

Вплив фертигації на продуктивність кукурудзи

В.Х. Ківер, доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН
України

Д.М. Онопрієнко, кандидат сільськогосподарських наук

Одержані експериментальні дані свідчать про те, що на чорноземах північного Степу України мінеральні добрива під кукурудзу на зерно більш ефективно вносити вроздріб з поливною водою – фертигація. Показано переваги фертигації перед традиційною технологією внесення мінеральних добрив.

Родючість ґрунту визначається, з одного боку, його природними властивостями, а з іншого – кількістю добрив, внесених у нього. Добре відгукуючись на зрошення, кукурудза відіграє важливу роль у розвитку зернового господарства і створенні кормової бази для тваринництва. Кукурудза зміцнила свої позиції як одна з основних зернових культур, що активно використовується у харчовій, індустріальній, тваринницькій і медичній галузях. Останнім часом зростають темпи використання цієї культури як сировини для виробництва біоетанолу. І без того високий попит на кукурудзу був значно збільшений тенденцією до високоефективного і природозберігаючого палива. Різноманітні напрями використання кукурудзи мотивують сільгоспвиробників нарощувати темпи її виробництва [1].

Застосування добрив під кукурудзу на поливних землях має свої особливості, пов'язані насамперед з тим, що кукурудза відрізняється тривалим періодом вегетації і споживанням великої кількості елементів живлення. У середньому норми добрив для формування врожаю зерна на рівні 10 т/га становлять: азоту 180–220, фосфору 90–120, калію 50–60 кг д.р./га [2].

Найбільш поширеним способом внесення мінеральних добрив залишається поверхневий за допомогою розкидачів. Це обумовлено його перевагами: високою продуктивністю, простотою обслуговування засобів механізації, можливістю застосування туків підвищеної вологості, широким діапазоном дозування добрив. Однак цей спосіб має й суттєві недоліки. Більшу частину добрив не вносять за цього способу, а розкидають по поверхні поля, причому досить нерівномірно. Відповідно до агротехнічних вимог для механізмів з відцентровим розкидним апаратом допустима нерівномірність розподілу туків по площі становить $\pm 25\%$. Однак практика показує, що відхилення сягають 50–75% і більше [3].

Одним із нових підходів до раціонального використання мінеральних добрив є внесення їх переважно з поливною водою [4].

Внесення добрив з поливною водою дістало назву фертигація (від англ. слів *irrigation* та *fertilizer*), або удобрювальне зрошення. Воно докорінно

вирішує 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 подачі добрив невеликими дозами протягом вегетаційного періоду, коли рослини їх найбільше потребують, без пошкодження листя як механічно, так і через хімічні опіки [5, 6].

Поєднання в одному технологічному процесі удобрення і зрошення зумовлює явище синергізму. Два найбільш ефективні фактори врожаю кукурудзи – зрошення і добрива – взаємно підсилюють один одного, тобто з'являється додатковий фактор – їх взаємодія [7].

Ефективність фертигації залежить від виду і форми мінеральних добрив, що використовують для поливу. Це доведено результатами наших досліджень та іншими науковцями [8, 9].

На сьогодні ще недостатньо вивчена технологія внесення з поливною водою рідких комплексних добрив (РКД), які отримують нейтралізацією орто- і поліфосфорної кислот аміаком з додаванням азотовмісних розчинів (сечовини, аміачної селітри) і хлориду або сульфату калію. У РКД відсутні недоліки, притаманні твердим мінеральним добривам. Їх за удобрювальних поливів немає потреби попередньо розчиняти у воді, вони не утворюють пилу, не злежуються, сира погода і дощі на них аніяк не впливають. Вартість технологічних операцій щодо зберігання, внесення в ґрунт і завантаження у разі транспортування РКД нижча, ніж у твердих туків. Крім цього, РКД не містять вільного аміаку, тому їх можна перевозити в негерметичних ємкостях і зберігати півроку. Застосування РКД дозволяє повністю механізувати процеси завантаження і розвантаження, ліквідувати втрати під час транспортування і зберігання, більш рівномірно розподіляти по полю і знизити затрати праці.

