

УДК 633.15:631.582:
631.581.134.5
© 2025

ВИХІД КРОХМАЛЮ І БІОЕТАНОЛУ З ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

А.Л. Андрієнко¹, І.М. Семеняка², О.О. Андрієнко³

^{1–3}кандидати сільськогосподарських наук

^{1,2}Інститут сільського господарства Степу

Національної академії аграрних наук України

вул. Центральна, 2, с. Созонівка Кропивницького р-ну

Кіровоградської обл., 27602, Україна

³Центральноукраїнський національний технічний університет

просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006, Україна

e-mail: ¹cornagroteh@ukr.net, ²igor.semenyaka@ukr.net, ³andrienko2277@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-2318-9454, ²0000-0002-8905-5387, ³0000-0003-1982-1151

Надійшла 10.01.2025

Мета. Розробити основні параметри біоадаптивної технології вирощування кукурудзи (*Zea mays L.*), визначити врожайність та якість зерна в умовах Степу України. **Методи.** Основний — польовий дослід, додаткові — лабораторний, розрахунковий і математичної статистики (дисперсійний і кореляційний аналізи). Дослідження проводили в умовах Північного Степу України протягом 2010–2024 рр. **Результати.** Використання сої як попередника позитивно впливало на врожайність зерна кукурудзи (6,56–7,15 т/га), яка була значно вищою, ніж після інших попередників. Найнижчою врожайністю за оранки була після соняшнику — 6,29 т/га. Мінімізація обробітку ґрунту після всіх попередників призводила до достовірного недобору врожаю, який за прямої сівби становив 0,59–2,55 т/га. Водночас урожай зерна кукурудзи за прямої сівби після сої був вищим, ніж за оранки після соняшнику. Вміст крохмалю в зерні кукурудзи мав зворотну залежність від урожайності ($r = -0,74$) і був більшим за сівби після соняшнику (71,67–72,33%), а найменшим — після сої (70,63–71,47%). На вміст крохмалю в зерні впливала глибина обробітку ґрунту і мала зворотну кореляційну залежність ($r = -0,59$). За мінімізації основного обробітку спостерігалася загальна тенденція до зменшення біометричних показників качанів, кількості зерен і маси зерна з 1 качана. Встановлено зворотну залежність між показниками структури врожаю та вмістом крохмалю в зерні кукурудзи ($r = -0,51$ – $-0,73$). За мілкої обробітку ґрунту вміст крохмалю в зерні на 0,06–0,67% був меншим, ніж у варіантах без обробітку ґрунту, за глибокої оранки — на 0,57–0,97%. Водночас саме за глибокої оранки було отримано найбільший вихід крохмалю та біоетанолу з одиниці площі як комплексний розрахунковий

показник продуктивності посівів — відповідно 4,51–5,05 т/га та 288,2–322,7 Дал/га (2,92–3,27 тис. л/га). За мілкого обробітку ґрунту ці показники були меншими на 4,1–6,8%, за прямої сівби — на 7,1–37,4%. Вихід крохмалю та біоетанолу за прямої сівби кукурудзи після сої був вищим, ніж за оранки після соняшнику та в повторних посівах. Висновки. Для формування стабільної продуктивності посівів та високого виходу крохмалю і біоетанолу в умовах Північного Степу кукурудзу на зерно доцільно вирощувати після кращих попередників на фоні оранки як основного обробітку чорнозему звичайного. Мінімізація обробітку ґрунту призводить до істотного зниження частки реалізації потенціалу продуктивності посівів кукурудзи. Соя є кращим попередником, після якого навіть без обробітку ґрунту показники продуктивності кукурудзи вищі, ніж після соняшнику на фоні оранки.

Ключові слова: продуктивність, джерела енергії, ресурсощадні технології, оранка, мілкий обробіток, пряма сівба.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-04>

Кукурудза (*Zea mays* L.) завдяки високим урожайним властивостям та якісним показникам є важливою культурою для виробництва крохмалю та біоетанолу. Значним фактором, що впливає на вихід цих органічних сполук з одиниці посівної площі, є правильний вибір попередників і способів основного обробітку ґрунту. Однак для оптимізації продуктивності зерна кукурудзи слід враховувати взаємодію між цими агротехнічними заходами.

