47 т/га порівняно з урожайністю за оранки. Ще більший недобір урожаю спостерігався за прямої сівби кукурудзи. Так, за вирощування після сої він був 0,59 т/га, у повторних посівах – 0,90 т/га, після соняшнику – 1,59, пшениці озимої – 2,55 т/га.

Найменшою врожайність зерна кукурудзи була за вирощування після соняшнику. Скажімо, за оранки вона становила 6,29 т/га, що нижче, ніж на ділянках після сої без обробітку ґрунту (6,56 т/га). Урожайність кукурудзи, вирощеної після соняшнику, за мінімального обробітку ґрунту була значно нижчою за врожайність, отриману після всіх досліджуваних попередників.

Різні гібриди кукурудзи по-різному реагують на щільність орного шару, що обумовлено відмінностями у морфології кореневої системи, інтенсивності ростових процесів та адаптивності до агрофізичних умов.

Проведені дослідження у 2020–2022 рр. показали, що щільність ґрунту в агроценозах різних гібридів кукурудзи варіювала залежно від системи основного обробітку та глибини шару ґрунту. У середньому найменші значення спостерігалися у верхньому горизонті (0–8 см), тоді як у міру заглиблення показники щільності поступово зростали. Найменш ущільнений орний шар відмічено за глибокої оранки, де показник щільності в шарі 0–8 см становив 1,08–1,12 г/см³, а у шарі 24–32 см – 1,26–1,28 г/см³. Це свідчить про формування сприятливої агрофізичної структури з оптимальним співвідношенням твердих часток і пор.

Глибоке рихлення забезпечувало дещо вищу щільність у верхньому шарі (1,10–1,13 г/см³), однак у підорних горизонтах показники залишалися помірними – 1,24–1,27 г/см³, що свідчить про збереження структури та проникності ґрунту для кореневої системи (табл. 4). За мілкої обробітку ґрунту спостерігалася суттєве ущільнення в середніх і глибших шарах профілю. Щільність у шарі 16–24 см досягала 1,24–1,25 г/см³, а у 24–32 см – 1,29–1,30 г/см³, що є ознакою формування ущільненого прошарку, який може обмежувати розвиток коренів кукурудзи.

Порівняння між гібридами показало, що значні відмінності за щільністю ґрунту не спостерігалися, проте гібриди ЛГ 31330 та Адевей характеризувалися дещо більшими значеннями щільності на глибині 24–32 см (до 1,30 г/см³), що може бути пов'язано з відмінностями у морфології кореневої системи.

Отже, найсприятливіші умови для росту кукурудзи з точки зору щільності ґрунту створювалися за глибокої оранки та глибокого рихлення, тоді як мілкий дисковий обробіток сприяв формуванню ущільненого горизонту, який може знижувати водопроникність і повітрообмін у кореневмісному шарі.

У проведених дослідженнях встановлено істотний вплив системи основного обробітку ґрунту на твердість орного шару під посівами різних гібридів кукурудзи. У посівному (0–8 см) шарі ґрунту найменші значення твердості відзначено на варіантах глибокого рихлення, де показники коливалися в межах 5,50–6,13 кг/см² залежно від гібриду. За глибокої оранки твердість була дещо вищою – 5,73–6,53 кг/см², а за мілкої обробітку вона зростала до 6,63–7,10 кг/см². У шарі ґрунту 8–16 см також простежувалася тенденція до збільшення твердості з переходом від глибокої оранки до мілкої дискового обробітку: при оранці показники становили 7,67–8,37 кг/см², при глибокому рихленні – 7,87–8,33 кг/см², а за дискування – значно вищі (10,60–14,00 г/см²). Це свідчить, що мілкий дисковий обробіток сприяв утворенню ущільненого прошарку, який обмежував розвиток кореневої системи

кукурудзи. У горизонтах 16–24 см та 24–32 см твердість ґрунту закономірно зростала з глибиною. За глибокої оранки показники варювали в межах 14,17–14,87 кг/см² у шарі 16–24 см і 18,83–20,57 кг/см² у шарі 24–32 см. При глибокому рихленні твердість була дещо нижчою – відповідно 14,00–15,67 кг/см² і 16,63–18,97 кг/см², що свідчить про покращення фізичного стану ґрунту. Найвищі значення зафіксовано на варіантах мілкого дискового обробітку – 16,40–20,50 кг/см² та 21,10–23,20 кг/см² відповідно до горизонтів 16–24 та 24–31 см, що мало негативний вплив на ріст та розвиток рослин гібридів кукурудзи (табл. 5).

