

ДИНАМІКА ВМІСТУ АЗОТУ У ҐРУНТІ ЗАЛЕЖНО ВІД ФОРМ АЗОТНИХ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

КОРОТКОВА І.В. – кандидат хімічних наук, доцент

orcid.org/0000-0003-0577-9634

Полтавський державний аграрний університет

ЛЯХНО А.Ю. – здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії

orcid.org/0009-0003-5567-5777

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Азот (N) є найбільш важливим макроелементом для росту та розвитку кукурудзи, ніж фосфор (P) і калій (K), і хоча азот є одним із найпоширеніших елементів на землі, його дефіцит може бути найпоширенішою проблемою поживних речовин. Азот є основним компонентом амінокислот, які функціонують як структурні блоки білків (16–17 %). Головну роль, яку він відіграє в усіх рослинах, є компонентом хлорофілу, зеленого пігменту рослин, який необхідний для фотосинтезу [1].

Забезпечення рослин необхідним обсягом азоту допомагає кукурудзі досягти свого генетичного потенціалу врожайності та покращити поживну якість [2]. Дослідження [3] свідчать, що продуктивність кукурудзи на 26 % залежить від наявності азоту, а на 27 % – від погодних умов. При цьому, за сприятливих погодних умов фактори погоди й азотного живлення об'єднуються, що забезпечує понад 50 % загального врожаю. Однак, у посушливі роки погодні умови значно обмежують позитивну реакцію кукурудзи на застосування азоту.

У ґрунті азот існує в трьох формах: органічний N, іони амонію (NH_4^+) і нітрат-іони (NO_3^-). Органічний азот міститься в органічній речовині ґрунту, рослинних залишках і мікробному співтоваристві в ґрунті. Хоча органічний азот може становити більшу частину азоту в ґрунті, він недоступний для рослин, доки він не буде перетворений мікроорганізмами за допомогою процесу, який називається мінералізацією. Мінералізація – це процес, в якому органічний азот перетворюється на іони амонію або нітрату, які можуть поглинатися рослиною. Під час вегетації амоній швидко перетворюється на нітрат, що називається нітрифікацією. Нітрат є основною формою азоту, що поглинається рослиною [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вдосконалення системи удобрення кукурудзи азотом може забезпечити максимальну ефективність його використання з добрив, мінімізуючи при цьому навантаження на довкілля [5, 6]. Удосконалені практики управління в системах сільськогосподарського виробництва є основоположними для оптимізації врожайності, мінімізації втрат азоту та підвищення ефективності його поглинання. Це включає синхронізацію подачі азотних добрив із потребою культур в азоті за допомогою відповідного часу, норми та методу внесення [7, 8]. Ефективність цих методів управління вимагає точної оцінки норми азотного добрива, що забезпечує найвищу

врожайність, за якої виробник також може досягти оптимальної економічної віддачі, широко відомої як економічно оптимальна норма азоту [9].

Ефективність застосування азоту рослинами залежить від їх здатності поглинати його з ґрунту, засвоюючи нітрати амонію та перетворений мікробіотою органічний азот [10]. Норма внесення мінерального азоту визначається згідно з запланованим урожаєм і приблизно на 1 т зерна становить N 15 для родючих ґрунтів та N 20 для бідніших ґрунтів. Для кращого засвоєння кожні 10 кг азоту мають бути збалансовані 1 кг сірки [11]. Також на засвоєння азоту впливають генетичні особливості сортів і гібридів кукурудзи. Так, інтенсивні гібриди мають позитивну реакцію на збільшений азотний фонд живлення. Тоді як пластичні генотипи кукурудзи на низьких фонах азоту та ґрунтах із низькою родючістю формують задовільну продуктивність [12, 13]. Таким чином, визначення вмісту азоту в ґрунті залежно від системи удобрення при вирощуванні кукурудзи є достатньо актуальним.

