

УДК 681.816:631.82

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.9>

ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ АЗОТНИХ ДОБРИВ СИСТЕМОЮ Y-DROP

Захарченко Е.А. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,

Сумський національний аграрний університет

Адамчик Є.В. – аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства

факультету агротехнологій та природокористування,

Сумський національний аграрний університет

Стаття присвячена розгляду аспектів використання рідких добрив протягом вегетаційного сезону при вирощуванні кукурудзи системою Y-DROP. Останні роки показали необхідність більш ретельного пошуку внесення добрив для їх максимальної ефективності для рослини внаслідок раннього початку вегетаційного сезону, посухи у критичні фази рослини, високі температури. Метою дослідження є аналіз плюсів та мінусів використання системи Y-DROP для внесення азотних добрив, зокрема, карбамідно-аміачної суміші, при застосуванні їх у пізні строки розвитку рослин кукурудзи. Також приводяться рекомендації щодо використання обладнання. Методи досліджень включають аналіз власних спостережень авторів щодо роботи з системою Y-DROP в Чернігівському регіоні, так і результатів останніх наукових публікацій вітчизняних й закордонних вчених. Результати дослідження свідчать, що дана система має екологічні переваги, оскільки ефективно поглинання азоту рослинами зменшує втрати парникових газів, особливо оксиду азоту. Оскільки даний комплекс можна агрегувати на широкозахватні агрегати, їх використання пришвидшує процес внесення добрив і не вимагає значних енергетичних витрат, тобто можливе і зменшення викидів CO₂, що потребує більш детальних досліджень в майбутньому. У процесі дослідження встановлено, що, незважаючи на те, що перевагою Y-DROP є простота встановлення та обслуговування даної системи, її закупівля та навчання спеціалістів вимагає значних початкових вкладень, що може бути суттєвим недоліком для невеликих господарств або фермерів із обмеженим бюджетом. Система може бути не практичною для господарств, у яких є лише трактори з причіпними низькокліренсними оприскувачами. Використання системи Y-DROP разом із просяпаними міжрядними культиваторами є значним плюсом. Дану стратегію можна використовувати в умовах надмірного зволоження, оскільки вона мінімізує втрату азоту через вимивання завдяки правильному розміщенню добрив в основі рослини. Але також є ефективним і в посушливі періоди, враховуючи те, що волога формується у вигляді роси, яка стікатиме в нічний час по стеблах в прикореневі ділянки, чим розчинятиме внесені в цій же зоні добрива і одразу доставлятиме до коренів. У зв'язку з тим, що незначна кількість господарств в Україні використовують цю систему, поки що не зібрано достатньо даних про її ефективність. В основному більш вивчена її ефективність в польових сівоzmінах Америки та Канади.

Ключові слова: азот, карбамідно-аміачна суміш, рідкі добрива, урожайність, кукурудза, продуктивність, вимивання азоту, система удобрення.

Zakharchenko E.F., Adamchik Ye.V. Features of applying liquid nitrogen fertilisers with the Y-DROP system

The article is devoted to considering aspects of liquid fertiliser application during the corn growing season using the Y-DROP system. Recent conditions highlight the need for improved fertiliser application to maximise plant effectiveness, considering the early growing season, drought during critical phases, and high temperatures. The study aims to analyse the pros and cons of using the Y-DROP system for applying nitrogen fertilisers, mainly urea-ammonia mixtures, in the late stages of corn plant development. Recommendations for the use of equipment are also given. Research methods include analysis of the author's observations of working with the Y-DROP system in the Chernihiv region and the conclusions of recent scientific publications

by domestic and foreign scientists. The study results indicate that this system has environmental benefits since plants' effective nitrogen absorption reduces the loss of greenhouse gases, especially nitrous oxide. Since this complex can be aggregated into wide-ranging aggregates, their use speeds up the process of fertiliser application and does not require significant energy costs, i.e., in this way, it is possible to reduce CO₂ emissions, which requires more detailed research in the future. The study found that while Y-DROP offers the advantage of easy installation and maintenance, the costs associated with purchasing the system and training specialists require significant initial investments. This can pose a considerable disadvantage for small farms or farmers operating with a limited budget. The system may not be practical for farms with tractors with trailed low-clearance sprayers. Using the Y-DROP system together with row-mounted inter-row cultivators is a significant advantage. This strategy can be used in conditions of excessive moisture, as it minimises nitrogen loss through leaching due to the correct placement of fertilisers at the base of the plant. However, it is also effective in dry periods, given that moisture is formed in dew, which will flow down the stems at night to the root zones, thereby dissolving the fertilisers applied in the same zone and immediately delivering them to the roots. Because a small number of farms in Ukraine use this system, not enough data has been collected on its effectiveness. Its effectiveness has been mainly studied in field crop rotations in America and Canada.