Таблиця 4

Щільність ґрунту агроценозів різних гібридів кукурудзи залежно від способу основного обробітку ґрунту, г/см³, 2020–2022 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шари ґрунту, см			
		0–8	8–16	16–24	24–32
ЛГ 31272	оранка (25–27 см)	1,08	1,12	1,17	1,26
	рихлення (30–32 см)	1,10	1,12	1,15	1,24
	дискування (10–12 см)	1,11	1,18	1,24	1,29
Адевей	оранка (25–27 см)	1,09	1,12	1,16	1,26
	рихлення (30–32 см)	1,13	1,14	1,16	1,27
	дискування (10–12 см)	1,12	1,20	1,24	1,29
ЛГ 31330	оранка (25–27 см)	1,12	1,12	1,17	1,28
	рихлення (30–32 см)	1,13	1,14	1,17	1,26
	дискування (10–12 см)	1,13	1,21	1,25	1,30
ЛГ 31377	оранка (25–27 см)	1,09	1,13	1,17	1,27
	рихлення (30–32 см)	1,11	1,11	1,15	1,25
	дискування (10–12 см)	1,09	1,17	1,25	1,30

Таблиця 5

Твердість ґрунту агроценозів різних гібридів кукурудзи залежно від способу основного обробітку ґрунту, кг/см², 2020–2022 рр.

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Шар ґрунту, см			
		0–8	8–16	16–24	24–32
ЛГ31277	оранка (25–27 см)	6,53	8,37	14,87	20,57
	рихлення (30–32 см)	5,70	8,33	15,67	18,97
	дискування (10–12 см)	7,07	14,00	20,50	23,20
Адевей	оранка (25–27 см)	5,73	7,67	14,47	19,03
	рихлення (30–32 см)	6,13	7,87	14,10	16,93
	дискування (10–12 см)	7,10	12,83	19,33	22,57
ЛГ31330	оранка (25–27 см)	6,23	8,27	14,37	19,23
	рихлення (30–32 см)	5,93	7,93	14,33	17,60
	дискування (10–12 см)	7,03	12,80	19,23	22,03
ЛГ31337	оранка (25–27 см)	6,03	8,03	14,17	18,83
	рихлення (30–32 см)	5,50	8,10	14,00	16,63
	дискування (10–12 см)	6,63	10,60	16,40	21,10

У середньому по гібридах найменша твердість ґрунту спостерігалася за глибокого рихлення, що забезпечувало кращу аерацію та умови для росту коренів. За мілкого дискового обробітку твердість значно зростала на всіх глибинах, що негативно позначалося на водопроникності та продуктивності рослин.

Встановлено тісний зворотний кореляційний зв'язок між щільністю ґрунту та площею листової поверхні ($r = -0,82$), індивідуальною продуктивністю рослин ($r = -0,88$), а також між твердістю ґрунту та площею рослин ($r = -0,95$) та продуктивністю ($r = -0,82$). Урожайність також зворотно корелювала зі щільністю ($r = -0,88$) та твердою орного шару ($r = -0,86$).

Водночас встановлено тісний прямий зв'язок між кількістю зерен у качані та масою зерна з одного качана ($r = 0,97$). Високі позитивні коефіцієнти кореляції між елементами структури врожаю та урожайністю (озерненість $r = 0,98$, маса зерна з качана $r = 0,99$) підтверджують визначальну роль цих показників у формуванні кінцевої продуктивності культури.

Аналіз кількості утворених качанів на 100 рослинах показав, що у всіх досліджуваних гібридів спостерігалась тенденція до зменшення кількості качанів на фоні мілкого обробітку ґрунту, а при застосуванні глибокого рихлення показник був близьким до варіантів із полицевою оранкою (табл. 6).

Дуже посушливі умови 2020 року призводили до пригнічення рослин гібридів кукурудзи та значно впливали на показники продуктивності рослин. Так, у 2020 році у середньоранніх гібридів ЛГ 31272 та Адевей кількість качанів на 100 рослин коливалась у межах 78–86 качанів, а у середньостиглих гібридів 72–82 шт./100 рослин. Це суттєво вплинуло на урожайність зерна у 2020 році.