Метою досліджень було порівняння способів внесення, строків і видів мінеральних добрив, включаючи і рідкі комплексні добрива, за інтенсивної технології вирощування кукурудзи на зерно в умовах зрошення.

З огляду на важливість цього питання та недостатню вивченість його у 2002–2004 рр. було проведено польові дослідження в навчально-дослідному господарстві “Самарський” Дніпропетровського державного аграрного університету. Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний слабозмитий середньосуглинковий. Об'ємна маса шару ґрунту 0–70 см складає 1,28 г/см³, а найменша вологемкість (НВ) – 21,5 %. Потужність гумусового шару становить 65–70 см, а вміст гумусу в орному шарі ґрунту – 2,0–3,5 %. Нітратного азоту після 7 діб компостування (за Кравковим) в 100 г сухого ґрунту міститься 2,4–3,8, рухомого фосфору (в оцтовокислій витяжці за Чириковим) – 10,9–15,5, обмінного калію (за Масловою) – 20,0–24,4 мг/100 г ґрунту. Підґрунтові води залягають на глибині більше 15 м.

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

У дослідях висівали середньоранній гібрид кукурудзи Піонер 3978, який добре відгукується на зрошення і був об'єктом досліджень. Строки і способи внесення мінеральних добрив вивчали за розрахованою дозою на одержання врожаю 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.

Посівна площа ділянки 630, облікова – 150 м². Повторність дослідів чотириразова.

Статистичну обробку одержаних результатів проводили методом дисперсійного аналізу за методикою Б.А. Доспехова [10].

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

Дози мінеральних добрив для одержання запланованого врожаю 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 поверхневим розкидним способом, і визначення оптимальних параметрів фертигації при вирощуванні кукурудзи на зерно була розроблена технологічна схема з різними варіантами:

1 – без добрив (контроль);

2 – під культивуацію навесні (карбамід + амофос) врозкид повною нормою N₁₈₀P₉₀ (контроль);

3 – під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) нормою N₁₈₀P₉₀ з поливною водою (контроль);

4 – вроздріб з поливною водою N₆₀P₃₀ після сівби та N₁₂₀P₆₀ у фазі 10–12 листків;

5 – вроздріб з поливною водою: після сівби N₅₀P₂₅; у фазі 10–12 листків N₅₀P₂₅, викидання волотей N₄₀P₂₀, молочної стиглості зерна N₄₀P₂₀;

