

and modern biotechnology in production of alternatives fuels]. Kyiv: Agrar Media Grup [in Ukrainian]

5. Kolodko T. G., Gubenko V. I. Potencial vyrobnyctva biopalyva v Ukraini. URL : <https://www.nbu.gov.ua>.

6. Kuptsov, N. S., Popov E. G. (2015). Energoplan-tatsii. Spravochnoe posobie po ispolzovaniyu energet-icheskikh rasteniy [Energy Plantation. Reference manual on the use of energy plants]. Minsk : Konfido. [in Russian].

7. Ivanyshyn, V., Nedilska, U., Khomina, V., Kly-mysnena, R., Hryhoriev, V., Ovcharuk, O., Hutsol, T., ... Dziedzic, K. (2018). *Prospects of Growing Miscanthus*

as Alternative Source of Biofuel. In Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, pp. 801-812. DOI 10.1007/978-3-319-72371-6_78.

8. Humentyk M. Ya. (2011). Germination ability of mis-canthus depending on variations of rhizomes planting depth. *Nauk. Praci inst. bioenergy. kul't, cukrov. burâkiv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 12, 55-61. [in Ukrainian].

9. Kvak V. M. (2012). Influence of rhizome planting time and the depth of placement on its field germination. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beet], 6, 15-17. [in Ukrainian].

УДК 633.15:632.954.631.8

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.15>

ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЮВАЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ КУКУРУДЗИ З ВИКОРИСТАННЯМ РІДКИХ І ТВЕРДИХ ФОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

ОНОПРИЄНКО Д.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1703-0479
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. У технології виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях велике значення має система вдобрення, тому що ця культура характеризується довготривалим періодом вегетації і споживанням великої кількості поживних речовин. Правильне поєднання вдобрення і поливів є одним із найважливіших факторів інтенсифікації виробництва кукурудзи в зонах зрошуваного землеробства.

За результатами проведених досліджень у 2016–2018 рр. в умовах північного Степу України встановлено високу ефективність удобрювального зрошення (фертигація) рідкими і твердими мінеральними добривами на чорноземах звичайних під час виробництва зерна кукурудзи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливість та актуальність проблеми забезпечення вологою і поживними речовинами посівів кукурудзи і ступінь їх впливу на величину врожайності і якості зерна не викликає сумнівів.

Правильно використовуючи мінеральні добрива, можна забезпечити збалансоване живлення рослин, не допускати дефіциту або надлишку елементів живлення, досягти не тільки високої продуктивності, а й поліпшення якісних показників [1].

Зважаючи на кількість наукових публікацій, головна роль у процесі розробки наукових основ живлення кукурудзи в умовах зрошення належить саме азоту (N) [2]. Велике значення при цьому приділяють з'ясуванню впливу живлення і зволоження на розвиток рослин і формування врожаю [3].

Традиційна технологія внесення мінеральних добрив у зрошуваному землеробстві була механічно перенесена з неполивного землеробства, де за допомогою причіпних або навісних відцентрових розкидачів добрива розподіляють поверхнею поля

з подальшим загортанням у ґрунт за допомогою оранки, культивації, або боронування [4; 5].

Нерівномірність унесення добрив (навіть із непорушеними властивостями) деякими розкидачами досягала 30%, що викликало значні недобори врожаю [6]. У Німеччині задовільним вважають відхилення від норми не більше 10%, а максимальне – не більше 20% [7].

Нерівномірне розкидання поверхнею ґрунту, особливо надмірної кількості добрив, призводять до нерационального використання, негативних наслідків не тільки для рослин, а і для ґрунту (надлишок поживних речовин в одних і відсутність в інших місцях, нітратне забруднення тощо), які часто не вдається виправити [8; 9].

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» [10]. Внесення добрив одночасно з поливом створює можливість оптимізації постачання рослин вологою і легкодоступними формами поживних речовин протягом усього вегетаційного періоду. Фертигація докорінно вирішує проблему рівномірного розподілу на площі добрив в активному шарі ґрунту до рівня рівномірності розподілу поливної води, що оцінюється коефіцієнтом варіації не вище 20% [8]. Крім цього, важливою перевагою цього способу є можливість подання поживних речовин із добрив невеликими дозами протягом вегетаційного періоду, коли рослини його найбільше потребують, без пошкодження листя (як механічно, так і через хімічні опіки) [11].