Одним із шляхів розв'язання проблеми дефіциту джерел енергії в Україні є виробництво біоетанолу із зерна кукурудзи. Переробка 1 т кукурудзи забезпечує народне господарство щонайменше 400 л біопалива [1–3].

Порівняно з іншими культурами в зерні кукурудзи міститься значна кількість крохмалю, який забезпечує найвищий рівень отримання біоетанолу з одиниці площі [4, 5]. Дослідники зазначають, що з 1 т зерна кукурудзи можна одержати 350–480 л біоетанолу, тоді як з ячменю — лише 240–330 л, пшениці — 370–440, тритикале — 400–430, соризу — 440–460 л. Уміст крохмалю в зерні соризу вищий, ніж

у кукурудзи, однак він важче гідролізується, через це виробництво біоетанолу є менш прибутковим. Розрахунки показують, що для отримання 1 т біоетанолу потрібно 0,64 га пшениці чи 0,47 га кукурудзи [6–8].

У США майже 40% валового збору зерна кукурудзи (орієнтовно 130 млн т на рік) переробляють на біоетанол. У більшості країн світу біоетанол ефективно використовують як компонент високооктанового бензину. Його сумарна виробнича потужність в Україні може досягати 200 тис. т на рік, що становить лише 5% від усіх видів палива [9].

Одним із найперспективніших напрямів селекції кукурудзи для виробництва біоетанолу є створення біотипів із високим умістом крохмалю. Для отримання цих органічних сполук цінними є такі підвиди кукурудзи: крохмалистий (71–82% крохмалю), зубоподібний (67–76%) та кременистий (65–73%) [10–12].

Крім генетичних факторів, на вміст крохмалю та вихід біоетанолу істотно впливають агротехнічні заходи. Серед них важливу роль відіграють попередники та основний обробіток ґрунту.

Попередники — зернові, бобові чи технічні культури, впливають на ріст і розвиток кукурудзи. Дослідженнями доведено, що після бобових культур кукурудза формує вищу врожайність завдяки поліпшенню фізичних і хімічних властивостей ґрунту, після зернових колосових — нижчу врожайність, оскільки зменшується вміст азоту в ґрунті [13–15].

Основний обробіток ґрунту є важливою складовою ресурсощадної технології вирощування кукурудзи. Оранка, безвідвальний і мінімальний обробітки ґрунту значною мірою впливають на його структуру, водний і поживний режими, що визначає продуктивність посівів культури. Безпліцевий обробіток ґрунту сприяє підвищенню продуктивності кукурудзи, зниженню ерозії та збереженню вологи. За таких умов зменшується кількість повітря в ґрунті, збільшуються його щільність і твердість, що може погіршити умови розвитку кореневої системи [16, 17].

Традиційний обробіток ґрунту (оранка) забезпечує краще розпушування ґрунту, поліпшення його аерації, що корисно для кукурудзи в умовах недостатнього зволоження. Однак через підвищене випаровування оранка може призводити до непродуктивних втрат вологи, що важливо враховувати в посушливих регіонах.

Вихід крохмалю та біоетанолу з одиниці площі посівів кукурудзи може значно варіювати залежно від комбінації попередників і способу обробітку ґрунту. Скажімо, за вирощування кукурудзи після бобових культур вихід крохмалю та біоетанолу буває вищим завдяки кращому забезпеченню рослин азотом і поліпшенню структури ґрунту. Водночас вибір способу обробітку ґрунту впливає на структуру кореневої системи, що позначається на доступності вологи та поживних речовин із ґрунту [18–20].

Отже, вихід крохмалю та біоетанолу з 1 га посіву кукурудзи значно залежить

від взаємодії попередників та основного обробітку ґрунту. Саме тому розроблення комплексу елементів біоадаптивної технології, що забезпечують підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи, є актуальним.

Мета досліджень — розробити основні параметри зональної біоадаптивної технології вирощування кукурудзи, визначити та підвищити врожайність і якість зерна в умовах Степу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2010–2024 рр. в Інституті сільського господарства Степу НААН в умовах Північного Степу України. Для цього регіону характерний помірно континентальний клімат. Ґрунт — чорнозем звичайний глибокий середньогумусний, важкосуглинковий, 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 — 13,7%, рухомого фосфору — 10,0 мг/100 г ґрунту, рухомих форм калію — 15,1 мг/100 г ґрунту, рухомих форм марганцю, цинку, бору та сірки, відповідно, — 20,2 мг/кг; 0,41; 1,2 і 9,8 ґрунту.