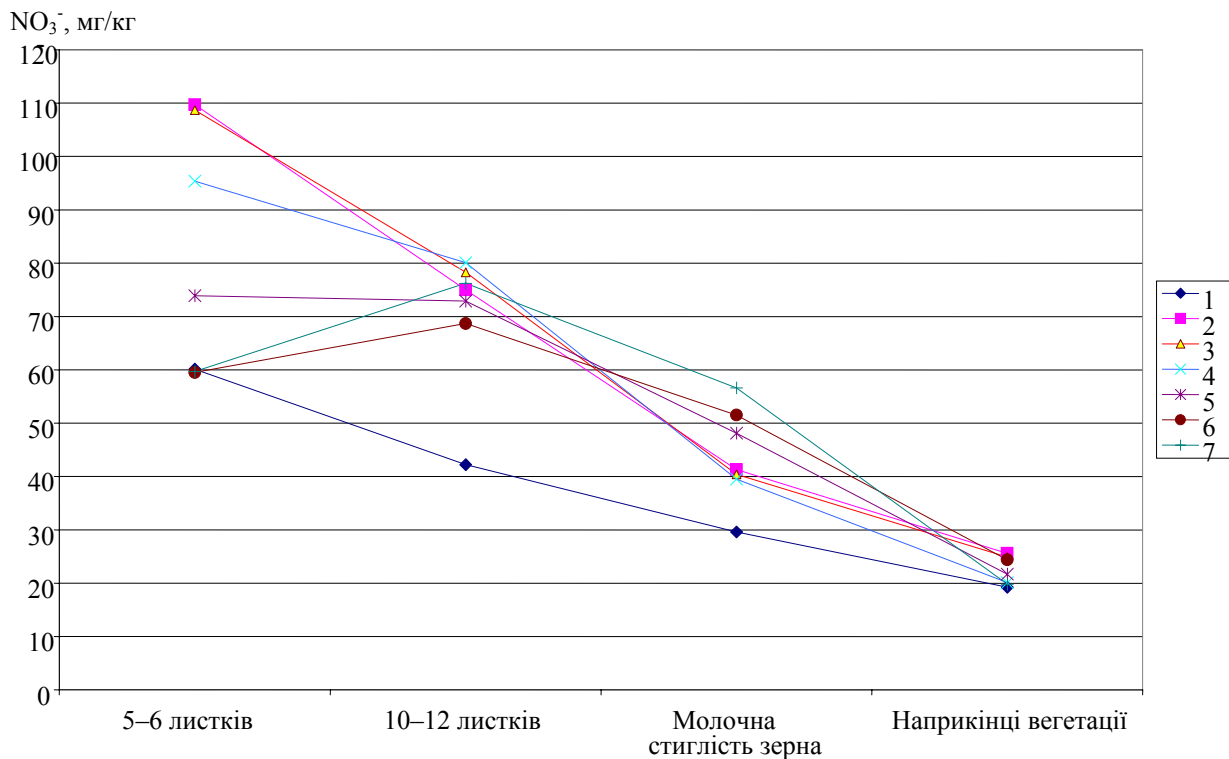
6 – вроздріб з поливною водою: у фазі 10–12 листків N₆₀P₃₀, викидання волотей N₆₀P₃₀, молочної стиглості зерна N₆₀P₃₀;

7 – вроздріб з поливною водою: у фазі 10–12 листків N₉₀P₄₅ та викидання волотей N₉₀P₄₅.

У дослідях передбачали контрольний варіант без добрив. За першим варіантом карбамід і амофос вносили перед культивуацією, з другим та всіма наступними (з поливною водою), щоб довести вміст азоту і фосфору до розрахункової дози рідких комплексних добрив, добавляли карбамід.

Результати досліджень та їх обговорення. Одержані результати показали, що норми і строки внесення рідких комплексних мінеральних добрив з поливною водою значно впливали на поживний режим ґрунту. Сприятливі

умови зволоження і температури значно поліпшували азотний режим ґрунту за рахунок добрив і підвищення нітрифікаційної здатності. Відмічена також максимальна кількість мінерального азоту в ґрунті на початку вегетації при внесенні туків під культивуацію, що свідчить про підвищення енергії нітрифікації (рисунок).



Вплив способів і строків внесення мінеральних добрив на вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0–40 см (середнє за 2002–2004 рр.): 1 – без добрив (контроль); 2 – N₁₈₀P₉₀ врозкид під культивуацію (карбамід + амофос); 3 – N₁₈₀P₉₀ під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) з поливною водою; 4 – вроздріб N₆₀P₃₀ після сівби і N₁₂₀P₆₀ у фазі 10–12 листків (з поливною водою); 5 – вроздріб з поливною водою: після сівби N₅₀P₂₅, у фазі 10–12 листків N₅₀P₂₅, викидання волотей N₄₀P₂₀, молочної стиглості зерна N₄₀P₂₀; 6 – вроздріб з поливною водою: у фазі 10–12 листків N₆₀P₃₀, викидання волотей N₆₀P₃₀, молочної стиглості зерна N₆₀P₃₀; 7 – з поливною водою: у фазі 10–12 листків N₉₀P₄₅ і у фазі викидання волотей N₉₀P₄₅