Короткий огляд наукових публікацій і результати проведених нами раніше досліджень переконують

у тому, що фертигація за програмування врожаїв зерна кукурудзи стає одним із головних факторів підвищення ефективності використання поливної води, добрив, зрошуваних земель і дощувальної техніки [10]. На сучасному етапі розвитку поливного землеробства необхідно впроваджувати новітні ефективні агротехнології, які передбачають зниження доз мінеральних добрив та підвищення їх окупності в 1,5–2 рази за рахунок оптимізації строків і способів внесення [6].

Мета статті – вивчити вплив різних способів внесення твердих і рідких мінеральних добрив на ефективність агротехнології виробництва зерна кукурудзи в умовах зрошення північного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліді з вивчення впливу різних способів внесення мінеральних добрив на врожайність зерна кукурудзи проводили на полях у селянському фермерському господарстві «AIST» Синельниківського району Дніпропетровської області протягом 2016–2018 років.

На дослідних ділянках вивчали чорноземи звичайні малогумусні важкосуглинкові з такими основними характеристиками, як об'ємна маса шару ґрунту 0–70 см складає 1,96 г/см³, найменша вологоємність (НВ) – 24,1%, діапазон активної вологи в гумусованій частині профілю ґрунтів складає 25,79–30,41%, запаси продуктивної вологи в шарі 0–50 та 0–70 см відповідно – 2420 та 3550 м³/га (за найменшої вологоємності ґрунту). Потужність гумусованого шару становить 70–75 см, а вміст органічної речовини в орному шарі ґрунту за Тюрнімом – 2,6–3,0%. Нітратного азоту N-NO₃ (за Кравковим) в 1 кг сухого ґрунту містилось 8,2–20,6, рухомого фосфору P₂O₅ (за Чириковим) – 134–145, обмінного калію K₂O (за Чириковим) – 175–188 мг/кг ґрунту. Підґрунтові води залягають на глибині більше 15 м. Загальна площа поля 120 га, посівна площа дослідних ділянок 16,2 га, облікова площа 12,5 га, повторність – чотириразова.

Погодні умови за роки досліджень були сприятливими для вирощування кукурудзи в умовах зрошення. За вегетаційний період (травень–вересень) 2016 року випало 373 мм дощів, у 2017 р. – 177 мм, а у 2018 році – 157 мм.

У дослідях висівали середньостиглий гібрид кукурудзи ДКС 4351 (ФАО 350) густотою 80 тис. рослин на гектарі. Вивчали норми мінеральних добрив, розраховані для одержання врожаю зерна 12 т/га. Передбачали також варіант без добрив і без поливу. Технологія вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для цієї культури в зоні північного Степу України. Поливи проводили широкозахватною дощувальною машиною фронтальної дії виробництва фірми Reinke (USA, Sistem Serial No: 1212-54432-2065/2060 MAXI). Ширина поливу машиною – 375,2 м із витратою води 113 л/с. Розчин мінеральних добрив дозували в поливну воду спеціальним гідропідживлювачем фірми MILTON ROY (USA, Manual No: 53873) з максимальною продуктивністю 110 галонів за годину, або 416 літрів. Поливний режим передбачав підтримання вологості ґрунту в активному шарі не нижче 70–80% НВ. Зро-

шувальна норма становила у 2016 р. – 2100 м³/га, у 2017 р. – 2400, а у 2018 р. – 2500 м³/га.

Із твердих мінеральних добрив застосовували сечовину (карбамід), амофос і калійні добрива (компанія Kalium Makosh, Польща). Із рідких азотних добрив використовували КАС-32. Амофос вносили у розрахункових дозах на ділянках під оранку восени, азотні – відповідно до програми досліджень під культивування і з поливною водою, а калійні добрива – під культивування навесні.

Дози мінеральних добрив для одержання запланованого врожаю зерна кукурудзи 12 т/га обчислювали балансовим методом з урахуванням вмісту основних елементів живлення в орному шарі ґрунту. Розрахункові дози становили N₂₀₀P₉₀K₆₀.