Програмою досліджень передбачалося визначити ефективність і доцільність мінімізації основного обробітку ґрунту за використання різних попередників, комплексний вплив цих факторів на ріст, розвиток рослин кукурудзи, формування врожаю та якості її зерна. Основний метод досліджень — польовий дослід, схему якого наведено в табл. 1. Для наукового обґрунтування мети і реалізації поставлених завдань, узагальнення результатів експериментальної роботи використовували метод гіпотез — вибір напряму досліджень, визначення актуальності роботи, розроблення схеми досліду; діалектичний метод — спостереження за розвитком культурних рослин і процесами формування врожайності; метод синтезу — узагальнення результатів

1. Урожайність і вміст крохмалю в зерні кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту (2010 – 2012 рр.)

Попередник, фактор А	Обробіток ґрунту, фактор В	Урожайність, т/га	Уміст крохмалю, %
Пшениця озима	Оранка (25–27 см)	6,72	71,13
	Мілкий (10–12 см)	6,26	71,20
	Без обробітку	4,17	71,70
Соя	Оранка (25–27 см)	7,15	70,63
	Мілкий (10–12 см)	6,84	70,80
	Без обробітку	6,56	71,47
Кукурудза на зерно	Оранка (25–27 см)	6,55	70,97
	Мілкий (10–12 см)	6,08	71,47
	Без обробітку	5,64	71,93
Соняшник	Оранка (25–27 см)	6,29	71,67
	Мілкий (10–12 см)	5,84	72,27
	Без обробітку	5,61	72,33
НІР ₀₅	Фактор А	0,21	0,62
	Фактор В	0,18	0,54
	Фактор АВ	0,35	1,08

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). Додатково застосовували лабораторний метод для агрохімічних аналізів рослин і зерна (крохмалю — за методом Еверса), які проводили у вимірювальній лабораторії інституту (сертифікат про визнання вимірювальних можливостей лабораторії № 61/23, виданий ДП «Кіровоградстандартметрологія»); розрахунковий — для розрахунку показників виходу крохмалю та біоетанолу з одиниці площі посівів кукурудзи.

У дослідженнях застосовували технологічні системи вирощування кукурудзи із використанням післяжнивних решток попередніх культур [21]. Для закладання польового дослідження 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 дослідів, було внесено 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 поділянково: 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 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 потрібний, передбачав весняне боронування зябу важкими зубовими боронами 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 дослідів: на ділянках із традиційним і мінімальним обробітками ґрунту його загортання поєднували з передпосівною культивуванням, 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 дозами (150 г/га + 1,0 л/га), рекомендованими фірмою-виробником у фазі 5–6 листків культури.

Сівбу гібрида кукурудзи F1 Любава 279 МВ (кременистозубовидна) проводили в оптимальні для регіону строки сівалкою з турбодисками (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 посівів. Упродовж року опади на території дослідної ділянки випадали нерівномірно, середньорічна їх сума становила 499 мм. У весняно-літній період в окремі роки проявлялася періодична нестача вологи. Середньобагаторічний показник ступеня зволоження території в період активної вегетації пізніх ярих культур (за температури повітря понад +10 °С) — гідротермічний коефіцієнт Селянінова — становив 1. Роки досліджень були неоднаково сприятливими для росту й розвитку рослин кукурудзи за температурним режимом і вологозабезпеченістю.

Так, умови вегетації кукурудзи були у 2010 р. посушливими. Вологозабезпечення верхнього шару ґрунту (0–10 см) під час сівби кукурудзи було

недостатнім для дружного і своєчасного проростання насіння — запаси продуктивної вологи становили 5,6–6,8 мм, у шарі ґрунту 1 м — 114–122 мм. Сума опадів з травня по вересень була близькою до середньобагаторічних показників, а за травень — серпень їх недобір становив 43 мм. Суми активних температур за ці періоди перевищили норму, відповідно, на 744 та 686 °С, тому ГТК дорівнював 0,81 і 0,64. Особливо складні умови росту й розвитку кукурудзи склалися під час наливу зерна в серпні, коли опадів випало лише 8 мм, а запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 1 м були недостатніми — до 75 мм. В окремі дні серпня максимальні температури повітря на 1–2 °С перевищували показник абсолютного максимуму температури за весь попередній період метеоспостережень у цій ґрунтово-кліматичній зоні, досягаючи 39–40 °С.

