

ЕНЕРГОЗАОЩАДЛИВА АГРОТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА КУКУРУДЗИ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ

В.Х. Ківер¹, Д.М. Онопрієнко²

¹доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН

²кандидат сільськогосподарських наук

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49000, Україна

e-mail: ¹info@dsau.dp.ua, ²gidrofak@meta.ua

Надійшла 18.09.2018

Мета. Вивчити вплив мінімізації обробітку ґрунту та різних способів внесення мінеральних добрив на ефективність агротехнології виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях Степу України. **Методи.** Проведено багаторічні польові дослідження, агрохімічні аналізи ґрунту і рослин, фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин кукурудзи, збирання і облік врожаю зерна із статистичним обробітком даних. **Результати.** Максимальну врожайність зерна кукурудзи (в середньому за 3 роки) одержали за внесення $N_{90}P_{45}$ з поливною водою у фазі 10–12 листків і у фазі викидання волотей – 10,4 т/га. Доза добрив $N_{180}P_{90}$ найкраще окупилася приростом урожайності за внесення її у 2 строки однаковими частинами у фазі 10–12 листків і викидання волотей (по $N_{90}P_{45}$). **Висновки.** Мінімізація обробітку ґрунту, внесення з поливною водою засобів хімізації, використання енергоекономічних посівних, поливних, збиральних і транспортних засобів механізації дасть змогу знизити енергозатрати на виробництво зерна кукурудзи за зрошення мінімум на 35–40%, перетворивши в такий спосіб інтенсивну енергозатратну технологію вирощування в енергозаощадливу. Реалізовано можливість синхронної оптимізації водного режиму рослин і забезпечення їх легкодоступними формами поживних елементів на стадіях органогенезу. Застосування запропонованої агротехнології дасть можливість отримати високу врожайність зерна кукурудзи в умовах зрошення за оптимального поєднання агротехнічних заходів та раціонального використання поливної води, мінеральних добрив, енергетичних і матеріальних ресурсів.

Ключові слова: кукурудза, агротехнологія, мінеральні добрива, обробіток ґрунту, фертигація, мінімізація обробітку, урожайність зерна.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-11>

Кукурудза є однією із основних зернових і кормових сільськогосподарських культур. Розширення її посівів на зрошуваних землях України, створення зон гарантованого виробництва зерна є важливим резервом виробництва, оскільки із зернових культур вона найефективніше використовує

потенціал зрошуваних земель [1].

У господарствах України з високим рівнем культури зрошуваного землеробства за останні 20 років урожайність зерна кукурудзи не перевищувала 11–12 т/га. Водночас на зрошуваних землях у штаті Каліфорнія (США) на окремих фермах

урожайність зерна кукурудзи протягом 1981–1983 рр. варіювала від 18,2 до 20 т/га, а в штаті Мічиган досягала 22,1 т/га. Рекордний рівень урожайності — 23,2 т/га отримали у 1985 р. у штаті Іллінойс на фермі Нермоша Ворсови [2].

Основна причина такої ситуації в Україні склалася через зростання в останні десятиліття ціни на основні види енергоносіїв (газ, нафту, пально-мастильні матеріали, електроенергію). Енергоємність виробництва зерна кукурудзи залишається високою.

Перед нами було поставлено завдання розробити енергозаощадливу агротехнологію виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях в умовах північного Степу України. Насамперед, потрібно запропонувати виробництву ефективну мінімізацію обробітку ґрунту в зрошуваних сівозмінах, синхронізувати режим зрошення різних гібридів кукурудзи за одночасного внесення з поливною водою мінеральних добрив.

Сучасна система інтенсивного обробітку ґрунту в зрошуваному землеробстві ґрунтується на створенні оптимальних умов в орному шарі ґрунту. За результатами проведених раніше досліджень встановлено, що для ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу для розвитку рослин кукурудзи оптимальні показники щільності ґрунту мають становити 1,1–1,2 г/см³, загальна шпаруватість — 50–55%, шпаруватість аерації за польової водопроникності не менше 60 мм/год і польовій вологоємності — 30–33%. Такий орний шар створюють різними способами обробітку ґрунту [3]. Основний обробіток відіграє роль головного чинника у створенні сприятливих фізичних умов для формування родючості ґрунту та є одним з найважливіших екологічно безпечних заходів боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами сільськогосподарських культур [4].