На всіх варіантах дослідів щороку у фазу 3–4 листків вносили добрива «Паверфол Цинкат» оприскувачем дозою 150 мл на 100 л води для попередження хлорозу і коригування дефіциту цинку в рослинах. У фазу 9–10 листків вносили гербіцид «Елюміс 105 ОД» оприскувачем нормою 1,7 л/га для захисту посівів від однорічних та багаторічних злакових та дводольних бур'янів. У фазу викидання волотей вносили інсектицид «Кораген Du Pont» самохідним оприскувачем нормою 150 мл/га для контролю кукурудзяного стеблового метелика.

Із метою вивчення ефективності внесення твердих і рідких форм мінеральних добрив із поливною водою (порівняно з традиційним розкидним способом) і визначення оптимальних параметрів фертигації під час вирощування кукурудзи на зерно були розроблені різні варіанти.

Технологічні схеми внесення мінеральних добрив були такими:

I – під культивування перед сівбою (карбамід) врозкид повною нормою N₂₀₀ і під осінню оранку (амофос) нормою P₉₀ під час зрошення;

II – під культивування перед сівбою (КАС-32) нормою N₂₀₀ самохідним оприскувачем і під осінню оранку (амофос) нормою P₉₀ під час зрошення;

III – роздрібно з поливною водою повною нормою N₂₀₀ (карбамід) під час проведення вегетаційних поливів (фертигація);

IV – роздрібно з поливною водою повною нормою N₂₀₀ (КАС-32) під час проведення вегетаційних поливів (фертигація).

Також у дослідях передбачали контрольний варіант без добрив. За всіма наведеними технологічними схемами рідкі калійні добрива нормою K₆₀ вносили самохідним оприскувачем під передпосівну культивування.

Результати досліджень. У таблиці 1 наведені дані з визначення вмісту нітратів (NO₃⁻) у 0–60-сантиметровому шарі ґрунту залежно від способів внесення азотних добрив під час програмування врожаю на 12 т/га зерна кукурудзи. Наведені дані вказують на те, що вміст азоту, який відіграє важливу роль у продуктивності рослин в умовах зрошення, залежить від способів та строків внесення добрив (табл. 1). Під час розкидання карбаміду поверхню ґрунту навесні перед культивуванням нітрати мігрують із кореневого шару, тому він поступово збіднюється. До періоду інтенсивної потреби рослин кукурудзи в

азоту (10–12 листків) нітратів у ґрунті було менше, ніж у період 5–6 листків, на 15,3%, а у фазі молочної стиглості зерна – на 50,3%. Під час внесення розчину КАС-32 оприскувачем на поверхню ґрунту відмічали зменшення його в ґрунті від фази 5–6 листків до молочної стиглості зерна, що свідчить про 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 19,6%, а у фазі молочної стиглості зерна – на 37,7%. У варіанті без добрив спостерігали таку ж саму тенденцію до зменшення нітратного азоту в ґрунті (на 29,8% та 50,8%, відповідно).

Таблиця 1 – Вміст нітратів у ґрунті залежно від способів внесення азотних добрив (середнє за 2016–2018 рр.), мг/кг ґрунту

Спосіб внесення мінеральних добрив	Фаза розвитку кукурудзи		
	5-6 листків	10-12 листків	молочна стиглість зерна
1 – норма N_{200} карбамід врозкид на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	30,8	26,1	15,3
2 – норма N_{200} карбамід роздрібно з поливною водою	20,5	25,8	23,8
3 – норма N_{200} КАС-32 оприскувачем на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	31,6	25,4	19,1
4 – норма N_{200} КАС-32 роздрібно з поливною водою	23,3	26,3	24,7
Без добрив (контроль)	8,2	5,76	4,04

Способи і строки внесення азотних добрив (карбамід і КАС-32) з поливною водою значно впливали на поживний режим ґрунту. Сприятливі умови зволоження і температура повітря значно поліпшували азотний режим ґрунту за рахунок добрив і підвищення нітрифікаційної здатності. Відмічена максимальна кількість мінерального азоту в ґрунті на початку вегетації під час внесення туків під культивуацію, що говорить про підвищення енергії нітрифікації.