Розглядаючи вміст мінерального азоту в динаміці, відмічали зменшення його в ґрунті від фази 5–6 листків до молочної стиглості зерна, що підтверджує значне 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 32,0 %, а у фазі молочної стиглості зерна – на 62,4 %. У варіанті без добрив спостерігалася така ж сама тенденція до зменшення нітратного азоту в ґрунті (на 29,8 та 50,8 % відповідно). Така картина обумовлювалась інтенсивним зростанням нітрифікаційних процесів у ґрунті за рахунок створення оптимальних умов (вологість ґрунту 70–80 % НВ, температура повітря 20–25 °С, добра аерація) і низьким споживанням NO₃⁻ рослинами кукурудзи на початку вегетації. Того ж часу за неодноразового

застосування добрив у дозі $N_{180}P_{90}$ з поливною водою коливання нітратів у ґрунті були меншими, і їх містилося значно більше, особливо у фазі молочної стиглості зерна, що позитивно вплинуло на врожайність. Внесення мінеральних добрив з поливною водою у два терміни у фазі 10–12 листків і викидання волотей дозою $N_{90}P_{45}$ забезпечувало максимальну кількість нітратного азоту у фазі молочної стиглості зерна (рисунок).

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

Нітратний азот володіє значною рухомістю по профілю ґрунту і навіть за умов недостатнього природного зволоження в північному Степу виявляється на глибині 0–200 см і більше, а в умовах зрошення ця тенденція підсилюється, як показують проведені раніше дослідження [2–6].

Протягом вегетаційного періоду кукурудзи вміст NO_3^- у шарі ґрунту 0–20 см був вищим, ніж у шарі 20–40 см, що пояснюється переміщенням азоту з нижніх шарів у верхні внаслідок інтенсивного випаровування вологи з поверхні ґрунту, а також ущільненням підорного шару і зниженням інтенсивності процесів мінералізації.

На всіх удобрених фонах кількість продуктивних качанів зареєстрована майже однаковою, але абсолютна маса зернин відрізнялася (табл. 1). Значно більшою вона була за внесення добрив вроздріб з поливною водою.

Маса 1000 зернин була максимальною – 335,8 г на варіанті з внесенням $N_{90}P_{45}$ у два строки (у фазі 10–12 листків і викидання волотей) і мінімальною на ділянках без добрив.

Встановлено відмінності в середній масі качана. Найбільшою – 270 г вона відмічена на варіанті, де внесені туки у два строки (фази 10–12 листків і викидання волотей).

Порівняно з традиційною технологією внесення мінеральних добрив за фертигації маса одного качана збільшувалася на 5–45 г.

Внесення туків вроздріб з поливною водою підвищувало вихід зерна на 1,9–2,9 % (за винятком внесення туків у два строки – $N_{60}P_{30}$ і $N_{120}P_{60}$) порівняно з одноразовим їх внесенням.

Фертигація в різні строки створювала сприятливі умови для росту і розвитку рослин кукурудзи. Її позитивний вплив відзначали на збільшенні маси 1000 зернин, середньої маси качанів і виходу зерна кукурудзи.

Урожайність зерна гібрида Піонер 3978 за внесення мінеральних добрив з поливною водою була вищою, ніж за традиційної технології їх внесення (табл. 2). Стабільний приріст урожайності отримано на варіантах з внесенням рідких комплексних добрив з поливною водою.

1. 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
1 – Без добрив (контроль)	98	190	79,9	265,5
2 – N ₁₈₀ P ₉₀ (карбамід + амофос) врозкид навесні під культивуацію (контроль)	102	225	79,4	286,6
3 – N ₁₈₀ P ₉₀ під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) з поливною водою	103	225	80,6	282,6
4 – вроздріб з поливною водою N ₆₀ P ₃₀ після сівби та N ₁₂₀ P ₆₀ у фазі 10–12 листків	102	230	79,6	298,4
5 – вроздріб з поливною водою після сівби N ₅₀ P ₂₅ ; у фазі 10–12 листків N ₅₀ P ₂₅ , викидання волотей N ₄₀ P ₂₀ , молочної стиглості зерна N ₄₀ P ₂₀	104	250	82,5	305,6
6 – вроздріб з поливною водою у фазі 10–12 листків N ₆₀ P ₃₀ , викидання волотей N ₆₀ P ₃₀ , молочної стиглості зерна N ₆₀ P ₃₀	103	240	83,5	318,4
7 – вроздріб з поливною водою у фазі 10–12 листків N ₉₀ P ₄₅ та викидання волотей N ₉₀ P ₄₅	103	270	82,8	335,8