Key words: nitrogen, urea-ammonia mixture, liquid fertilisers, yield, corn, productivity, leaching, fertiliser system.

Постановка проблеми. Сучасні умови ведення сільського господарства диктують нам критично відноситись до ефективності використання мінеральних добрив, особливо в контексті зміни клімату в бік нестачі опадів та підвищення середньорічного показника температури [1]. Причин для таких тенденцій чимало, зокрема відношення до екології, економічні фактори, вимоги до якості продукції рослинництва та інші. Тому по причині підвищення вимог до якості ведення сільськогосподарської діяльності з'являються все новіші методики його ведення. Однією з нових методик, а вірніше – технологій внесення рідких добрив, є система внесення рідких добрив Y-DROP, застосування якої вирішує питання живлення рослин кукурудзи азотом на пізніших етапах розвитку [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомо, що сучасні гібриди кукурудзи достатньо багато використовують азоту протягом вегетаційного гібриду і чим більш інтенсивний гібрид, тим більше його вимоги до наявності доступних форм поживних елементів в ґрунті [3]. Те, що азот є одним з головних елементів для кукурудзи, не підлягає сумніву. Перед війною була яскрава картина підвищення інтересу до внесення рідких добрив (РКД), карбамідно-аміачної суміші і досліджувалися питання строків, норм, дробного внесення під кукурудзу в різних ґрунтово-кліматичних умов [4]. В господарствах з'явилися системи внесення рідких добрив під просапні культури Y-drop [5]. Але в науковій літературі практично відсутні статті вітчизняних науковців щодо аспектів використання цієї системи. Інформація щодо неї в основному висвітлюється на вебсайтах посередників, продавців-менеджерів, хто пропонує обладнання для внесення добрив за цією системою та обґрунтування доцільності її застосування. Система Y-drop була розроблена компанією 360 Yield center, що заснована Грегом Саудером, який ще відомий заснуванням і Precision Plantation [6]. Саме катастрофічні посухи та урожай в регіоні, де була ферма Саудера, спонукала його до розробки рішень для більш ефективного управління живленням рослин, особливо азотом протягом всього вегетаційного періоду. В основному американські та канадські вчені висвітлюють свої наукові надбання у публікаціях. Так, Adoty з колегами [7] підтверджує залежність застосування азотних добрив в цілому, так і за допомогою Y-drop, від погодних умов сезону, а особливо періоду внесення і після внесення рідкого добрива. Fawcett та ін. [8] довели, що краще застосовувати цю систему

у районах, де на початку вегетаційного сезону наявна велика кількість опадів і пізніше внесення азоту стрічкою буде запобігати його вимиванню і втраті через трансформацію в аміачну форму. Abimbolla та ін. [9] при проведенні польових досліджень встановили, що внесені азотні добрива, також і за допомогою Y-drop, підвищували врожайність, швидкість наповнення зерна, ефективне використання світла, коефіцієнт дихання. Y-drop також досліджують як спосіб внесення рідких форм фосфору, калію, сірки, цинку, бору, але поки передпосівний варіант внесення давав більший ефект [10].

Постановка завдання. Метою даного дослідження є встановлення позитивних аспектів використання системи Y-drop для внесення рідкої форми азоту при вирощуванні кукурудзи та можливих недоліків її застосування, базуючись на попередніх дослідженнях вчених та власних спостережень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система Y-DROP це додаткове обладнання, що встановлюється на обприскувачі або просапні культиватори з метою внесення рідких добрив в рядок, в зоні 5 см від стебла безпосередньо на поверхню ґрунту над кореневою системою (рис. 1) [11].