Це зумовлювалось інтенсивним зростанням нітрифікаційних процесів у ґрунті за рахунок створення оптимальних умов (вологість ґрунту була не нижче 70–80% НВ, температура повітря протягом вегетації 20–25° С, добра аерація) і низьким споживанням NO_3^- рослинами кукурудзи на початку вегетації. Водночас під час застосування добрив

дозою N_{200} разом із 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 врожай. Внесення мінеральних добрив КАС-32 з поливною водою роздрібно під час вегетаційних поливів забезпечувало максимальну кількість нітратного азоту у фазу молочної стиглості зерна (24,7 мг/кг ґрунту, табл. 1). У фазі повної стиглості зерна кукурудзи як за удобрювального зрощення, так і без добрив кількість мінерального азоту в ґрунті виявилась майже однаковою.

На всіх удобрених фонах кількість продуктивних качанів кукурудзи виявилась майже однаковою, але абсолютна маса зернин у них відрізнялася (табл. 2). Значно більшою вона була за внесення мінеральних добрив разом із поливною водою.

Таблиця 2 – Продуктивність гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від способів внесення мінеральних добрив (середнє за три роки)

Спосіб внесення мінеральних добрив	Кількість продуктивних качанів на 100 рослин	Маса одного качана, г	Вихід зерна, %	Маса 1000 зернин, г
Без добрив (контроль)	97	161	80	268,3
норма N_{200} карбамід врозкид на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	101	202	87	332,1
норма N_{200} КАС-32 оприскувачем на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	101	203	88	334,0
норма N_{200} карбамід роздрібно з поливною водою	101	236	87	370,1
норма N_{200} КАС-32 роздрібно з поливною водою	101	238	89	366,1

Результати обліку врожаю показали, що маса 1000 зернин була максимальною (370,1 г) під час унесення карбаміду дозою N_{200} роздрібно разом із поливною водою (фертигація), а мінімальною вона була на ділянках, де добрива не застосовували (268,3 г).

Були встановлені відмінності в середній масі качана (табл. 2). Найбільша маса качана (238 г) відмічена під час унесення КАС-32 дозою N_{200} роздрібно разом із поливною водою, а мінімальною вона була на ділянках без добрив (161 г).

Порівняно з традиційною технологією внесення мінеральних добрив поверхнево в розкид або оприскувачем за фертигації з карбамідом збільшувалась маса одного качана на 34 г, а за фертигації з КАС-32 – на 35 г.

Внесення КАС-32 роздрібно з поливною водою порівняно з одноразовим внесенням оприскувачем збільшувало вихід зерна на 1%, а за різних способів внесення карбаміду вихід зерна не змінювався.

Фертигація карбамідом і КАС-32 створювала сприятливі умови для росту і розвитку рослин кукурудзи. Її позитивний вплив відмічали на збільшенні маси 1000 зернин, середньої маси качанів і виході зерна.

Наведені в таблиці 3 дані однозначно вказують на те, що фактична врожайність зерна гібрида кукурудзи ДКС 4351 за внесення мінеральних добрив з поливною водою була вищою, ніж за традиційної технології їх внесення.

Таблиця 3 – Вплив способів внесення мінеральних добрив на урожайність зерна гібрида кукурудзи ДКС 4351, т/га

Спосіб внесення мінеральних добрив	2016 р.	2017 р.	2018 р.	Середнє за три роки
Без добрив (контроль)	4,8	5,2	5,7	5,3
норма N ₂₀₀ карбамід врозкид на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	12,3	12,4	12,7	12,4
норма N ₂₀₀ КАС-32 оприскувачем на поверхні ґрунту під культивуацію навесні	12,4	12,5	12,7	12,5
норма N ₂₀₀ карбамід роздрібно з поливною водою	12,8	12,9	13,0	12,9
норма N ₂₀₀ КАС-32 роздрібно з поливною водою	12,8	12,7	12,8	12,7

NIP₀₅ для способів і термінів внесення добрив – 0,24 т/га

Максимальну врожайність зерна кукурудзи (в середньому за три роки) одержали за внесення карбаміду нормою N₂₀₀ з поливною водою під час вегетаційних поливів – 12,9 т/га, а за внесення КАС-32 нормою N₂₀₀ з поливною водою під час вегетаційних поливів урожайність зерна була меншою всього на 0,2 т/га (табл. 3).