Метою дослідження було визначити вплив різних систем удобрення на вміст азоту в ґрунті при вирощуванні кукурудзи в умовах Полтавської області. Для досягнення мети дослідження було вирішено наступні завдання:

1. Дослідити вміст азоту в ґрунті за різної глибини до удобрення азотними добривами та після.
2. Встановити вплив внесених добрив на вміст азоту в ґрунті за дослідних глибин.
3. Визначити найбільш ефективну систему удобрення щодо впливу на азот в ґрунті в існуючих умовах.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження закладено у 2023 р. у польових умовах ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» (с. Гоголеве, Шишацький район Полтавської області). Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний та сильно реградований, що містить: азоту (N) – 130,2 мг/кг, фосфору (P) – 144,0 мг/кг, калію (K) – 136,3 мг/кг.

12 листопада 2023 року на дослідному полі, площею 82,73 га, після збору цукрового буряка (гібрид Концертіна компанії ТОВ «КВС Україна») проведено рихлення ґрунту на глибину 26 см трактором Case IH 600 Steiger з глибокорозпушувачем Wil-RichSoilpro SP 513 7-24, шириною захвату 4,27 м.

На дослідному полі після основного обробітку ґрунту проведено вирівнювання трактором John Deere 8295 R з агрегатом БШЗ-21. Відокремлено чотири ділянки, площею по 7 га, та взято аналізи проб ґрунту на вміст

азоту на глибинах 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см з кожної ділянки, повторність – трикратна.

18 листопада 2023 року закладено досліди:

I ділянка – оприскувачем John Deere 4730 внесено КАС-32 (200 кг/га);

II ділянка – розкидачем мінеральних добрив Amazone ZG-TS 7501 з трактором John Deere 8295R внесено карбамід (150 кг/га);

III ділянка – агрегатом Case IH Nutri-Placer 930 з трактором Case IH 600 Steiger внесено безводний аміак (85 кг/га);

IV ділянка – без внесення добрив (контроль).

В той же день на вищевказаних дослідних ділянках проведено культивування ґрунту трактором John Deere 8295R з культиватором Wil-Rich Quad-X3 шириною захвату 11,2 м на глибину 12 см із заробкою добрив. Повторно взято аналізи проб ґрунту на вміст азоту на глибинах 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см з кожної ділянки, повторність – трикратна.

Результати досліджень. Відомо, що внесення добрив на поля для вирощування культур є важливою складовою сільськогосподарського процесу. Однак, для забезпечення максимальної ефективності використання ресурсів й отримання максимального врожаю необхідним є вирішення питання про систему удобрення, норму й оптимальний час внесення відповідно до культури та стану ґрунтів [14].

На дослідних ділянках до проведення удобрення вміст азоту у шарі ґрунту 0–20 см в середньому становив 120,5 мг/кг, у шарі 20–40 см – 108,5 мг/кг, 40–60 см – 84,2 мг/кг. Отже, рівень азоту поступово зменшується залежно від глибини горизонту ґрунту: на 10,0 % – для 20–40 см відносно 0–20 см, на 22,4 % – для 40–60 см щодо 20–40 см. Після внесення добрив вміст азоту

в ґрунті в середньому збільшився на 15,0 % (138,6 мг/кг), 12,7 % (122,3 мг/кг) і 11,1 % (93,6 мг/кг) у шарі ґрунту на глибину 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см відповідно.

Також проведені нами досліди на I–III ділянках засвідчили різний вплив внесених добрив (КАС, карбамід і безводний аміак) на вміст азоту в ґрунті за різної глибини. При цьому на IV ділянці (контролі, без внесення добрив) вміст азоту становив 121,0 мг/кг на глибині 0–20 см, 112,5 мг/кг – 20–40 см і 88,2 мг/кг – 40–60 см.