Рис. 1. Зона внесення рідких добрив системою Y-DROP та відповідна насадка для внесення [11]

Основна ідея Y-DROP полягає в тому, щоб доставляти поживні речовини максимально близько до кореневої системи, де рослина може швидко їх засвоїти. Система достатньо проста як конструктивно, так і у використанні [12]. Складається зі спеціальних приставок, які кріпляться до обприскувачів або інших аплікаторів. Від цих приставок відходять по два шланги, які, в свою чергу, тягнуться по поверхні ґрунту максимально близько до рядків культури. Приставки мають можливість розподілити добриво безпосередньо над коренями рослин. Завдяки цьому поживні речовини потрапляють у зону, де зосереджено до 80% кореневої маси рослин, що забезпечує ефективність їх використання.

На відміну від традиційних методів внесення азоту, таких як coulter-системи (з використанням дисків для прорізання ґрунту) чи розкидання, Y-DROP система не вимагає заглиблення добрив у ґрунт. Натомість за її допомогою добриво потрапляє на поверхню ґрунту, в стратегічно важливу зону. Це дозволяє кореням швидко поглинати азот, особливо в період активного росту [13].

Дана технологія внесення добрив має чимало ключових переваг над стандартними технологіями. Основні переваги, на які, в першу чергу, звертають увагу ті сільгоспвиробники, які нею користуються, це точне розміщення добрив. Y-DROP

забезпечує доставку рідких азотних добрив, зокрема, карбамідно-аміачних сумішей (КАС) безпосередньо на поверхню ґрунту на відстань 5–7 см від стебел рослин. Оскільки азот в ґрунті поширюється вертикально, то таким чином він низхідним потоком разом з вологою зможе поступити прямо до коренів. Це дозволяє розповсюдити мінеральні речовини в зоні активного кореневого росту рослин, де вони найкраще і найшвидше зможуть його засвоїти, а це, в свою чергу, значно зменшить непродуктивні втрати азоту. Також дана техніка внесення має перевагу в посушливі періоди, коли верхній шар ґрунту може бути сухим. Пояснюється це тим, що мінеральні речовини можуть потрапити до кореня рослин лише в розчиненому водою стані, а при сухому верхньому шарі ґрунту волога може бути лише з роси, яка стікатиме в нічний час по стеблах в прикореневі ділянки, чим розчинятиме внесені в цій же зоні добрива і одразу доставлятиме до коренів. В умовах надмірного зволоження також дана методика має переваги. Точне розміщення добрив в основі рослини мінімізує втрату азоту через вимивання. Наприклад, у вологих умовах азот внесений традиційними методами може бути промитий дощами в нижчі шари ґрунту чи змитий з поля, тоді як Y-DROP забезпечує його концентрацію в зоні, доступній для коренів. Це особливо цінно в регіонах із нестабільним кліматом, до якого останні роки можна віднести і Чернігівській, і Сумський регіон та інші. Великим плюсом є використання системи Y-DROP в комплексі з просапними міжрядними культиваторами. Перевага такої агротехніки в тому, що поєднується кілька агроприйомів, а саме боротьба з бур'янами, аерація ґрунту, внесення рідких добрив. І що важливо, при такому внесенні рідкі добрива додатково прикриваються землею від розпушуючих лап самого культиватора, що мінімізує випаровування і втрати поживних елементів добрива в разі високих температур [13].

Перевагою є ще й проста конструкція та обслуговування даної системи. Y-DROP не має рухомих частин, таких як підшипники чи ножі, що характерно для системи з сошниками чи подібними механізмами «вколювання» (injection) добрив в ґрунт. Це зменшує знос, спрощує технічне обслуговування та знижує ризик поломок під час роботи на нерівних полях. Екологічні переваги також має дана система, оскільки завдяки ефективному поглинанню азоту рослинами знижуються його втрати у вигляді парникових газів, зокрема оксиду азоту [14, 15]. В теорії можна додати сюди і зменшення викидів CO₂, оскільки даний комплекс можна агрегувати на широкозахватні агрегати, використання яких пришвидшує процес внесення добрив і не вимагає великих енергетичних затрат. Але дане питання вимагає більш детального вивчення в майбутньому. Система також легко ставиться і знімається з оприскувачів чи культиваторів, що не потребує окремої техніки для цього процесу.