Під час оцінювання будь-якого технологічного заходу важливо враховувати його вплив не тільки на величину врожаю, а і на його споживчі якості. Під час зрошення разом зі збільшенням урожаїв часто спостерігається погіршення якості зерна, а саме

зменшення білка. У таблиці 4 наводяться результати визначення білка, жирів, крохмалю і клітковини, які показали, що під час внесення різними способами розрахункових доз мінеральних добрив уміст білка у зерні кукурудзи зростав, але суттєво не впливав на вміст крохмалю, жиру і клітковини в зерні. Під час фертигації карбамідом уміст білка в зерні зростав на 0,54% порівняно з варіантом, де його вносили врозкид поверхнево, а фертигація КАС-32 забезпечила зростання білка в зерні на 0,12% порівняно з варіантом, де його вносили оприскувачем одноразово.

Таблиця 4 – Якість зерна гібрида кукурудзи ДКС 4351 залежно від способів внесення азотних добрив (середнє за 2016–2018 рр.)

Спосіб внесення азотних добрив і доза	Вміст у зерні, %			
	сирий білок	жир	крохмаль	клітковина
Без добрив (контроль)	7,11	3,28	61,8	2,9
норма N ₂₀₀ карбамід врозкид під культивуацію навесні	7,61	3,52	62,9	2,9
норма N ₂₀₀ КАС-32 оприскувачем під культивуацію навесні	7,83	3,58	62,7	2,9
норма N ₂₀₀ карбамід роздрібно з поливною водою	8,15	3,12	63,1	3,0
норма N ₂₀₀ КАС-32 роздрібно з поливною водою	7,95	3,47	63,2	3,0

Висновки. За результатами проведених трирічних досліджень встановлено високу ефективність удобрювального зрошення (фертигація) на чорноземах звичайних під час виробництва зерна гібрида кукурудзи ДКС 4351 взамін традиційним способом унесення мінеральних добрив.

Доведено, що внесення мінеральних добрив вроздріб із поливною водою (фертигація) покращувало поживний режим чорнозему звичайного. Під час розкидання карбаміду на поверхні ґрунту навесні

перед культивуацією і внесенні розчину КАС-32 обприскувачем на поверхні ґрунту одноразово нітрати мігрують із кореневого шару і він поступово збіднюється. У фазі молочної стиглості зерна вміст нітратів у ґрунті під час унесення карбаміду з поливною водою був вищим на 64,3%, а за внесення розчину КАС-32 з поливною водою – вищим на 77,3% порівняно з традиційним способом їх унесення.

Установлено, що за фертигації (порівняно з традиційною технологією внесення карбаміду) збіль-

шувалась маса одного качана на 34 г, а за фертигації з КАС-32 – на 35 г, абсолютна маса зернин у качані, а також вихід зерна кукурудзи. За фертигації карбамідом і КАС-32 відмічена тенденція до зростання білка в зерні кукурудзи. Роздільне внесення з поливною водою цих добрив сприяло також зростанню кількості білка з одиниці площі.

Максимальну врожайність зерна кукурудзи за три роки досліджень одержали за внесення карбаміду нормою N_{200} із поливною водою під час вегетаційних поливів (12,9 т/га), а за внесення КАС-32 тією ж нормою з поливною водою врожайність зерна була дещо меншою і становила 12,7 т/га, тобто приріст урожаю порівняно з контролем становив 7,4–7,6 т/га. На ділянках, де добрива не вносили (контроль), врожайність зерна становила всього 5,3 т/га.