Так, у середньому за 2020–2022 рр. на фоні застосування полицевої оранки всі гібриди показали найвищі результати з утвореної кількості качанів – 101,3–102,7 шт. Тобто, у посівах були присутні рослини, що утворили більше одного качана, що свідчить про гарні умови їх формування. У розрізі гібридів найбільшу кількість качанів утворили рослини гібрида Адевей – 102,7 шт., дещо менше спостерігалось у гібридів ЛГ 31377 та ЛГ 31330 – 102,3 та 102,0 шт. відповідно. Найнижчі результати відмічені у гібрида ЛГ 31272 – 101,3 шт.

Таблиця 6

**Продуктивність гібридів кукурудзи за різних способів
основного обробітку ґрунту, 2020–2022 р.**

Гібрид (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)	Кількість продуктивних качанів/100 рослинах, шт.	Урожайність зерна, т/га	± до еталону обробітку ґрунту
ЛГ 31272	оранка (25–27 см)	101,3	8,30	
	рихлення (30–32 см)	100,3	8,16	-0,14
	дискування (10–12 см)	92,7	7,01	-1,29
Адевей	оранка (25–27 см)	102,7	8,66	
	рихлення (30–32 см)	100,7	8,44	-0,22
	дискування (10–12 см)	92,0	7,04	-1,62
ЛГ 31330	оранка (25–27 см)	102,0	8,49	
	рихлення (30–32 см)	100,7	8,20	-0,29
	дискування (10–12 см)	90,0	6,80	-1,69
ЛГ 31377	оранка (25–27 см)	102,3	8,91	
	рихлення (30–32 см)	99,3	8,60	-0,31
	дискування (10–12 см)	88,3	6,54	-2,37
НІР ₀₅	для урожайності, т/га	фактор А – 0,11–0,16, фактор В – 0,10–0,14, фактор АВ – 0,19–0,28		

При застосуванні в якості основного обробітку глибокого рихлення ситуація

дещо змінилась, а кількість качанів зі 100 рослин знизилася на 1–2 шт. качанів до 99,3–100,7 шт. На даному фоні основного обробітку ґрунту кращі результати належать гібридам Адевей та ЛГ 31330 – 100,7 шт. схожий результат мав гібрид ЛГ 31272 – 100,3 шт. Єдиний гібрид, у якого за глибокого рихлення було сформовано менше 100 качанів на 100 рослинах був ЛГ 31377.

За мілкого дискового основного обробітку ґрунту встановлені найнижчі результати. Далеко не всі рослини змогли утворити качан, що говорить про порівняно гірші умови їх росту та розвитку. Як і раніше, найменший результат отримано у гібрида ЛГ 31377 – лише 88,3 качанів. Кращим виявився ЛГ 31272 – 92,7 шт., а гібриди Адевей та ЛГ 31330 продемонстрували середній результат 92,0 та 90,0 шт. відповідно.

Не менш важливим показником є передзбиральна вологість зерна, яка дає змогу встановити, чи буде потребувати зібраний урожай додаткових фінансових затрат на доведення зерна до кондиції за вмістом вологи. Визначення вологості зерна перед збиранням не дозволило визначити чіткої тенденції її залежності від обробітку ґрунту. Так, за оранки вологість зібраного насіння становила 17,6–18,8%, а за рихлення 17,4–18,7%, тобто результати були надзвичайно близькими. Дещо меншим показник вологості зерна був у рослин, що вирощувалися після мілкого дискового обробітку ґрунту 17,6–16,3%. Серед гібридів більша вологість зібраного зерна 17,6–18,8% була у гібрида Адевей, що зумовлено його генетичними особливостями. Найменшою передзбиральна вологість була у гібрида ЛГ 31330 – 16,3–17,6%. Середні показники, доволі близькі за значенням, були отримані у гібридів ЛГ 31272 та ЛГ 31377 – 17,3–18,2%.