Оптимізація обробітку ґрунту має бути спрямована на зменшення затрат праці, зниження темпів мінералізації органічної речовини, а також на запобігання деградаційним процесам і збереження родючості ґрунту [5].

У наших досліджах, коли вологість ґрунту підтримували дощуванням на ділянках без рослин (без розпушування, без культивації і проведення 5-ти культивацій) на рівні 80% НВ, у шарі ґрунту 0–50 см різниці в кількості

вологи в ґрунті не спостерігали [6]. Цими дослідженнями вдалося поставити під сумнів численні механічні способи обробітку ґрунту за зрошення і пояснення цьому питанню знаходимо в роботі А.М. Алпатьєва [7]. Він установив, що випаровування води ґрунтом за оптимальних показників зволоження наближається до показників випаровування з водної поверхні і не залежить від виду рослин, їх густоти, форми поверхні поля, а змінюється тільки під впливом метеорологічних чинників і погодних умов (вітру, сонця, температури повітря та ін.).

Це явище дає змогу стверджувати, що з цієї причини всі способи обробітку ґрунту за його вологості вище розриву капілярів ефекту не дають, а розмір фізичного випаровування залежить від температури і швидкості вітру. Якщо ж вологість ґрунту нижче вологості розриву капілярів, тоді діє механізм дифузної втрати вологи [7].

У досліджах з мінімізації обробітку ґрунту на зрошенні дощуванням в умовах України і Молдови ми порівнювали культивацію і фрезерування та їх вплив на вологість ґрунту. Різниці між цими способами обробітку ґрунту не встановлено [6].

Традиційна технологія внесення мінеральних добрив у зрошуваному землеробстві була механічно перенесена із неполивного землеробства, де за допомогою причіпних або навісних відцентрових розкидачів добрива розподіляють по поверхні поля з подальшим загортанням у ґрунт з допомогою оранки, культивації або боронування. У такий спосіб можна внести будь-яку кількість добрив, що зумовлено його перевагами: високою продуктивністю, простотою обслуговування засобів механізації, можливістю застосування туків підвищеної вологості, широким діапазоном застосування добрив. Проте цей спосіб має й істотні недоліки, які полягають у тому, що більшу частину добрив не вносять у ґрунт, а розкидають на поверхні поля, до того ж досить нерівномірно [2, 8, 9].

Нині більшість машин для поверхневого внесення мінеральних добрив обладнано тарілчастими і дисковими відцентрованими механізмами, які нерівномірно розподіляють добрива за шириною захвату агрегату. У виробничих умовах нерівномірність внесення добрив часто становить 60–80%,

що знижує їх ефективність: азотних — на 45–50%, фосфорних — на 15–20, калійних і складних — на 30–40% [9].

Дослідження, проведені в США, свідчать, що в результаті нерівномірного внесення добрив урожайність зерна кукурудзи змінювалася від 52,1 до 106,8 ц/га за середнього значення 78,5 ц/га. Цей факт підтверджує думку про те, що за рахунок рівномірного оптимального забезпечення рослин елементами живлення урожайність зерна можна підвищити на 28 ц/га [10].

Нерівномірність унесення добрив (навіть з непорушеними властивостями) деякими розкидачами досягала 30%, що призводило до значних недоборів урожаю. У Німеччині задовільним вважають відхилення від норми не більше 10%, а максимальне — не більше 20% [11].

За внесення підвищених норм добрив вимоги до їх рівномірності розподілу підвищуються, і за таких умов використання відцентрових розкидачів забороняється [12].