Агрометеорологічні умови 2011 р. у період вегетації були різними: від дуже сухих — ГТК = 0,17–0,37 (сівба — сходи, дозрівання зерна) до надмірно зволених (ГТК = 2,52) і сприятливих для активного росту й розвитку кукурудзи, особливо в критичні за водоспоживанням періоди. Сума активних (понад +10 °С) температур становила 3156,6 °С, що на 462 °С більше за норму. Гідротермічний коефіцієнт за період активної вегетації кукурудзи в 2011 р. був на 20% нижчим за норму (0,81), що загалом характеризує погодні умови як посушливі. Слід зазначити, що погодні умови періоду вегетації кукурудзи 2011 р. на Кіровоградщині були унікальними щодо забезпечення посівів вологою саме в критичні періоди росту та розвитку рослин (викидання волоті — цвітіння качанів і наливу зерна) й сприяли максимальній реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи 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 °C) за травень — вересень становила 3417,3 °C, що на 722,6 °C більше за норму, ГТК = 0,49, що характеризує погодні умови як сухі.

Протягом останніх років погодні умови в період вегетації кукурудзи в наших дослідженнях характеризувалися перевищенням суми активних (понад +10°C) температур повітря на 644–680 °C понад норму, а за дефіциту суми опадів від 46 до 223 мм — були посушливими в 2019 р. — аналогічно до 2010 р. або сухими в 2024 р. — аналогічно до 2012 р., що негативно позначалося на врожайності та продуктивності кукурудзи.

Результати досліджень. За визначенням вітчизняних учених, на чорноземі можна широко впроваджувати мінімальний обробіток ґрунту. Науковою підставою вибору глибини обробітку є різниця між фактичними та оптимальними параметрами щільності посівного і підпосівного шарів ґрунту. Якщо ці показники збігаються або є близькими, можна зменшувати глибину основного обробітку ґрунту.

Мінімальний обробіток є перспективним і не потребує додаткових умов для запровадження на структурних добре дренованих ґрунтах, якими є чорноземи звичайні. За посушливих умов мінімізація обробітку ґрунту має певні переваги, а мульчування його поверхні післязбиральними рештками сприяє збереженню продуктивної вологи.

Сучасні технології прямої сівби, які є складовою частиною та напрямом мінімізації обробітку ґрунту, мають низку позитивних і негативних аспектів. На жаль, наукова література, що висвітлює досягнення зарубіжної науки і практики, не завжди всебічно та об'єктивно

оцінює вплив технології мінімального обробітку і прямої сівби на врожайність кукурудзи та якість її зерна.

Для визначення оптимальних умов розвитку рослин та їх кореневої системи нами проведено спостереження твердості ґрунту перед сівбою у фазі повних сходів рослин і перед збиранням. Результати показали тенденцію до збільшення твердості ґрунту зі зменшенням глибини розпушування верхнього шару ґрунту. Більшу твердість ґрунту зазначено у варіантах із застосуванням прямої сівби. Найменша твердість ґрунту була в посівах кукурудзи за попередника сої (рис. 1).

Дослідження показали, що площа листової поверхні рослин кукурудзи змінювалася під впливом попередників і глибини основного обробітку ґрунту. Після всіх попередників більша площа листя формувалася у варіантах із застосуванням оранки, найбільшою вона була після сої на насіння, найменшою — після попередника соняшнику (рис. 2). Слід зазначити, що площа асиміляційної поверхні рослин кукурудзи у варіантах із застосуванням прямої сівби після сої становила 48,7 дм² і була вищою, ніж на ділянках, де проводили мілкий обробіток після пшениці озимої, кукурудзи на зерно та соняшнику (47,2–47,5 дм²).