Урожайність є одним із головних показників при визначенні впливу способу основного обробітку ґрунту на продуктивність рослин кукурудзи. На основі трьох років спостережень за урожайністю гібридів на різних фонах основного обробітку ґрунту можна помітити, що у всіх гібридів вона була вищою при оранці. Найвищий результат 8,91 т/га було отримано при вирощуванні гібриду ЛГ 31377. Заміна оранки на безпліщевий обробіток ґрунту призводило до не суттєвого зменшення продуктивності, яке у середньоранніх гібридів ЛГ 31272 та Адевей становило 1,7 та 1,9 %, а у середньостиглих гібридів ЛГ 31330 та ЛГ 31377 призвело до невеликого, але суттєвого зменшення на 3,5%. Натомість недоліком вирощування кукурудзи після мілкого дискового обробітку ґрунту стало отримання урожайності на рівні 6,54–7,04 т/га, тобто порівняно до оранки було недоотримано 15,5–24,0% врожаю у досліджуваних гібридів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, що попередники та система основного обробітку ґрунту мають визначальний вплив на формування агрофізичних властивостей ґрунту та продуктивність кукурудзи на зерно в умовах Північного Степу України.

Доведено, що щільність і твердість ґрунту закономірно зростають із глибиною профілю, а їх рівень значною мірою залежить від інтенсивності обробітку ґрунту. Найсприятливіші агрофізичні умови формуються за пліщеві оранки та глибокого рихлення, тоді як мінімізація обробітку (мілке дискування, пряма сівба) призводить до ущільнення орного шару на 0,05–0,10 г/см³ і підвищення твердості на 3,5–9,2 кг/см².

Встановлено, що соя як попередник забезпечує найкращий фізичний стан ґрунту та найвищу врожайність кукурудзи (6,56–7,15 т/га), тоді як найгірші умови формуються після соняшнику. Виявлено тісні зворотні кореляційні зв'язки між щільністю і твердістю ґрунту та основними показниками росту і продуктивності рослин ($r = -0,71 \dots -0,91$), що підтверджує визначальну роль агрофізичних параметрів у формуванні врожаю.

Підтверджено, що зменшення інтенсивності обробітку ґрунту супроводжується зниженням урожайності кукурудзи: при мілкому обробітку – на 0,31–0,47 т/га, при прямій сівбі – на 0,59–2,55 т/га залежно від попередника. У дослідженнях 2020–2022 рр.

встановлено, що глибоке рихлення може бути ефективною альтернативою оранці, забезпечуючи близький рівень урожайності (зниження лише на 1,7–3,5%), тоді як мілкий обробіток зумовлює суттєвий недобір урожаю (15,5–24,0%).

Отже, оптимізація сівозміни з включенням сої та застосування глибокого обробітку ґрунту є ключовими чинниками формування сприятливого агрофізичного стану ґрунту і забезпечення високої продуктивності кукурудзи.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні взаємодії сучасних гібридів кукурудзи з різними системами обробітку ґрунту за умов змін клімату, а також у дослідженні довготривалого впливу мінімалізації обробітку на структурно-агрегатний стан ґрунту, його біологічну активність і вуглецевий баланс. Особливо актуальним є обґрунтування ефективності поєднання мінімальних технологій обробітку з органо-мінеральними системами удобрення та біологізацією землеробства для підвищення стійкості агроєкосистем і збереження родючості ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Центило Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник ПДАА*. 2019. № 1. С. 147–153. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.16
2. Andersen, M.N., Munkholm, L.J., Nielsen, A.L. Soil compaction limits root development, radiation-use efficiency and yield of three winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Acta Agricultural Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2013. Vol. 63(5). P. 409–419. DOI: 10.1080/09064710.2013.789125
3. Heinen M., Schneider H.M., Shan K., Bakker G., Bakema G. The effect of a compacted subsoil layer on the development of the maize root system. *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 254. Article 106763. DOI: 10.1016/j.still.2025.106763.
4. Циліорик О.І., Судак В.М., Шапка В. П. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту на фоні суцільного мульчування післяжнивними рештками. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 8. С. 66–72
5. Chen S., Chen Z., Zhang X., Luo Z., Schillaci C., Arrouays D., Richer-de-Forges A.C., Shi Z. European topsoil bulk density and organic carbon stock database (0–20 cm) using machine-learning-based pedotransfer function. *Earth Syst. Sci.* 2024. № 16. P. 2367–2383. DOI: 10.5194/essd-16-2367-2024.
6. Roşian G., Bălc R., Moga R., Şfabu Ş., Osiescu T., Horvath C., Dicu T. Soil quality dynamics across a landslide profile from intact slopes to displaced material and bedrock. *EGU sphere* [preprint]. 2026. DOI: 10.5194/egusphere-2025-6303.
7. Panagos P., De Rosa D., Liakos L., Labouyrie M., Borrelli P., Ballabio C. Soil bulk density assessment in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 364. Article 108907. DOI: 10.1016/J.AGEE.2024.108907.
8. Zheng H., Li R., Sui P., Wang H., Ren Y., Yuan Y., Tian S., Zhou S., Liu W., Luo Y., et al. Potential mechanism of optimal tillage layer structure for improving maize yield and enhancing root growth in northeast China. *Land*. 2023. №12. Article 1798. DOI: 10.3390/LAND12091798
9. Peng Z., Yang H., Li Q., Cao H., Ma J., Ma S., Qiao Y., Jin J., Ren P., Song Z., et al. Tillage practices affected yield and water use efficiency of maize (*Zea mays*) by regulating soil moisture and temperature in semi-arid environment. *Water*. 2023, Vol. 15. article 3243. DOI: 10.3390/W15183243
10. Andriienko O., Vasylykivska K., Andriienko A., Vasylykovskiy O. Choosing the optimal elements of corn cultivation technology in the conditions of Ukraine. *Bulg. J. Agric. Sci.* 2024. Vol. 30(4). P. 702–711. <https://www.agrojournal.org/30/04-19.pdf>
11. Андрієнко А. Л., Семеняка І. М., Андрієнко О. О. Вихід крохмалю і біоетанолу з посівів кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 2 (863). С. 31–41. DOI: 10.31073/agrovisnyk202502-04
12. Hanhur V., Marenych M., Yeremko L., Shostia A., Puzyr D., Kyrlytsia A. The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. №26(4), P. 19–23. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.04