Хоча система Y-DROP має багато переваг, такі як точність внесення добрив та гнучкість у використанні, вона не залишила деяких недоліків. Установлення Y-DROP вимагає значних початкових вкладень. Сама система, а також її інтеграція з оприскувачем може коштувати дорожче, ніж традиційне обладнання для бічного підживлення, таке як coulter-системи. Для невеликих господарств або фермерів із обмеженим бюджетом це може бути суттєвим недоліком. Установка Y-DROP вимагає наявності висококліренсного обприскувача для роботи на пізніших фазах росту культури. Якщо агровиробник не володіє такою технікою, для використання системи необхідно купувати або орендувати її, що збільшує загальні витрати. Для господарства, яке має лише трактори з причіпними низькокліренсними оприскувачами, система може бути менш практичною. Для оптимальної роботи системи

Y-DROP необхідно правильно налаштувати штанги, відповідно до ширини міжряддя та висоти рослин. Це вимагає часу та певного рівня підготовки операторів. Для фермерів, які звикли до простих методів (наприклад, розкидання добрив), перехід на Y-DROP може бути складним на початковому етапі. Також процес внесення вимагає точних рухів по рядках для точнішого розподілення добрива, щоб воно не потрапляло на рослини. Запізнення із строками внесення добрив за цією системою може приводити до пошкодження рослин кукурудзу ходовими системами до 3%, тому важливо моніторити прогноз погоди та заплановане внесення згідно фази рослини (рис. 2).



*Рис. 2. Налаштування системи внесення КАС у пізні фази розвитку кукурудзи
(фото автора Адамчика Є.В.)*

Саме в точному землеробстві [16, 17] більше використовується дана система в Америці та Канаді і впроваджується в Україні, хоча економічна криза, логістичні проблеми, спричинені військовою агресією, дещо сповільнили можливості купівлі нового обладнання та удосконалення внесення рідких добрив. Моніторинг внесення контролюється сучасними програмами та супутниковими знімками [18]. При цьому агрохімічний аналіз ґрунту є дуже важливий при плануванні внесення добрив і тим більше при дрібному внесенні азоту.