Карбамідо-аміачна суміш (КАС) – єдине азотне добриво, що містить у складі три форми азоту (нітратну, амонійну й амідну), що забезпечує пролонговане живлення рослин необхідним азотом. Окрім того, завдяки відсутності у складі КАС вільного аміаку, не відбувається випаровування під час внесення. Доцільно відмітити, що собівартість азоту в КАС є найбільш низькою, тому що його втрати при внесенні добрива не більше 10 % від загальної кількості азоту, тоді як під час внесення гранульованих азотних добрив – 30–40 %. Вноситься КАС восени (під основний обробіток), навесні (під передпосівний обробіток) і у період вегетації культур [15].

У наших дослідженнях найбільший вплив на вміст азоту визначено на I ділянці за внесення КАС-32 (200 кг/га), що збільшило його вміст на 37,1, 36,5 і 17,4 % у шарах ґрунту, глибиною 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см відповідно (рис. 1).

Карбамід або сечовина є один з найбільш розповсюджених добрив, в якому міститься багато азоту (приблизно 46 %), що використовується рослинами для правильного та швидкого росту. Фахівці радять удобрювати кукурудзу карбамідом або сумішшю карбаміду й аміачної селітри у співвідношенні 1:1 [16]. За використання карбаміду легкі форми азоту вивільнюються

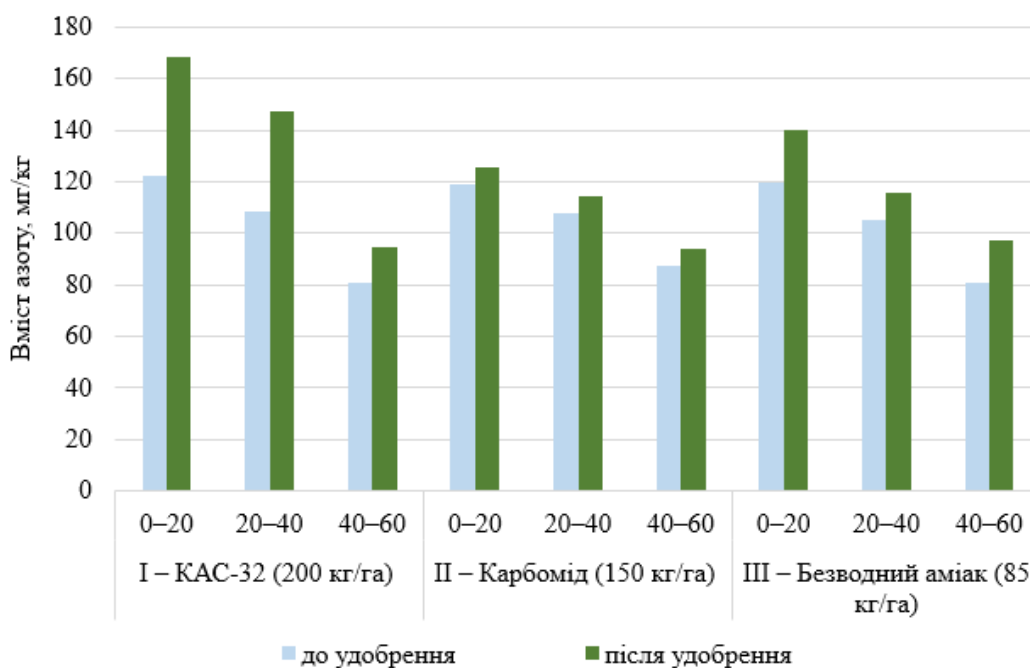


Рис. 1. Зміна вмісту азоту в ґрунті за різних систем удобрення

протягом тривалого часу – 10–14 днів. Рекомендовано вносити карбамід ранньою весною, оптимальний варіант – за тиждень до сівби. Восени його вносити не варто, оскільки існує велика ймовірність його вимивання великою кількістю талої води [17].

Однак після внесення в ґрунт сечовина гідролізується під дією ферменту уреазы, утворюючи аміак (NH_3), який швидко вивітрюється в атмосферу у вигляді газу [18]. Ця втрата може становити понад 60 % застосованого азоту [19], залежно від температури ґрунту та повітря, вологості ґрунту, рН ґрунту, буферної здатності ґрунту, наявності соломи на поверхні ґрунту, джерело азоту та норми внесення азоту [20, 21].