13. Трембіцька О., Столяр С., Рибак І., Тетера С. Вплив технологій вирощування та способів догляду за посівами на урожайність кукурудзи. *ПІЗТ*. 2024. Vol. 76(1). P. 69-80. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-7.
14. Долошко М. О., Іванюк М. Ф. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість кукурудзи в Правобережному Лісостепу України. Тенденції та виклики аграрної науки в умовах війни: теорія і практика : матеріали V міжнар. наук.-практ. онлайн-конф., присвяч. 125-річчю каф. рослинництва НУБіП України (Київ, 25–27 жовт. 2023 р.). Київ : НУБіП України, 2023. С. 106–107. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/5741>
15. Шевченко М. С., Мицик О. О., Шевченко С. М. та ін. Фактори землеробства та регулювання ростової реакції сільськогосподарських рослин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 1. С. 35–41. DOI: 10.32782/2310-0478-2025-1-35-41
16. Гангур В. В., Руденко В. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т. 27. № 1. С. 36–40. DOI: 10.31210/spi2024.27.01.06.
17. Доля С.М., Шевченко М.В. The influence of tillage methods on the cellulose-lignin activity of typical chernozem in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 2024. DOI: 10.54651/agri.2024.03.06.
18. Пащенко Ю.М. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : [Моногр.] / Ю.М. Пащенко, В.М. Борисов, О.Ю. Шишкіна. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.
19. Pittelkow, C., Liang, X., Linquist, B. *et al.* Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*. 2015. Vol. 517. P. 365–368. DOI: 10.1038/nature13809
2. Лень О.О., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52–58. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.06.
21. Pearsons, K.A.; Omondi, E.C.; Heins, B.J.; Zinati, G.; Smith, A.; Rui, Y. Reducing Tillage Affects Long-Term Yields but Not Grain Quality of Maize, Soybeans, Oats, and Wheat Produced in Three Contrasting Farming Systems. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. P. 631. DOI: 10.3390/su14020631
22. Sleiderink J., Deru J.G.C., van der Weide R., van Eekeren N. Effects of reduced tillage and prolonged cover cropping in maize on soil quality and yield. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. article 106196. DOI: 10.1016/j.still.2024.106196.
23. Tsyliuryk, A. I., Kozechko, V. I. Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Vol 7 (3). 50–55.
24. Цилорик О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Сільськогосподарська екологія. Рослинництво. Землеробство. Селекція*. 2016. № 2(40). С. 5–9. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/368>
25. Примак І.Д., Войтовик М.В., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Порівняльна оцінка забур'яненості агрофітоценозів за різних систем основного обробітку й удобрення чорнозему типового в сівозміні. «Агробіологія». 2024. № 2. С. 154–165. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-154-16.
26. Bezvershuck I. Influence of agrotechnological factors on the rate of development and progression of phenological phases in maize (*Zea mays* L.). *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28(12). P. 18-30. DOI: 10.48077/scihor12.2025.18

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026