Структурні показники врожаю рослин кукурудзи за вирощування після всіх досліджуваних попередників були меншими у варіантах із застосуванням мілкового основного обробітку ґрунту та на ділянках без обробітку порівняно з показниками за глибокої оранки. Найвищими вони були за вирощування кукурудзи після сої на глибоко зораних площах.

Дефіцит ґрунтової вологи призводив до погіршення наливу зерна, а повітряна посуха — до зменшення озерності качанів, що стало причиною недобору маси зерна з 1 качана кукурудзи. Зазначено загальну тенденцію до зменшення довжини та діаметра качанів, кількості зерен на них і маси зерна

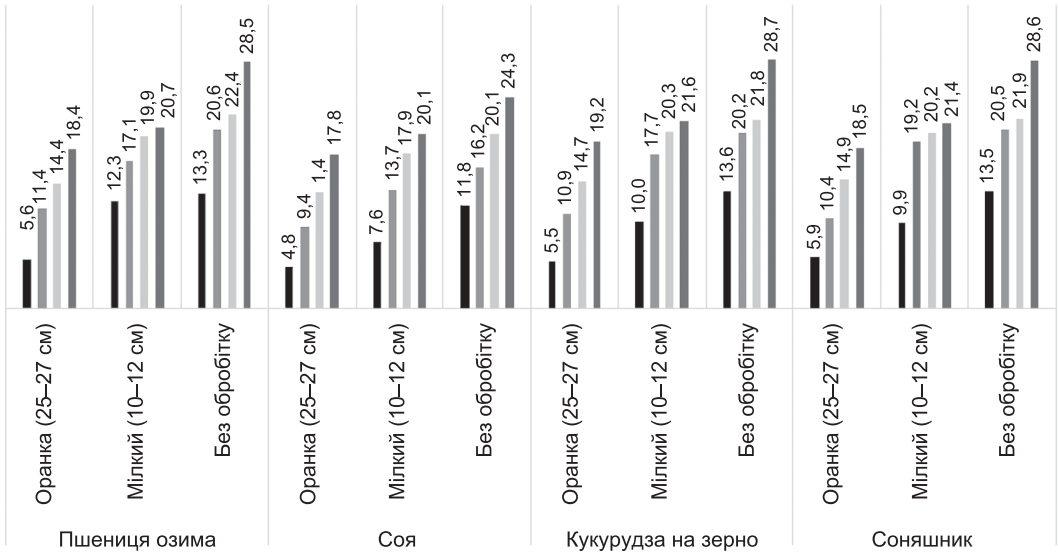


Рис. 1. Твердість ґрунту в посівах кукурудзи залежно від попередників і способу основного обробітку ґрунту (2010–2012 рр.), кг/см²; ■ – шар ґрунту 0–8 см; ■ – шар ґрунту 8–16 см; ■ – шар ґрунту 24–32 см

з 1 качана під впливом мінімізації основного обробітку.

Високі прямі кореляційні залежності спостерігаються між показниками врожайності та елементами структури врожаю: озерненістю качанів — $r = 0,91$, масою зерна з качана — $r = 0,89$, масою 1000 зерен — $r = 0,87$. Крім того, встановлено зворотну залежність між показниками структури врожаю та вмістом крохмалю в зерні кукурудзи ($r = -0,51$ — $-0,73$).

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 (див. табл. 1).

Із застосуванням мілкового обробітку 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 — 0,45–0,46 т/га порівняно з урожайністю за оранки. Ще більший недобір урожаю спостерігався за прямої сівби кукурудзи. Так, за вирощування після сої він був на рівні 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.

Установлено високу зворотну кореляційну залежність ($r = -0,74$) між вмістом крохмалю в зерні кукурудзи та врожайністю у 2010–2012 рр., що додатково