На II дослідній ділянці, де внесено карбамід (150 кг/га), отримано найменший приріст вмісту азоту в ґрунті – 5,5–7,4 %, з найбільшою його зміною у шарі 40–60 см. Незначний вплив карбаміду на вміст азоту пов'язано з тим, що він ще не встиг вивільнитися в ґрунт. Показники вмісту азоту в ґрунті на II ділянці виявилися меншими, за відповідні показники на I ділянці (удобрення КАС-32) на 10,0–31,6 %.

Останнім часом безводний аміак став альтернативою азотним добривам, оскільки вміст азоту в ньому складає 82,2 %. Зазвичай він вводиться в ґрунт перед сівбою у вигляді газу під високим тиском на глибину ґрунту 5–15 см. Після введення безводного аміаку відбуваються фізико-хімічні реакції: розчинення у воді; реакція з ґрунтовою органічною речовиною та глиною; прикріплення іонів амонію на ґрунтовому катіонообмінному комплексі. Зазвичай завдяки цим реакціям обмежується рух аміаку, а вода здійснює найбільший початковий ефект. В місцях введення безводного аміаку фактично виникає короткочасна стерилізація ґрунту, відбувається сповільнення швидкості нітрифікації, а вже через 2 тижні виявляється сильна активність – відбувається збільшення кількості рухомих форм фосфору (P), калію (K) і мікроелементів у ґрунті, що покращує режим живлення рослин [22]. До переваг внесення безводного аміаку відноситься те, що рослина на асиміляцію іону NO_3^- витрачає 20 молекул АТФ, тоді як на асиміляцію іону NH_4^+ – тільки 5 молекул АТФ. Необхідно також відмітити, що одиниця азоту в безводному аміаку є значно дешевшою, ніж у твердих азотних добривах. Додатково всі операції з внесення та транспортування добрив повністю механізовані, що робить їх економічно привабливими [23].

У нашому дослідженні після внесення безводного аміаку (85 кг/га) на III дослідній ділянці максимальне збільшення азоту в ґрунті відбулося на глибині 0–20 см – на 20,5 мг/кг (17,2 %) та на глибині 40–60 см – на 17 мг/кг (21,1 %). Отже, оскільки аміачна форма азоту з часом закріплюється у ґрунті та не вимивається протягом осінньо-зимового періоду, суттєвого збільшення вмісту азоту в ґрунті необхідно очікувати не раніше, ніж через 2 тижні.

Доцільно відзначити, що показники вмісту азоту в ґрунті на III ділянці поступають відповідним показникам на I ділянці на 20,0–25,4 % на глибині 0–20 см і 40–60 см, однак є більшими, ніж на II ділянці на 4,4–13,7 % в залежності від глибини шару ґрунту.

Висновки. Обґрунтовано, що регулювання вмісту азоту в ґрунті для вирощування кукурудзи має ґрунтуватися на властивостях азотних добрив, особливостях сучасних сортів і гібридів культури, початковому вмісту азоту, строках внесення тощо. Дослідження з використання різних азотних добрив (КАС-32, карбамід і безводний аміак), засвідчили їх різний вплив на вміст азоту в ґрунті за різної глибини. Найбільший приріст азоту в ґрунті отримано за внесення КАС-32 (200 кг/га) – на 37,1, 36,5 і 17,4 % на глибині 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см відповідно. Середній приріст вмісту азоту в ґрунті відмічено за внесення безводного аміаку (85 кг/га) на дослідних глибинах: 0–20 см – на 20,5 мг/кг (17,2 %); 20–40 см – 10,6 мг/кг (10,1 %); 40–60 см – на 17 мг/кг (21,1 %). За внесення карбаміду (150 кг/га) отримано найменший приріст вмісту азоту в ґрунті – 5,5–7,4 %, з найбільшою його зміною у шарі 40–60 см. Отже, найбільш ефективним щодо впливу на вміст азоту в ґрунті виявився КАС-32 завдяки його властивостям, тоді як для отримання більшого ефекту від безводного аміаку та карбаміду необхідний більш тривалий період часу (7–14 днів).