Нерівномірне розкидання, особливо надмірної кількості добрив, призводить до їх нераціонального використання та негативних наслідків не тільки для рослин, а й для ґрунту (надлишок поживних речовин в одних і відсутність в інших місцях, нітратне забруднення та ін.), які часто не вдається виправити. Застосування важких і потужних машинно-тракторних агрегатів для поверхневого внесення добрив викликає переущільнення верхніх шарів ґрунту, погіршує його фізичні властивості, знижує врожайність зерна кукурудзи, збільшує затрати на обробіток ґрунту [13].

Мінеральні добрива виготовляють і реалізують досить ритмічно, тому ті з них, що надходять до споживачів у період вегетації кукурудзи, залишаються практично невикористаними. Це пов'язано з тим, що застосування просапних культиваторів для підживлення обмежується від настання періоду змикання рослин кукурудзи в рядках. До того ж, часті заправки невеликих ємкостей для добрив на культиваторах пов'язані з додатковими затратами праці.

Саме з цих причин у системі інтенсивної технології вирощування кукурудзи все більше застосовують прогресивний спосіб внесення мінеральних добрив — разом із поливною

водою, що отримав назву «фертигація», або удобрювальне зрошення. Внесення добрив одночасно з поливом поліпшує постачання рослин вологою і поживними речовинами у легкодоступних формах практично протягом усього вегетаційного періоду. Фертигація докорінно розв'язує проблему рівномірного розподілу по площі добрив в активному шарі ґрунту до рівня рівномірності розподілу поливної води, що оцінюється коефіцієнтом варіації не вище 20%. Крім того, важливою перевагою цього способу є можливість внесення добрив невеликими дозами протягом вегетаційного періоду, коли рослини його найбільше потребують, без пошкодження листя (як механічного, так і через хімічні опіки) [6, 8].

Фертигація із застосуванням сучасних дощувальних машин дає змогу відмовитися від тракторних розкидачів, зменшити кількість технологічних операцій, підвищити ефективність використання поливної техніки і добрив. Водночас створюються умови для економії праці, коштів і енергії [2, 6, 8, 9].

Цей спосіб дає змогу поєднати операції внесення добрив, гербіцидів, мікроелементів, вегетаційні поливи та виконувати їх за меншої кількості проходів по полю важких і потужних тракторів з причепами, розкидачами добрив, обприскувачами й іншими засобами механізації, що деформують ґрунт.

За даними досліджень, проведених в Інституті зернових культур НААН, найвищого ефекту досягли поєднанням традиційного способу внесення добрив і фертигації, за розрахункових норм добрив на заплановану врожайність зерна 10 т/га [6] (табл. 1).

Комбіноване застосування добрив (NPK — сухі туки під культивуацію перед сівбою + РКД з поливною водою після сівби) за ефективністю виявилось кращим за фертигацію (приріст урожаю становив 0,39–0,55 т/га).

Наші дослідження підтвердили, що для гібрида кукурудзи Дніпровський 758 на чорноземі звичайному середньосуглинковому внесення макроелементів (NPK) з поливною водою є кращим, ніж сухі туки під культивуацію перед сівбою (табл. 2).

У дослідях із програмування врожаю на рівні 10 т/га дози мінеральних добрив становили: у 1986 р. — $N_{168}P_{90}K_{28}$; у 1987 р. — $N_{192}P_{70}K_{27}$; у 1988 р. — $N_{136}P_{35}$.

1. Урожайність зерна кукурудзи залежно від способу внесення мінеральних добрив, т/га

Спосіб унесення мінеральних добрив	Гібрид Дніпровський 758		Гібрид Піонер 3978	
	Рік			
	1984	1985	1984	1985
НРК під культивуацію перед сівбою	10,7	9,2	10,7	9,6
НРК + РКД з поливною водою після сівби	10,9	9,7	10,7	10,4
НРК під культивуацію перед сівбою + + РКД з поливною водою	11,3	10,1	11,4	10,8
НІР _{0,5} , т/га	0,22	0,28	0,21	0,25

Примітка: РКД — рідкі комплексні добрива (до табл. 1, 3, 4).