Висновки і перспективи. Система Y-DROP представляє собою крок вперед у точному землеробстві, пропонуючи фермерам інструмент для підвищення врожайності та оптимізації ресурсів. Y-DROP працює за принципом «правильний час, правильне місце, правильна кількість», що робить її цінним інструментом для сучасного точного землеробства, а також точне розміщення добрив в основі рослини мінімізує втрату азоту через випаровування, вимивання чи денітрифікацію. Недоліки системи Y-DROP пов'язані переважно з її вартістю, вимогами до техніки та залежністю від зовнішніх умов. Для фермерів із наявними ресурсами та відповідними полями вона залишається вигідним рішенням, але в інших випадках ці обмеження можуть зробити її менш привабливою відносно традиційних методів. Ефективність використання даної системи вимагає більш глибокого і детальнішого вивчення як з агрономічної сторони, так і з економічної чи екологічної. Оскільки в Україні ще не багато господарств практикують дану систему, то зібрано мало точної інформації стосовно її ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Morrow M., Sharma V., Singh R. K., Watson J. A., Maltais-Landry G., Hochmuth R. C. Impact of polymer-coated controlled-release fertilizer on maize growth, production, and soil nitrate in sandy soils. *Agronomy*. 2025. V. 15(2), 455. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15020455>
2. Schilling K. E., Streeter M. T., Slater B., Vogelgesang J., Clair St. M., Martin A. Aquifer lithology affects shallow groundwater quality more than nitrogen fertilizer form and placement method in an Iowa agricultural field. *Agrosyst Geosci Environ*. 2021. V. 4, e20163. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20163>
3. Харченко О. В., Петренко С. В., Собко М. Г., Медвідь С. І., Захарченко Е. А. Ефективність використання елементів живлення сучасними гібридами кукурудзи в посушливих умовах Лісостепу. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. Харків: ННЦ “ІА ім. О.Н. Соколовського”. С. 49-58. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss91-06>
4. Барканов М., Мусієнко С., Захарченко Е. Чи рентабельно вирощувати кукурудзу у воєнний час? *Матеріали конференцій Молодіжної наукової ліги (м. Кременчук, 22 березня 2024 р.)*. С. 92–94.
5. Захарченко Е. А., Адамчик Є. В., Ніколаєнко Б. О. Використання карбамідно-аміачної суміші при вирощуванні кукурудзи. *Features of the development of modern science in the pandemic's era: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the III International Scientific and Theoretical Conference*, December 9, 2022. Berlin, Germany: European Scientific Platform. 2022. С. 68-71. DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-09.12.2022>.
6. Рішення для живлення рослин в правильний час і в правильному місці. Bueling: технології ефективного землеробства. URL: https://bueling.com.ua/category/360-yield-center?utm_source (дата звернення: 23.02.2025)
7. Adotey N., McClure A. T., Yin X., McNeal J. P., Denton A. B. Performance of urea-based enhanced efficiency fertilizers under sidedress nitrogen placement methods. *Agronomy*. 2024. V. 14(12), 2820. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14122820>
8. Fawcett J., Weaver A., Rogers J., Schneider C., Mitchell T., Beedle C., Rossiter L.T., Michel J. On-farm corn and soybean fertilizer demonstration trials. *Iowa State University Research and Demonstration Farms Progress Reports*, 2017(1). P. 59-63. URL: <https://iastatedigitalpress.com/farmreports/article/id/1013/> (дата звернення: 20.03.2025).
9. Abimbola O. P., Franz T. E., Rudnick D., Heeren D., Yang H., Wolf A., Katimbo A., Nakabuye H. N., Amori A. Improving crop modeling to better simulate maize yield variability under different irrigation management. *Agricultural Water Management*. 2022. V. 262, 107429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107429>
10. Foxhoven S. W., Below F. E., Seebauer J. S. Banded fertility: music for higher corn yields. *Proceedings of 51 annual North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference*. 17-18 November 2021, Des Moines, Iowa. P. 54-58. URL: https://northcentralfertility.com/files/51st_NCSFC_Proceedings_FINAL.pdf (дата звернення: 28.02.2025).
11. Хрунь М. Оптимізація живлення культур: точне внесення азоту за допомогою 360 Y-DROP®. 16 Листопада, 2021. <https://www.growhow.in.ua/optymizatsiia-zhyvlennia-kultur-tochne-vnesennia-azotu-za-dopomohoiu-360-y-drop/> (дата звернення: 21.02.2025)
12. Silva G. Applying N to tall corn: Experimenting with the Y-drop system. Michigan State University Extension. August 13, 2015. URL: https://www.canr.msu.edu/news/applying_n_to_tall_corn_experimenting_with_the_y_drop_system (дата звернення: 27.02.2025)
13. Міжрядний обробіток ґрунту з одночасним підживленням за допомогою обладнання 360 Y-DROP® та KASSMOS. URL: <https://www.growhow.in.ua/agroterra/> (дата звернення: 27.02.2025)

14. Schwartz S. A., Below F. Maize yield increased by optimal timing and placement of enhanced-N fertilizer. *Proceedings of 51 annual North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference*. 17-18 November 2021, Des Moines, Iowa. P. 99-104. (дата звернення: 28.02.2025). URL: https://northcentralfertility.com/files/51st_NCSFC_Proceedings_FINAL.pdf
 15. Purucker T. S., Steinke K. Comparing nitrogen timing and side dressing placement strategies on corn growth and yield in Michigan. *Crop, Forage & Turfgrass Mgmt.* 2020. V. 6: e20033. DOI: <https://doi.org/10.1002/cft2.20033>
 16. Griesheim K., Mulvaney R., Smith T., Hertzberger A. J. Isotopic evaluation of in-season Y Drop applications for corn production. *Soil Science Society of America Journal*. 2023. V. 87. P. 260–277. DOI: <https://doi.org/10.1002/saj2.20488>
 17. Mitchell S., Weersink A., Erickson B. Adoption of precision agriculture technologies in Ontario crop production. *Can. J. Plant Sci.* 2018. V. 98. P. 1384–1388. DOI: <https://doi.org/dx.doi.org/10.1139/cjps-2017-0342>
 18. Pasichnyk N., Shvorov S., Gunchenko Y., Miroshkin O., Zakharchenko E., Opryshko O. Prospects for satellite spectral monitoring for automation of processes for assessing agricultural soil use. *ISIT 2021: II International Scientific and Practical Conference «Intellectual Systems and Information Technologies»*. September 13–19, 2021, Odesa, Ukraine. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3126/paper48.pdf> (дата звернення: 28.02.2025).
-