Перспективи подальших досліджень передбачають дослідження продуктивності кукурудзи за різних форм удобрення в умовах Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Benefits of nitrogen for corn production. 2023. URL: <https://www.krugerseed.com/en-us/agronomy-library/benefits-of-nitrogen-for-corn-production.html>.
2. Miao Y., Mulla D.J., Robert P.C., Hernandez J.A. Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*. 2006. Vol. 98. P. 129–140.
3. Below F. The seven wonders of the corn yield world. 2018. URL: http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html.
4. Zhang L., Zhang X., Gao Q., Yan Li. Nitrogen application effect on maize yield, NH_3 , and N_2O emissions in Northeast China by meta-analysis. *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (6), 1479. DOI: 10.3390/agronomy13061479
5. Omonode R.A., Halvorson A.D., Gagnon B., Vyn T.J. Achieving lower nitrogen balance and higher nitrogen recovery efficiency reduces nitrous oxide emissions in North America's maize cropping systems. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01080
6. Stasiv O., Olifir Y. Formation of corn productivity in crop rotation depending on long-term fertilization and liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2021. Vol. 358(57)1. P. 29–40. DOI: 10.21005/AAPZ2021.57.1.03
7. Ladha J.K., Pathak H., Krupnik T.J., Six J., van Kessel C. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*. 2005. Vol. 87. P. 85–156. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)87003-8
8. Qiu S.J., He P., Zhao S.C., Li W.J., Xie J.G., Hou Y.P., Grant C.A., Zhou W., Jin J.Y. Impact of nitrogen rate on maize yield and nitrogen use efficiencies in northeast China. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107 (1). P. 305–313. DOI: 10.2134/agronj13.0567

9. Cambouris A.N., Ziadi N., Perron I., Alotaibi K.D., Luce M.St., Tremblay N. Corn yield components response to nitrogen fertilizer as a function of soil texture. *Canadian Journal of Soil Science*. 2016. Vol. 96 (4). DOI: 10.1139/cjss-2015-0134
10. Іванюк В., Гнатів П., Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи й ефективність використання азоту. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агронімія*. 2022. № 26. С. 170–176. DOI: 10.31734/agronomy2022.26.170
11. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур: 3-тє вид., переробл. Львів: Українські технології, 2021. 284 с.
12. Логінова І. Секрети кукурудзяного успіху. *Агроіндустрія*. 2019. № 7. С. 22–32. URL: <https://infoindustria.com.ua/sekreti-kukurudzyanogousipihu>.
13. Куценко О.М., Ляшенко В.В., Чайка Т.О., Кеда Л.Ю. Особливості росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від строку сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 79–88. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.134.12
14. Короткова І.В., Чайка Т.О. Роль гумінових препаратів та їх сумішей з мінеральними добривами в технологіях вирощування пшениці озимої. Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем: колективна монографія; за заг. ред. Т.О. Чайки. Полтава: Астрія, 2022. С. 279–322.
15. Внесення КАС: строки, способи, особливості, розрахунок. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/article/vnesennya-kas-sroki-sposobi-osoblivosti-rozrahunok>.
16. Роль елементів у живленні кукурудзи. 2022. URL: <https://lidea-seeds.com.ua/news/kukurudza/rol-elementiv-u-zhyvlenni-kukurudzy>.
17. Правила застосування сечовини як добрива для рослин. URL: <https://klioma-servise.in.ua/ua/a476279-pravila-primeneniya-mocheviny.html>.
18. Woodley A.L., Drury C.F., Yang X.Y., Phillips L.A., Reynolds D.W., Calder W., Oloya T.O. Ammonia volatilization, nitrous oxide emissions, and corn yields as influenced by nitrogen placement and enhanced efficiency fertilizers. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Vol. 84. P. 1327–1341. DOI: 10.1002/saj2.20079
19. Pan B., Lam S.K., Mosier A., Luo Y., Chen D. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. Vol. 232. P. 283–289. DOI: 10.1016/j.agee.2016.08.019
20. Sunderlage B., Cook R.L. Soil property and fertilizer additive effects on ammonia volatilization from urea. *Soil Science Society of America Journal*. 2018. Vol. 82. P. 253–259. DOI: 10.2136/sssaj2017.05.0151
21. Dick W.A. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Science Society of America Journal*. 1984. Vol. 48. P. 569–574.
22. Bender R.R., Haegerle J.W., Ruffo M.L., Below F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy Journal*. 2013. 105. P. 161–170. DOI: 10.2134/agronj2012.0352
23. Якушко С.І., Іванов М.П. Органічні та мінеральні добрива: переваги та технології виробництва. *Хімічна промисловість України*. 2008. № 3 (86). С. 38–43.