Максимальну врожайність — 10,6 т/га (див. табл. 2) отримано на фоні внесення фосфорних і калійних добрив під культивуацію; азотні добрива вносили разом з поливною водою однаковими частками після сівби, у фазі 10–12 листків і у фазі викидання волотей.

Мета досліджень — вивчити вплив мінімізації обробітку ґрунту та різних способів внесення мінеральних добрив на ефективність агротехнології виробництва зерна кукурудзи на поливних землях Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2002–2004 рр. у навчально-дослідному господарстві «Самарський» Дніпропетровського державного аграрного університету (нині Дніпровський державний аграрно-економічний університет).

Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем звичайний малогумусний слабозмитий середньосуглинковий. Об'ємна маса шару ґрунту

0–70 см — 1,28 г/см³, найменша вологоємність (НВ) — 21,5%. Потужність гумусованого шару становить 65–70 см, уміст гумусу в орному шарі ґрунту за Тюрнімом — 2,0–3,5%. Нітратного азоту після 7-ми діб компостування (за Кравковим) в 100 г сухого ґрунту містилося 2,4–3,8, рухомого фосфору (в оцетокислій витяжці за Чиріковим) — 10,9–15,5, обмінного калію (за Масловою) — 20,0–24,4 мг/100 г ґрунту. Підґрунтові води залягають на глибині понад 15 м. Посівна площа дослідних ділянок — 630 м², облікової — 150 м², повторність — 4-разова.

Погодні умови за роки досліджень були загалом сприятливими для вирощування кукурудзи в умовах зрошення. За вегетаційний період (травень — вересень) 2002 р. випало 332 мм дощів, у 2003 р. — 303 мм, у 2004 р. — 386 мм.

У досліді висівали середньоранній гібрид кукурудзи Піонер 3978, що добре

2. Вплив на урожайність гібрида кукурудзи Дніпровський 758 способів і строків унесення добрив з поливною водою (1986–1998 рр.)

Спосіб і строки унесення добрив	Урожайність зерна, т/га	Приріст врожайності, т/га	Отримано зерна в розрахунку на 1 кг д. р. НРК, кг
НРК під культивуацію, поверхнево сухі туки (контроль)	9,64	—	3,89
НРК з поливною водою після сівби	9,95	0,31	4,01
Р і К до сівби повною дозою, N — 1/2 дози у фазі 10–12 листків, 1/2 у фазі викидання волотей	10,4	0,76	4,19
Те саме, але N — 1/3 після сівби, 1/3 — у фазі 10–12 листків, 1/3 — у фазі викидання волотей	10,62	0,98	4,31
Те саме, але N — повною дозою, у фазі викидання волотей	10,19	0,55	4,11

НІР_{0,5} — 0,26 т/га.

реагує на зрошення і був об'єктом досліджень. Строки і способи внесення мінеральних добрив вивчали за розрахованою дозою на одержання врожайності зерна 10 т/га. Передбачали також варіант без добрив. Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для цієї культури в зоні північного Степу України. Поливи проводили дощувальним агрегатом ДДА-100МА. Мінеральні добрива дозували в поливну воду спеціальним гідропідживлювачем. Поливний режим передбачав підтримання вологості ґрунту в активному шарі не нижче 70–80% НВ. Зрошувальна норма становила 1500–2000 м³/га.

Із рідких мінеральних добрив застосовували азотно-фосфорний розчин 10:34 (N — 10%, P — 34%), що отримують способом нейтралізації поліфосфорних кислот аміаком.

Дози мінеральних добрив для одержання запланованої врожайності зерна кукурудзи 10 т/га обчислювали балансовим методом з урахуванням вмісту основних елементів живлення в орному шарі ґрунту. Розрахункові дози становили N₁₈₀P₉₀.

З метою вивчення ефективності внесення рідких комплексних добрив з поливною водою порівняно з традиційним розкидним способом і визначення оптимальних параметрів фертигації при вирощуванні кукурудзи на зерно були розроблені різні варіанти.