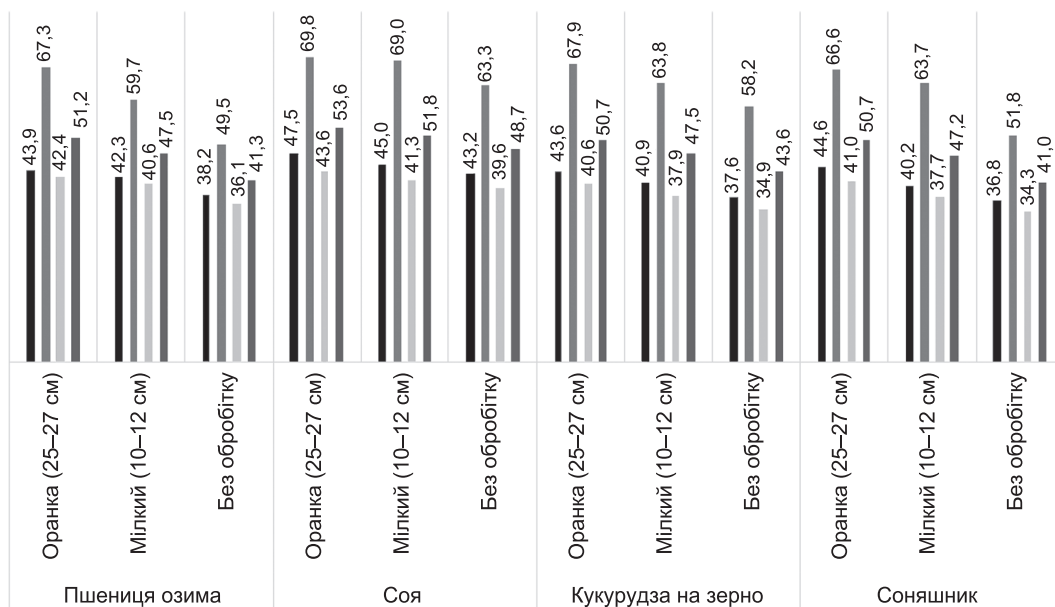


Рис. 2. Площа листової поверхні рослин кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту (2010–2012 рр.), дм²: ■ – 2010; ■ – 2011; □ – 2012; ■ – середнє

підтверджено дослідженнями показників якості зерна кукурудзи в аналогічних умовах вирощування після попередників сої, кукурудзи на зерно та соняшнику впродовж 2019 та 2024 р. (із високим ступенем прямої кореляції між періодами досліджень — $r = 0,72$). Останніми роками в умовах Північного Степу України також спостерігається зворотна кореляційна залежність між урожайністю та вмістом крохмалю в зерні (2019 р. — $r = -0,91$; 2024 р. — $r = -0,81$).

Спостереження за зміною якісних показників зерна кукурудзи показали, що вплив обробітку ґрунту на вміст крохмалю в зерні був майже однаковим після всіх попередників і збільшувався зі зменшенням глибини його обробітку. Тобто вплив глибини обробітку ґрунту на вміст крохмалю в зерні мав зворотну кореляційну залежність ($r = -0,59$). Найбільший уміст крохмалю в зерні кукурудзи відзначено у варіантах із застосуванням прямої сівби після соняшнику — 72,33%. Цей показник на 0,87%

перевищував результат, отриманий після попередника сої, на 0,66 — після попередника пшениці озимої, на 0,40% — показник у повторних посівах.

Із застосуванням мілкового обробітку ґрунту замість прямої сівби за вирощування кукурудзи після сої вміст крохмалю знизився на 0,67%, пшениці озимої — на 0,50, кукурудзи на зерно — на 0,46, після соняшнику — лише на 0,06%. За оранки відзначено найнижчий уміст крохмалю в зерні кукурудзи: після сої він становив 70,63, кукурудзи на зерно — 70,97, пшениці озимої — 71,13, після соняшнику — 71,67%.

За оранки вихід крохмалю з одиниці площі посівів кукурудзи був найбільшим. Так, після сої він становив 5,05 т/га, пшениці озимої — 4,78, у повторних посівах — 4,65, після соняшнику — 4,51 т/га (табл. 2). Із застосуванням мілкового обробітку ґрунту після пшениці озимої вихід крохмалю зменшувався на 0,32 т/га, у повторних посівах — на 0,30, після соняшнику — на 0,29, сої — на 0,21 т/га.

2. Вихід крохмалю та біоетанолу із зерна кукурудзи залежно від попередників та основного обробітку ґрунту (2010–2012 рр.)