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

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

Максимальну врожайність зерна кукурудзи в середньому за три роки одержали за внесення $N_{90}P_{45}$ з поливною водою у фази 10–12 листків і викидання волотей – 10,4 т/га. Доза добрив $N_{180}P_{90}$ найкраще себе окупила приростом урожайності в разі внесення її у два строки рівними частинами у фази 10–12 листків і викидання волотей (по $N_{90}P_{45}$).

Висновки

1. Внесення мінеральних добрив вроздріб з поливною водою (фертигація) покращувало поживний режим чорнозему звичайного. За внесення туків у фази 10–12 листків вміст нітратного азоту у шарі ґрунту 0–40 см був вищим на 4,9–24,6 мг/кг ґрунту, а у фазі молочної стиглості зерна – на 6,8–21,4 мг/кг ґрунту, ніж за традиційної технології внесення туків.

2. За фертигації, порівняно з традиційною технологією внесення мінеральних добрив, збільшувалися маса одного качана, абсолютна маса зернин у качані, а також вихід зерна кукурудзи. Максимальну врожайність зерна кукурудзи одержали за внесення дози добрив $N_{180}P_{90}$, розділивши її на дві частини по $N_{90}P_{45}$, з поливною водою у фазах 10–12 листків і викидання волотей.

3. 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 ними ґрунтової вологи і елементів живлення.

Бібліографія

1. Пастарнак О. Перспективи ринку кукурудзи в Україні / О. Пастарнак // Агробізнес сьогодні. – Квітень 2012. – № 7 (230). – С. 16–18.

2. Кивер В.Ф. Фертигація / В.Д. Сахаров, В.Ф. Кивер // Кукуруза и сорго. – 1986. – № 4. – С. 26–28.

3. Сахаров В.Д. Химизация в культуре кукурузы: итоги науки и техники / В.Д. Сахаров; ВИНТИ // Растениеводство. – 1991. – Т.8. – 156 с.

4. Комплексное применение средств химизации с поливной водой при дождевании (рекомендации). – М. : Агропромиздат, 1988. – 58 с.

5. Філіп'єв І.Д. Ефективність добрив, внесених з поливною водою, при вирощуванні кукурудзи на півдні України / І.Д. Філіп'єв, Г.М. Ісакова // Зрошуване землеробство. – К. : Урожай, 1992. – Вип. 37. – С. 6–8.

6. Удобрения с поливной водой / С.А. Балюк, А.В. Дружченко, П.Ф. Савенков [и др.] // Земледелие. – 1988. – № 11. С. 50–52.

7. Лысогоров С.Д. Орошаемое земледелие / С.Д. Лысогоров, В.А. Ушкаренко. – М. : Колос, 1995. – 447 с.

8. Ківер В.Х. Вплив фертигації на продуктивність рослин і якість зерна кукурудзи / В.Х. Ківер, Д.М. Онопрієнко // Вісник аграр. науки. – 2010. – № 8. – С. 56–59.

9. Ківер В.Х. Норми, способи та строки внесення добрив під кукурудзу на зрошенні / В.Х. Ківер, І.Д. Галечко / Енергозберігаючі технології вирощування

зернових культур у Степу України: зб. наук. ст. – Дніпропетровськ : Пороги, 1995. – С. 61–66.

10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / *Б.А. Доспехов.* – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.