Технологічні схеми внесення мінеральних добрив були такими: 1 — під культивування перед сівбою (карбамід + амофос) врозкид повною нормою — N₁₈₀P₉₀ (контроль); 2 — під культивування перед сівбою (карбамід + РКД) повною нормою — N₁₈₀P₉₀ (контроль); 3 — роздрібно з поливною водою — N₆₀P₃₀ після сівби і N₁₂₀P₆₀ у фазі 10–12 листків; 4 — роздрібно з поливною водою: після сівби — N₅₀P₂₅; у фазі 10–12 листків — N₅₀P₂₅; у фазі викидання волотей — N₄₀P₂₀; у фазі молочної стиглості зерна — N₄₀P₂₀; 5 — роздрібно з поливною водою: у фазі 10–12 листків — N₆₀P₃₀; у фазі викидання волотей — N₆₀P₃₀; у фазі молочної стиглості зерна — N₆₀P₃₀; 6 — роздрібно з поливною водою: у фазі 10–12 листків — N₉₀P₄₅ і у фазі викидання волотей — N₉₀P₄₅.

Також у досліді передбачали контрольний варіант без добрив. За схемою

1 карбамід і амофос вносили перед культивуванням. За схемою 2 та всіма наступними (з поливною водою), щоб зрівняти вміст азоту і фосфору, до розрахункової дози рідких комплексних добрив додавали карбамід.

Результати досліджень. Норми і строки внесення рідких комплексних мінеральних добрив з поливною водою значно впливали на поживний режим ґрунту. Сприятливі умови зволоження і температури істотно поліпшували азотний режим ґрунту завдяки добривам і підвищенню нітрифікаційної здатності. Кількість мінерального азоту в ґрунті на початку вегетації за внесення туків під культивування була максимальною, що свідчить про підвищення енергії нітрифікації.

Зменшення вмісту мінерального азоту в ґрунті від фази 5–6 листків до молочної стиглості зерна є доказом значного споживання азоту кукурудзою в основні фази онтогенезу. До періоду інтенсивної потреби рослин кукурудзи в азоті (10–12 листків) NO₃⁻ у ґрунті було менше, ніж у період 5–6 листків на 32%, а у фазі молочної стиглості зерна — на 62,4%. У варіанті без добрив спостерігалася така сама тенденція до зменшення нітратного азоту в ґрунті (на 29,8 і 50,8%, відповідно).

Це зумовлювалось інтенсивним зростанням нітрифікаційних процесів у ґрунті завдяки створенню оптимальних умов (вологість ґрунту була не нижче 70–80% НВ, температура повітря протягом вегетації становила 20–25°C, добра аерація) і низьким споживанням NO₃⁻ рослинами кукурудзи на початку вегетації. Водночас при застосуванні добрив дозою N₁₈₀P₉₀ разом з поливною водою коливання нітратів у ґрунті на цей період були меншими і до того ж містилося їх, особливо у фазі молочної стиглості зерна, значно більше, що позитивно вплинуло на врожайність. Унесення мінеральних добрив з поливною водою в два терміни (у фазі 10–12 листків і у фазі викидання волотей) дозою N₉₀P₄₅ забезпечувало максимальну кількість нітратного азоту в фазі молочної стиглості зерна.

У фазі повної стиглості зерна кукурудзи як за удобрювального зрошення, так і без добрив кількість мінерального азоту в ґрунті виявилась майже однаковою.

3. Продуктивність гібрида Піонер 3978 залежно від способів і строків внесення мінеральних добрив (середнє за 2002 – 2004 рр.)