Попередник	Обробіток ґрунту	Вихід		
		крохмалю, т/га	біоетанолу	
			Дал/га	тис. л/га
Пшениця озима	Оранка (25–27 см)	4,78	305,6	3,10
	Мілкий (10–12 см)	4,46	285,0	2,89
	Без обробітку	2,99	191,2	1,94
Соя	Оранка (25–27 см)	5,05	322,7	3,27
	Мілкий (10–12 см)	4,85	309,6	3,14
	Без обробітку	4,69	299,7	3,04
Кукурудза на зерно	Оранка (25–27 см)	4,65	296,9	3,01
	Мілкий (10–12 см)	4,35	277,8	2,82
	Без обробітку	4,06	259,4	2,63
Соняшник	Оранка (25–27 см)	4,51	288,2	2,92
	Мілкий (10–12 см)	4,22	269,8	2,74
	Без обробітку	3,40	217,4	2,20

Без обробітку ґрунту недобір виходу крохмалю з одиниці площі був найбільшим за стерньового попередника — 1,79 т/га. За прямої сівби кукурудзи після соняшнику недобір виходу крохмалю становив 1,11 т/га, у повторних посівах — 0,59, після сої — 0,36 т/га.

Після всіх попередників більший вихід крохмалю з одиниці площі формувалася за оранки, найвищим він був після сої, найнижчим — після соняшнику. Слід зазначити, що цей показник у варіантах із застосуванням прямої сівби після сої становив 4,69 т/га і був вищим, ніж на ділянках, де проводили оранку після кукурудзи на зерно та соняшнику — 4,65 та 4,51 т/га відповідно.

Вихід біоетанолу з одиниці площі посівів кукурудзи залежав від попередника та основного обробітку ґрунту. Найбільшим він був після попередника сої за оранки — 322,7 Дал/га (3,27 тис. л/га), дещо знижувався за мілкого обробітку після сої та оранки після пшениці озимої і становив, відповідно, 309,6 та 305,6 Дал/га (3,14 та 3,10 тис. л/га). Із застосуванням мілкого обробітку цей показник зменшився за попередника сої на 4,1%, пшениці озимої, соняшнику та в повторних посівах — на 6,4–6,8%. За прямої сівби в технології вирощування кукурудзи на зерно вихід біоетанолу в Дал/га зменшився після сої — на 7,1%, у повторних посівах — на 12,6, після соняшнику — на 24,6, пшениці озимої — на 37,4%.

Висновки

Для формування стабільної продуктивності посівів і високого виходу крохмалю та біоетанолу в умовах Північного Степу кукурудзу на зерно доцільно вирощувати після кращих попередників на фоні оранки як

основного обробітку чорнозему звичайного. Мінімізація обробітку ґрунту призводить до значного зниження частки реалізації потенціалу продуктивності посівів кукурудзи. Соя є кращим попередником для кукурудзи на зерно, після

якого навіть без обробітку ґрунту показники продуктивності кукурудзи

були вищими, ніж після соняшнику на фоні оранки.

Andriienko A.¹, Semeniaka I.², Andriienko O.³

^{1,2}*Institute of Agriculture of the Steppe of NAAS, 2 Tsentralna Str., vil. Sozonivka, Kropyvnytskyi district, Kirovohrad oblast, 27602, Ukraine;* ³*Central Ukrainian National Technical University, 8 Universytetskyi ave., Kropyvnytskyi, 5006, Ukraine; e-mail: ¹cornagroteh@ukr.net, ²igor.semenyaka@ukr.net, ³andrienko2277@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-2318-9454, ²0000-0002-8905-5387, ³0000-0003-1982-1151*

Exit of starch and bioethanol from corn crops depending on predecessors and basic tillage

Goal. To develop the basic parameters of bioadaptive technology of corn cultivation (ZEA Mays L.), and to determine the yield and quality of grain in the Steppe of Ukraine.

Methods. The main — field experiment, additional — laboratory, calculation, and mathematical statistics (variance and correlation analyses). **Results.** The research was conducted in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine during 2010–2024. The use of soybeans as a predecessor had a positive effect on corn grain yield (6.56–7.15 t/ha), which was much higher than after other predecessors. The lowest yield for plowing was after sunflower — 6.29 t/ha. The minimization of soil tillage after all predecessors led to a reliable harvest, which was 0.59–2.55 t/ha for direct sowing. At the same time, the harvest of corn grain for direct sowing after soybean was higher than for plowing after sunflower. Starch content in corn grain had an inverse dependence on yield ($r = -0.74$) and was larger than for sowing after sunflower (71.67–72.33%), and the smallest — after soybean (70.63–71.47%).