REFERENCES:

1. Benefits of nitrogen for corn production (2023). Retrieved from: <https://www.krugerseed.com/en-us/agronomy-library/benefits-of-nitrogen-for-corn-production.html>.
2. Miao, Y., Mulla, D.J., Robert, P.C., & Hernandez, J.A. (2006). Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*, 98, 129–140.
3. Below, F. (2018). The seven wonders of the corn yield world. Retrieved from: http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html.
4. Zhang, L., Zhang, X., Gao, Q., & Yan, Li. (2023). Nitrogen application effect on maize yield, NH₃, and N₂O emissions in Northeast China by meta-analysis. *Agronomy*, 13 (6), 1479. DOI: 10.3390/agronomy13061479
5. Omonode, R.A., Halvorson, A.D., Gagnon, B., & Vyn, T.J. (2017). Achieving lower nitrogen balance and higher nitrogen recovery efficiency reduces nitrous oxide emissions in North America's maize cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.01080
6. Stasiv, O., & Olifir, Y. (2021). Formation of corn productivity in crop rotation depending on long-term fertilization and liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 358(57)1, 29–40. DOI: 10.21005/AAPZ2021.57.1.03
7. Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., & van Kessel, C. (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. *Advances in Agronomy*, 87, 85–156. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)87003-8
8. Qiu, S.J., He, P., Zhao, S.C., Li, W.J., Xie, J.G., Hou, Y.P., Grant, C.A., Zhou, W., & Jin, J.Y. (2015). Impact of nitrogen rate on maize yield and nitrogen use efficiencies in northeast China. *Agronomy Journal*, 107 (1), 305–313. DOI: 10.2134/agronj13.0567
9. Cambouris, A.N., Ziadi, N., Perron, I., Alotaibi, K.D., Luce, M.St., & Tremblay, N. (2016). Corn yield components response to nitrogen fertilizer as a function of soil texture. *Canadian Journal of Soil Science*, 96 (4). DOI: 10.1139/cjss-2015-0134
10. Іваниук, В., Гнатів, П., & Оліфір, Ю. (2022). Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи у ефективності використання азоту [Influence of nitrogen fertilizers on formation of corn grain yield and efficiency of nitrogen use]. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 26, 170–176. DOI: 10.31734/agronomy2022.26.170 [in Ukrainian].
11. Лыхочвор, В.В., & Петриченко, В.Ф. (2021). *Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур [Physiological role of nutrients and fertilization system of field crops]: 3-тє вид., переробл.* Львів: Українські технології [in Ukrainian].
12. Логінова, І. (2019). Секрети кукурудзяного успіху [Secrets of corn success]. *Агроіндустрія [Agricultural industry]*, 7, С. 22–32. Retrieved from: <https://infoindustria.com.ua/sekreti-kukurudzyanogousipihu> [in Ukrainian].