Варіант	Кількість продуктивних качанів на 100 рослин	Маса одного качана, г	Вихід зерна, %	Маса 1000 зернин, г
Без добрив (контроль)	98	190	79,9	265,5
N ₁₈₀ P ₉₀ (карбамід + амофос) врозкид навесні під культивуацію	102	225	79,4	286,6
N ₁₈₀ P ₉₀ під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) з поливною водою	103	225	80,6	282,6
З поливною водою:				
N ₆₀ P ₃₀ після сівби і N ₁₂₀ P ₆₀ у фазі 10–12 листків	102	230	79,6	298,4
після сівби N ₅₀ P ₂₅ ; у фазі 10–12 листків				
N ₅₀ P ₂₅ ; у фазі викидання волотей N ₄₀ P ₂₀ ; у фазі молочної стиглості зерна N ₄₀ P ₂₀	104	250	82,5	305,6
у фазі 10–12 листків N ₆₀ P ₃₀ ; у фазі викидання волотей N ₆₀ P ₃₀ ; у фазі молочної стиглості зерна N ₆₀ P ₃₀	103	240	83,5	318,4
у фазі 10–12 листків N ₉₀ P ₄₅ ; у фазі викидання волотей N ₉₀ P ₄₅	103	270	82,8	335,8

На всіх удобрених фонах кількість продуктивних качанів виявилася майже однаковою, але водночас абсолютна маса зернин відрізнялася (табл. 3). Значно більшою вона була за внесення добрив вроздріб з поливною водою.

Маса 1000 зернин була максимальною — 335,8 г за внесення дозою N₉₀ P₄₅ у 2 строки (у фазі 10–12 листків і викидання волотей).

Вона була мінімальною на ділянках, де добрива не застосовували.

Установлено відмінності щодо середньої маси качана (див. табл. 3). Найбільшу масу качана — 270 г виявлено також за внесення туків у 2 строки (у фазі 10–12 листків і викидання волотей).

Порівняно з традиційною технологією внесення мінеральних добрив за фертигації маса

4. Вплив способів і строків унесення мінеральних добрив на врожайність зерна гібрида Піонер 3978, т/га

Варіант	Рік			Середнє за 3 роки
	2002	2003	2004	
Без добрив (контроль)	3,7	3,6	4,2	3,8
N ₁₈₀ P ₉₀ (карбамід + амофос) врозкид навесні під культивуацію	9,9	8,2	9,7	9,3
N ₁₈₀ P ₉₀ під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) з поливною водою	9,6	8,4	9,8	9,3
З поливною водою:				
N ₆₀ P ₃₀ після сівби і N ₁₂₀ P ₆₀ у фазі 10–12 листків	10,0	8,7	10,1	9,6
після сівби N ₅₀ P ₂₅ ; у фазі 10–12 листків N ₅₀ P ₂₅ ; у фазі викидання волотей N ₄₀ P ₂₀ ; у фазі молочної стиглості зерна N ₄₀ P ₂₀	10,9	8,7	10,1	9,9
у фазі 10–12 листків N ₆₀ P ₃₀ ; у фазі викидання волотей N ₆₀ P ₃₀ ; у фазі молочної стиглості зерна N ₆₀ P ₃₀	11,0	8,7	10,3	10,0
у фазі 10–12 листків N ₉₀ P ₄₅ і у фазі викидання волотей N ₉₀ P ₄₅	11,6	9,2	10,5	10,4
НІР _{0,95} т/га для способів і термінів унесення добрив — від 0,2 до 0,3.				

одного качана збільшувалася на 5–45 г.

Унесення туків вроздріб з поливною водою порівняно з одноразовим їх унесенням збільшувало вихід зерна на 1,9–2,9% (за винятком унесення туків у 2 строки — по $N_{60}P_{30}$ і $N_{120}P_{60}$).

Фертигація в різні строки створювала сприятливі умови для росту і розвитку рослин кукурудзи, а також збільшувалася маса 1000 зернин, середня маса качанів і вихід зерна кукурудзи.

Урожайність зерна гібрида Піонер 3978 за внесення мінеральних добрив з поливною водою була вищою, ніж за традиційної технології їх внесення (табл. 4). Стабільний приріст урожайності отримали за внесення рідких комплексних добрив з поливною водою.