The starch content in the grain was affected by the depth of soil cultivation and had an inverse correlation ($r = -0.59$). With the minimization of the basic tillage, there was a general tendency to reduce the biometric indicators of the cobs, the amount of grains, and the weight of grain with 1 cob. The inverse relationship between the indicators of the crop structure and the starch content in corn grain was established ($r = -0.51 \dots -0.73$). With shallow tillage, the content of starch in grain was less than in variants without soil tillage by 0.06–0.67%, and with deep plowing — by 0.57–0.97%. At the same time, it was during deep plowing that the highest yield of starch and bio-ethanol was obtained from a unit area as a complex estimated indicator of crop productivity — 4.51–5.05 t/ha and 288.2–322.7 dal/ha (2.92–3.27 thousand l/ha) respectively. For shallow soil tillage, these figures were less by 4.1–6.8%, for direct sowing — by 7.1–37.4%. The output of starch and bio-ethanol for corn sowing after soybean was higher than for plowing after sunflower and in repeated crops. **Conclusions.** To form a stable productivity of crops and high yield of starch and bioethanol in the conditions of the Northern Steppe, corn for grain should be grown after the best predecessors against the background of plowing as the main cultivation of ordinary black soil. Minimizing soil tillage leads to a significant decrease in the share of the potential of corn crops. Soybeans are the best precursor, after which even without tillage, corn productivity indicators are higher than after sunflower on the background of plowing.

Key words: performance, energy sources, resource-saving technologies, plowing, shallow cultivation, direct sowing.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202502-04>

Бібліографія

1. Паламарчук В.Д., Віннік О.В., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 143–156. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.23

2. Соколік С.П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168–176.

3. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного. Вінниця: Друк, 2020. 536 с.

4. Надь Я. Кукурудза. Вінниця: ФОП Д.Ю. Корзун, 2012. 580 с.

5. Zahinaylo M.I., Levandovskii A.A., Tahantsova M.M., Havriliuk V.M. Sugar Corn: both food and medicine. Quarantine and plant protection. 2012. 4. P. 20–24.

6. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2011. Вип. 3. С. 76–80.

7. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 1. С. 44–47.

8. Hattori T., Morita S. Energy crops for sustainable bioethanol production; which, where and how? *Plant Production Science*. 2010. 13. P. 221–234.

9. Желєзна Т.А., Драгнєв С.В., Баштовий А.І., Роговський І.Л. Перспективи виробництва і споживання біопалива другого покоління в Україні. *Machinery and Energetics*. 2018. V. 9. № 2. P. 61–66.

10. Каменчук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. № 3. С. 162–163.

11. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: підручник. Київ, 2013. 636 с.

12. Lorenz A.J., Coors J.G., de Leon N. et al. Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol. *Crop Science*. 2009. 49. P. 85–98.

13. Крамарьов С.М., Краснєнков С.В., Андрієнко А.Л. та ін. Вплив попередників, основного обробітку ґрунту, доз, строків та способів внесення добрив на продуктивність

та якість зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Степу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. № 57. С. 134–142.

14. Пащенко Ю.М., Краснєнков С.В., Андрієнко А.Л. Реакція рослин гібридів кукурудзи на попередники та глибину обробітку ґрунту. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. 2005. № 23–24. С. 35–43.

15. Грицай С., Петренко О., Мельничук В. Вплив попередників на врожайність кукурудзи в умовах різних способів обробітку ґрунту. *Агроєкологічний журнал*. 2020. № 15(3). С. 45–53.

16. Пащенко Ю.М., Андрієнко А.Л., Пащенко О.Ю. Особливості розвитку кореневої системи та продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 6. С. 19–22

17. Циліурік О.І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 2 (40). С. 5–9.

18. Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 5–13.

19. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В. та ін. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю.В., 2021. 260 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/card.php?lang=uk&id=31069>

20. Поляков В.І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. № 2. С. 132–138. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-132138

21. Пащенко Ю.М., Борисов В.М., Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозберіжні технології вирощування гібридів кукурудзи: моногр. Д.: АРТ-ПРЕС, 2009. 224 с.