13. Kutsenko, O.M., Liashenko, V.V., Chaika, T.O., & Keda, L.Iu. (2023). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannya produktyvnosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid stroku sivyby [Peculiarities of growth, development, and formation of corn hybrids' productivity depending on sowing time]. *Taurida Scientific Herald. Series Rural Sciences*, 134, 79–88. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.134.12 [in Ukrainian]
14. Korotkova, I.V., & Chaika, T.O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymy dobryvamy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi [The role of humic preparations and their mixtures with mineral fertilizers in winter wheat cultivation technologies]. In T.O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stal'nykh ekosystem [Ecologically oriented approaches to the restoration of technologically polluted territories and the creation of sustainable ecosystems]: kolektyvna monohrafiia*. Poltava: Astraia 279–322 [in Ukrainian].
15. Vnesennia KAS: sroky, sposoby, osoblyvosti, rozrakhunok [Introduction of UAM: terms, methods, features, calculation]. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/article/vnesennya-kas-sroki-sposobi-osoblivosti-rozrahunok> [in Ukrainian].
16. Rol elementiv u zhyvlenni kukurudzy [The role of elements in corn nutrition]. (2022). Retrieved from: <https://lidea-seeds.com.ua/news/kukurudza/rol-elementiv-u-zhyvlenni-kukurudzy> [in Ukrainian].
17. Pravyla zastosuvannya sechovyny yak dobryva dlia roslyn [Rules for using urea as a fertilizer for plants]. Retrieved from: <https://klioma-servise.in.ua/ua/a476279-pravila-primeneniya-mocheviny.html> [in Ukrainian].
18. Woodley, A.L., Drury, C.F., Yang, X.Y., Phillips, L.A., Reynolds, D.W., Calder, W., & Oloya, T.O. (2020). Ammonia volatilization, nitrous oxide emissions, and corn yields as influenced by nitrogen placement and enhanced efficiency fertilizers. *Soil Science Society of America Journal*, 84, 1327–1341. DOI: 10.1002/saj2.20079
19. Pan, B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y., & Chen, D. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 283–289. DOI: 10.1016/j.agee.2016.08.019
20. Sunderlage, B., & Cook, R.L. (2018). Soil property and fertilizer additive effects on ammonia volatilization from urea. *Soil Science Society of America Journal*, 82, 253–259. DOI: 10.2136/sssaj2017.05.0151
21. Dick, W.A. (1984). Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 569–574.
22. Bender, R.R., Haegerle, J.W., Ruffo, M.L., & Below, F.E. (2013). Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy Journal*, 105, 161–170. DOI: 10.2134/agronj2012.0352
23. Yakushko, S.I., & Ivanov, M.P. (2008). Orhanichni ta mineralni dobryva: perevahy ta tekhnolohii vyrobnytstva [Organic and mineral fertilizers: advantages and production technologies]. *Chemical industry of Ukraine*, 3 (86), 38–43 [in Ukrainian].
- Короткова І.В., Ляхно А.Ю. Динаміка вмісту азоту у ґрунті залежно від форм азотних добрив при вирощуванні кукурудзи на зерно**
- Азот є життєво важливим для кукурудзи, оскільки він відіграє ключову роль у сприянні здоровому росту рослин, формуванні основних білків і значному підвищенні продуктивності. Кукурудза дуже чутлива до цього елемента, і адекватна доступність азоту є важливою для досягнення високої врожайності як з точки зору виробництва біомаси, так і кінцевого виробництва зерна. Тому, дослідження ефективності використання різних форм азотних добрив при вирощуванні кукурудзи є актуальними. **Метою дослідження** було порівняння ефективності різних форм азотних добрив і їх вплив на вміст азоту в ґрунті при вирощуванні кукурудзи. **Методи.** Польові дослідження виконано у 2023 році в умовах Лісостепу України з використанням загальноприйнятої агротехніки для обробки ґрунту та внесенням азотних добрив (КАС-32, карбаміду, безводного аміаку). На чотирьох дослідних ділянках до внесення добрив і після виконано дослідження вмісту азоту на глибинах 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см (IV ділянка – контрольна, без удобрення). **Результати.** Встановлено, що після внесення добрив вміст азоту в ґрунті в середньому на всіх ділянках збільшився на 15,0 % (138,6 мг/кг), 12,7 % (122,3 мг/кг) і 11,1 % (93,6 мг/кг) у шарі ґрунту на глибину 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см відповідно. Внесення добрив на I–III ділянки по різному вплинули на вміст азоту в ґрунті за різної глибини. Найбільший вплив визначено на I ділянці за внесення КАС-32 (200 кг/га), завдяки чому вміст азоту збільшився на 37,1, 36,5 і 17,4 % у шарах ґрунту, глибиною 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см відповідно. На II ділянці, де внесено карбамід (150 кг/га), отримано найменший приріст вмісту азоту в ґрунті – 5,5–7,4 %. На III ділянці після внесення безводного аміаку (85 кг/га) максимальне збільшення азоту в ґрунті відбулося на глибині 0–20 см – на 20,5 мг/кг (17,2 %) та на глибині 40–60 см – на 17 мг/кг (21,1 %). **Висновки.** Згідно з проведеними дослідженнями найбільш ефективною формою азотних добрив щодо впливу на вміст азоту в ґрунті виявилась КАС-32 завдяки присутності у складі всіх трьох форм азоту. Для посилення ефекту безводного аміаку та карбаміду на вміст азоту у ґрунті необхідний більш тривалий період часу (7–14 днів).
- Ключові слова:** карбамідно-аміачна суміш, карбамід, безводний аміак, продуктивність.
- Korotkova I.V., Liakhno A.Yu. Dynamics of the soil nitrogen content depending on the forms of nitrogen fertilizers when growing corn for grain**
- Nitrogen is vital to corn as it plays a key role in promoting healthy plant growth, building essential proteins and greatly increasing productivity. Maize is very sensitive to this element, and adequate nitrogen availability is essential to achieve high yields, both in terms of biomass production and final grain production. Therefore, the studies of the effectiveness of using different forms of nitrogen fertilizers in corn cultivation are relevant. **The study aim** was to compare the effectiveness of different forms of nitrogen fertilizers and their effect on the soil nitrogen content when corn cultivation. **Methods.** Field experiments were carried out in 2023 in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine using generally accepted agricultural techniques for soil