Максимальну врожайність зерна кукурудзи, в середньому за 3 роки, одержали за внесення $N_{90}P_{45}$ з поливною водою у фазі 10–12 листків і у фазі викидання волотей — 10,4 т/га. Доза добрив $N_{180}P_{90}$ найкраще окупилася приростом урожайності за внесення її у 2 строки однаковими частинами у фазі 10–12 листків і викидання волотей (по $N_{90}P_{45}$).

Вивчення ефективності застосування рідких комплексних добрив у системі інтенсивної технології вирощування кукурудзи на зерно в умовах зрошення доцільно продовжити з урахуванням сортових відмінностей і біотипів вирощуваних гібридів, а також періодів максимального споживання ґрунтової вологи і елементів живлення.

Висновки

За результатами досліджень, проведених у 2002–2004 рр. в умовах північного Степу України, встановлено високу ефективність мінімізації обробітку ґрунту і удобрювального зрошення (фертигації) на чорноземах звичайних за виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях. Сучасні методологічні підходи до поетапної оцінки всього технологічного циклу формування врожаю зерна кукурудзи і практичний досвід свідчать про значні наявні резерви зниження енергоємності цієї культури.

Мінімізація обробітку ґрунту, внесення з поливною водою засобів хімізації, використання ресурсоощадних та екологічно безпечних посівних, поливних, збиральних і транспортних засобів механізації дадуть

змогу знизити енергозатрати на виробництво зерна кукурудзи за зрошення мінімум на 35–40%, перетворивши в такий спосіб інтенсивну енергозатратну технологію вирощування в енергозаощадливу. Реалізовано можливість синхронної оптимізації водного режиму рослин і забезпечення їх легкодоступними формами поживних елементів на стадіях органогенезу.

Застосування запропонованої агротехнології дасть можливість отримати високі врожаї зерна кукурудзи в умовах зрошення за оптимального поєднання агротехнічних заходів при раціональному використанні поливної води, мінеральних добрив, енергетичних і матеріальних ресурсів.

Кивер В.Ф.¹, Оноприенко Д.М.²

Днепро́вский госуда́рственный аграрно-экономический университет, ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, 49000, Украина; e-mail: ¹info@dsau.dp.ua, ²gidrofak@meta.ua

Енергосберегаю́щая агротехнология производства зерна кукурузы на орошаемых землях

Цель. Изучить влияние минимизации обработки почвы и разных способов внесения минеральных удобрений на эффективность агротехнологии производства зерна кукурузы на орошаемых землях Степи Украины. **Методы.** Проведены многолетние полевые опыты, агрохимические анализы

почвы и растений, фенологические наблюдения за ростом и развитием растений кукурузы, уборка и учет урожая зерна со статистической обработкой данных. **Результаты.** Максимальную урожайность зерна кукурузы (в среднем за 3 года) получили при внесении $N_{90}P_{45}$ с поливной водой в фазе 10–12 листьев и в фазе выбрасывания метелок — 10,4 т/га. Доза удобрений $N_{180}P_{90}$ лучше всего окупила приростом урожайности при внесении ее в 2 срока равными частями в фазы 10–12 листьев и выбрасывания метелок (по $N_{90}P_{45}$). **Выводы.** Минимизация обработки почвы, внесение с поливной водой средств химизации, использование энергоэкономичных посевных, поливных, уборочных и транспортных средств механизации дадут

возможность снизить энергозатраты на производство зерна кукурузы при орошении минимум на 35–40%, превратив таким способом интенсивную энергозатратную технологию выращивания в энергосберегающую. Реализована возможность синхронной оптимизации водного режима растений и обеспечения их легкодоступными формами питательных веществ на стадиях органогенеза. Применение разработанной агротехнологии даст возможность получить высокую урожайность зерна кукурузы в условиях орошения при оптимальном совмещении агротехнических приемов и рациональном использовании поливной воды, минеральных удобрений, энергетических и материальных ресурсов.

