

УДК 633.15:632.954:631.8

Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М.

ФЕРТИГАЦІЯ В АГРОТЕХНОЛОГІЇ КУКУРУДЗИ

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,

Дніпропетровськ, вул. Ворошилова 25, 49000

Kiver V.F., Onopriyenko D.M.

FERTIGATION IN AGRICULTURAL TECHNOLOGY CORN

Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University,

Dnipropetrovs'k, Voroshylova st., 25, 49000

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

Ключові слова: фертигація, кукурудза, мінеральні добрива, зрошення.

Abstract. Experimental facts indicate that on the black soils of the north Steppe of Ukraine is more effective to apply liquid complex fertilizers portion with irrigation water during the maize growing for corn. It is shown the fertigation advantages in comparison with traditional technology of mineral fertilizers application.

Key words: fertigation, maize, fertilizer, irrigation.

Вступ. Родючість ґрунту залежить, з одного боку від його природних властивостей, а з іншого – від кількості внесених добрив. Позитивно реагуючи на зрошення, кукурудза відіграє важливу роль у розвитку зернового господарства і створенні кормової бази для тваринництва. Кукурудза зміцнила свої позиції як основна зернова культура, яку активно використовують у харчовій, промисловій, тваринницькій і медичній галузях.

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 [1].

Найбільш поширеним способом внесення мінеральних добрив залишається поверхневий за допомогою причіпних або навісних відцентрових 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. Згідно 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 [2].

Одним із перспективних підходів до раціонального використання мінеральних добрив є внесення їх сумісно з поливною водою [3].

Огляд літературних джерел. Внесення добрив разом 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 всього вегетаційного періоду, коли рослини їх найбільше потребують, без пошкодження листя як механічно, так і через хімічні опіки [4,5].

Поєднання в одному технологічному процесі удобрення і зрошення зумовлює явище синергізму. Два найбільш ефективні фактори формування врожаю зерна кукурудзи (зрошення і удобрення) взаємно підсилюють один одного, тобто з'являється додатковий фактор – їх взаємодія [6].

Проведеними дослідженнями в Україні і за кордоном було підтверджено, що ефективність фертигації залежить в першу чергу від виду і форми мінеральних добрив, що використовують для поливу. Це доведено результатами наших досліджень та іншими науковцями [7,8].

Однак, 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, які 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 ніяк 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 до 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.

Вихідні дані і методи досліджень. 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 вологоємність (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 оцетової кислоті 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 дослідах висівали середньоранній гібрид кукурудзи Піонер 3978, який добре реагує 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, а облікова – 150 м². Повторність дослідів чотириразова.

Статистичну обробку одержаних результатів проводили методом дисперсійного аналізу [9].

Із рідких мінеральних добрив застосовували азотно-фосфорний розчин 10:34 (N–10%, P–34%).

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:

- під культивуацію навесні (карбамід + амофос) врозкид повною нормою $N_{180}P_{90}$ (контроль);
- під культивуацію перед сівбою (карбамід + РКД) нормою $N_{180}P_{90}$ з поливною водою (контроль);
- вроздріб з поливною водою $N_{60}P_{30}$ після сівби та $N_{120}P_{60}$ у фазі 10–12 листків;
- 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 $N_{40}P_{20}$;
- вроздріб з поливною водою: у фазі 10–12 листків $N_{60}P_{30}$, викидання волотей $N_{60}P_{30}$, молочної стиглості зерна $N_{60}P_{30}$;
- вроздріб з поливною водою: у фазі 10–12 листків $N_{90}P_{45}$ та викидання волотей $N_{90}P_{45}$.

У дослідах 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. Дослідження 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.

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) NO_3^- 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 NO_3^- рослинами кукурудзи на початку вегетації. Того ж часу за неодноразового застосування добрив у дозі $\text{N}_{180}\text{P}_{90}$ 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 зерна. Внесення мінеральних добрив з поливною водою у два терміни у фазі 10–12 листків і викидання волотей дозою $\text{N}_{90}\text{P}_{45}$ забезпечувало максимальну кількість нітратного азоту у фазі молочної стиглості зерна.

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 [1–5].

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 у варіанті з внесенням $\text{N}_{90}\text{P}_{45}$ 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 у варіанті, де були 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 кукурудзи 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.

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 в 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 (10,4 т/га в середньому за три роки) одержали за внесення дози

Таблиця 1.

Продуктивність гібрида кукурудзи 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

Таблиця 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 фазі 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 фазі 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 фазі 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				

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.

Література:

1. *Кивер В.Ф.* Фертигация / *В.Ф. Кивер, В.Д. Сахаров* // Кукуруза и сорго. – 1986. – № 4. – С. 26–28.

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

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

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

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

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

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

8. *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.

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