Результати досліджень свідчать про те, що поєднання поливів із внесенням мінеральних добрив (фертигація) є ефективним шляхом заощадження енергетичних і матеріальних ресурсів, підвищення врожайності і якості врожаю зерна кукурудзи, охорони ґрунту від деградації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Barlog P., Frckowiak-Pawlak K. Effect of Mineral Fertilization on Yield of Maize Cultivars Differing in Maturity Scale. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 2008. № 7. P. 5–17.
2. Jingjing Li, Wenjing Zang, Yaojun Li, Derek Heeren, Haijun Yan. Comparison of nitrogen fertigation management strategies for center-pivot irrigated maize in the subhumid area of China. *ASABE Annual International Meeting*, Paper No. 1801036, 2018, Detroit, Mich. 9 p. Doi: 10.13031/aim.201801036
3. Lamm F.R., Schlergel A.J., Clark G.A. Development of a best management practice for nitrogen fertigation of corn using SDI. *Applied engineering in agriculture*. American society of agricultural engineers. 2004. Vol. 20. P. 211–220.
4. Selbie D.R., Buckthought L.E., Shepherd M.A. The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Advances in Agronomy*. 2015. Vol. 129. P. 229–292.
5. Anna Biau, Francisca Santiveri, Iker Mijangos, Jaime Lloveras. The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions. *European Journal of Soil Biology*. 2012. Vol. 53. P. 56–61. doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.08.008
6. Ківер В.Х., Онопрієнко Д.М. Енергозаощадлива агротехнологія виробництва зерна кукурудзи на зрошуваних землях. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 4. с. 74–81. doi: 10.31073/agrovisnyk.201904-11
7. Scherer H.W. *Fertilizers and fertilization*. Elsevier Ltd. 2005. P. 20–26.
8. Mohammad Esmaeil Asadi, Roberto Clemente, Ashim Das Gupta, Rainer Loof, Gunner K. Hansen. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. *Agricultural Water Management*. 2002. Vol. 52(3). P. 197–213. doi: 10.1016/S0378-3774(01)00136-6
9. Vozhehova R.A., Maliarchuk M.P., Biliaieva I.M., Markovska O.Y., Maliarchuk A.S., Tomnytskyi A.V., Lykhovyd P.V., Kozyrev V.V. The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27, 125–130.
10. Onopriienko D., Kharytonov M. (2019). The effects of irrigation and nitrogen application rates on yield and quality of corn in the Steppe zone of Ukraine. *Agriculture & Forestry*, 65, 157–164.
11. King B.A., Wall R.W., Karsky T.F. (2009). Center-pivot irrigation for independent site-specific management of water and chemical application. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, 187–198.

REFERENCES:

1. Barlog P., Frckowiak-Pawlak K. (2008). Effect of Mineral Fertilization on Yield of Maize Cultivars Differing in Maturity Scale. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, № 7, 5–17.
2. Jingjing Li, Wenjing Zang, Yaojun Li, Derek Heeren, Haijun Yan. (2018). Comparison of nitrogen fertigation management strategies for center-pivot irrigated maize in the subhumid area of China. *ASABE Annual International Meeting*.
3. Lamm F.R., Schlergel A.J., Clark G.A. (2004). Development of a best management practice for nitrogen fertigation of corn using SDI. *Applied engineering in agriculture*. American society of agricultural engineers, 20, 211–220.
4. Selbie D.R., Buckthought L.E., Shepherd M.A. (2015). The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Advances in Agronomy*, 129, 229–292.
5. Anna Biau, Francisca Santiveri, Iker Mijangos, Jaime Lloveras. (2012). The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions. *European Journal of Soil Biology*, 53, 56–61.
6. Kiver V.Kh., Onopriienko D.M. (2019) Enerhozaoschadlyva ahrotekhnolohiia vyrobnytstva zerna kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh [Energy-saving agrotechnology of corn grain production on irrigated lands]. *Bulletin of Agricultural Science*, № 4, 74–81 [in Ukraine].
7. Scherer H. W. (2005). *Fertilizers and fertilization*. Elsevier Ltd, 20–26.
8. Mohammad Esmaeil Asadi, Roberto Clemente, Ashim Das Gupta, Rainer Loof, Gunner K. Hansen. (2002). Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. *Agricultural Water Management*, 52, 197–213.
9. Vozhehova R. A., Maliarchuk M. P., Biliaieva I. M., Markovska O. Y., Maliarchuk A. S., Tomnytskyi A. V., Lykhovyd P. V., Kozyrev V. V. (2019). The effect of tillage system and fertilization on corn yield and water use efficiency in irrigated conditions of the South of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27, 125–130.
10. Onopriienko D., Kharytonov M. (2019). The effects of irrigation and nitrogen application rates on yield and quality of corn in the Steppe zone of Ukraine. *Agriculture & Forestry*, 65, 157–164.
11. King B. A., Wall R. W., Karsky T. F. (2009). Center-pivot irrigation for independent site-specific management of water and chemical application. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, 187–198.