Ключевые слова: кукуруза, агротехнология, минеральные удобрения, обработка почвы, фертигация, минимизация обработки, урожайность зерна.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-11>

Kiver V.¹, Onopriyenko D.²

Dnipro state agrarian-economic university, S. Yefremov Str., 25, Dnipro, 49000, Ukraine; e-mail: ¹info@dsau.dp.ua, ²gidrofak@meta.ua

Power-saving agro-technology of production of grain of corn on irrigated lands

The purpose. To study effect of minimization of soil cultivation and different ways of importation of fertilizers upon efficiency of agro-technology of production of grain of corn on irrigated lands of Steppe of Ukraine. **Methods.** Long-term field experiments,

agrochemical analyses of soil and plants, phenological observations over growth and development of plants of corn, harvesting and account of grain yield with statistical analysis of data are carried out. **Results.** The maximum productivity of grain of corn (on the average for 3 years) was gained at importation of $N_{90}P_{45}$ with irrigation water in phase of 10–12 leaves and in phase of ejection of brushes — 10,4 t/hectare. Dose of fertilizers $N_{180}P_{90}$ is better paid for itself by increase of productivity at its importation in 2 times by equal parts in phases of 10–12 leaves and ejection of brushes (on $N_{90}P_{45}$). **Conclusions.** Minimization of soil cultivation, importation with irrigation water of means of chemization, use power-saving sowing campaigns, irrigation, harvest and transport equipments of mechanization will enable to lower power inputs on production of grain of corn at irrigation minimum on 35–40%, having converted in such a way intense energy-dependent technique of growing into power-saving. The opportunity of synchronous optimization of water regime of plants and their security with readily available shapes of nutrients at stages of organogenesis is realized. Application of the developed technique will enable to gain high productivity of grain of corn in conditions of irrigation at optimum overlapping agrotechnical methods and intelligent use of irrigation water, fertilizers, power and material resources.

Key words: corn, agro-technology, fertilizers, soil cultivation, fertilization, minimization of machining, productivity of grain.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-11>

Бібліографія

1. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.М., Коковіхін С.В. та ін. Інноваційні технології вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України: монографія. Херсон: Гринь Д.С., 2017. 718 с.
2. Сахаров В.Д. Химизация в культуре кукурузы: итоги науки и техники. Москва: ВНИИТИ, серия «Растениеводство». 1991. Т. 8. 156 с.
3. Кивер В.Ф. Энергосберегающая технология возделывания кукурузы на орошаемых землях. Киев: Урожай, 1988. 119 с.
4. Котоврасов И.П. Механическая обработка и эффективное плодородие почвы. Вопросы обработки почвы: науч. тр. ВАСХНИЛ. Москва: Колос, 1979. С. 76.
5. Лотоненко И.В., Емельянова Н.И., Гома М.Р. Влияние обработки почвы на урожайность кукурузы при орошении. *Орошаемое земледелие*. Киев: Урожай, 1990. Вып. 35. С. 39–41.
6. Кивер В.Х., Оноприенко Д.М. Фертигация і гербігація в зрошуваному землеробстві України: монографія. Херсон: Гринь Д.С., 2016. 148 с.
7. Алпатьев А.М. Влагодоборот культурных растений. Ленинград: Гидрометеиздат, 1954. С. 47–48.
8. Ионова В.М. Внесение химических средств с поливной водой. Обзор. инфор. ВНИИТЭИагропром. Москва, 1990. № 5. С. 1–8.
9. Вырлев И. Оценка неравномерности распределения азотных удобрений и ее влияние на урожай. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 1986. № 4. С. 38–42.
10. Thorup R. Uniform application — key to maximum yields. Utah: Farmer–Stockman. 1983. V. 103. № 5. P. 5.
11. Schunke U. Randzonenprobleme bei der Dungung. *Zandtechnik*. 1980. № 2. P. 66–68.
12. Hellweg W. Massnahmen zur vorfengung von Entmischungen in Land und Fortwints — chaft. Bd. 1979. P. 147–178.
13. Балюк С.А., Дружченко А.В., Савенков П.Ф. и др. Удобрения с поливной водой. *Земледелие*. 1988. № 11. С. 50–52.