cultivation and the application of nitrogen fertilizers (CAM-32, urea, anhydrous ammonia). A study of the nitrogen content at depths of 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm (IV plot – control, without fertilizer) was carried out in four experimental plots before and after fertilizer application.

Results. It was established, the soil nitrogen content on average in all plots increased by 15.0% (138.6 mg/kg), 12.7% (122.3 mg/kg) and 11.1% (93, 6 mg/kg) in the soil layers to a depth of 0–20 cm, 20–40 cm, 40–60 cm, respectively, after the fertilizers' application. The fertilizers' application to plots I–III had different effects on the soil nitrogen content at different depths. The greatest impact was determined on the 1st plot when KAS-32 (200 kg/ha) was used, due to which the nitrogen content increased by 37.1, 36.5 and 17.4% in the soil layers, 0–20 cm, 20–40 cm

deep, 40–60 cm, respectively. On the II plot, where urea (150 kg/ha) was applied, the smallest increase in the soil nitrogen content was obtained – 5.5–7.4%. In the III plot, after the anhydrous ammonia introduction (85 kg/ha), the maximum increase in the soil nitrogen occurred at a depth of 0–20 cm – by 20.5 mg/kg (17.2 %) and at a depth of 40–60 cm – by 17 mg/kg (21.1 %). **Conclusions.** According to the study results, CAM-32 was the most effective form of nitrogen fertilizers in terms of impact on the soil nitrogen content due to the presence of all three forms of nitrogen in the composition. A longer period of time (7–14 days) is required to enhance the effect of anhydrous ammonia and urea on the soil nitrogen content.

Key words: urea-ammonia mixture, urea, anhydrous ammonia, productivity.