

УДК 631.84:631.416.1:

© 2022

МІГРАЦІЯ НІТРАТНОГО АЗОТУ ЗА ВНЕСЕННЯ АЗОТНИХ ДОБРИВ У ВИРОБНИЧИХ ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ

А.В. Ревтьєв-Уварова¹, О.В. Доценко², В.М. Ніконенко³,
О.І. Сліденко⁴

¹⁻³кандидати сільськогосподарських наук

⁵доктор сільськогосподарських наук

^{1, 3, 4}ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

²СТОВ «Дружба-Нова», вул. Комарова, 59, смт Варва, 17600, Україна

e-mail: ¹alina_rev@meta.ua, ²o.dotsenko@kernel.ua,

³nikonenko_slava@ukr.net, ⁴kasanka17@meta.ua

ORCID: ¹0000-0002-6838-5440, ²0000-0002-8731-7494,

³0000-0002-4842-2283, ⁴0000-0002-3948-0668,

Надійшла 4.07.2022

Мета. Визначити динаміку міграції нітратного азоту в ґрунті впродовж активної вегетації кукурудзи за внесення азотних добрив у виробничих умовах. **Методи.** Польовий — для встановлення динаміки міграції нітратного азоту, лабораторно-аналітичний — визначення вмісту мінерального азоту в ґрунті, математико-статистичний — для оцінки достовірності отриманих даних. **Результати.** Доведено, що дробове внесення азотних добрив забезпечує пролонговане насичення ґрунту мінеральним азотом підвищеного, високого або дуже високого рівнів упродовж активної вегетації кукурудзи. Максимальний уміст мінерального азоту фіксується у верхньому шарі ґрунту 0–20 см. Установлено, що в чорноземі типовому за внесення N_{136} у шарі ґрунту 0–20 см відбувається зменшення вмісту нітратного азоту в часі — з травня по вересень у 5,9 разів, із глибиною — у 2,8–4,8 разів в шарі 100–120 см порівняно з його вмістом у верхньому шарі 0–20 см. За внесення N_{119} та N_{134} установлено його зростання в шарі ґрунту 0–20 см у проміжку між передпосівним унесенням і підживленням, де вміст нітратного азоту зменшується на глибині 100–120 см порівняно з умістом у верхньому шарі 0–20 см у 1,2–6,1 разів. Найвищу врожайність зерна кукурудзи отримано за дробового внесення N_{136} та N_{134} ($r = 0,77 - 0,84$). **Висновки.** Установлено, що за дробового внесення $N_{119} - N_{136}$ уміст нітратного азоту в ґрунті зменшується з глибиною та в часі, забезпечуючи формування врожайності зерна кукурудзи у виробничих умовах понад 10 т/га. На територіях суходолу з глибоким заляганням підґрунтових вод маловірогідним є їх забруднення нітратним азотом за дробового внесення $N_{119} - N_{136}$ /га, де його максимальний уміст фіксується в шарі ґрунту 0–20 см.

Ключові слова: урожайність зерна кукурудзи, ґрунти агроценозів, дробове внесення.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-02>

Універсальним чинником поліпшення живлення сільськогосподарських рослин є застосування мінеральних добрив, які коригують параметри якісних показників ґрунту. Серед макроелементів у ґрунтах агроценозів у першому мінімумі — азот, який лімітує рівень потенційної врожайності й забезпечує високу ефективність азотних добрив. Це зумовило формування у вітчизняному землеробстві чіткої тенденції «азотоцентризму» системи удобрення [1–3], про що свідчить домінування азотовмісних добрив у структурі внесених мінеральних добрив в Україні, частка яких становить 65–70% (табл. 1). Скажімо, під кукурудзу, одну з провідних культур у структурі посівних площ, у 2020 р. на 1 га обробленої добривами площі припало 180 кг NPK, з яких частка азоту становила 128 кг/га, або 71%. Попри це баланс азоту в ґрунтах країни має систематичний дефіцитний характер [4].

З підвищенням урожайності сільськогосподарських культур та якості отриманої продукції [5] за внесення високих норм азотних добрив не виключеним є ризик забруднення нітратами природних об'єктів [6–8], що призводить до збільшення їх надходження в організм людини [9]. Це є предметом тривалих дискусій між аграріями та екологами [10]. Зокрема, широкого загалу набуло питання імплементації Директиви Ради 91/676 ЄЕС від 12 грудня 1991 р. щодо захисту вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел.

Для зменшення забруднення вод нітратними сполуками від дифузних джерел сільськогосподарського походження шляхом їх вимивання з водозбірної площі Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України затверджено Методику визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів. Зонаю, вразливою до накопичення нітратів, вважається зона, в якій у поверхневих та/чи підземних водах, що використовуються для питного водопостачання, або ж мають цільове призначення як джерела питного водопостачання, сумарний уміст сполук неорганічного нітрогену ($N_{\text{неорг}}: \text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) становить більше 50 мг/дм³ (11,3 мг N/дм³), а також фіксується або очікується поява в прісних водоймах, естуаріях, прибережних водах процесу евтрофікування.

За попередніми оцінками, вразливіми зонами є обмежені території річкового басейну (частини водозбірних територій), з яких змивається/вимивається нітратний азот до масивів поверхневих і підземних вод [11]. З урахуванням біогеохімічної нестійкості сполук азоту статус водних об'єктів, виокремлених як вразлива зона, може змінюватися в часі.

Для прикладу, у 30-річному досліді *in situ* з використанням мічених (стабільних) ізотопів азоту (¹⁵N) у складі азотних добрив [12] встановлено, що 61–65% ¹⁵N внесених добрив поглинається рослинами переважно в перші роки застосування, 12–15% ¹⁵N акумулюється в складі органічної речовини

1. Структура внесених мінеральних добрив під посіви сільськогосподарських культур в Україні за 2015–2020 рр. *

Рік	Обсяг унесених мінеральних добрив (у діючій речовині)										NPK, кг/га посівної площі
	Усього, тис. т	Азотні			Фосфорні			Калійні			
		тис. т	%	кг/га	тис. т	%	кг/га	тис. т	%	кг/га	
2015	1411,9	983,5	69,7	55,1	222,4	15,7	12,4	206,0	14,6	11,5	79
2016	1724,4	1195,0	69,3	66,5	286,1	16,6	15,9	243,3	14,1	13,0	96
2017	2023,8	1362,9	67,3	74,1	362,4	17,9	19,7	298,4	14,7	16,2	110
2018	2150,6**	1404,9	65,3	79,0	410,3	19,1	23,1	335,4	15,6	18,9	121
2019	2142,5**	1467,5	68,5	81,5	367,1	17,1	20,4	307,7	14,4	17,1	119
2020	2488,7**	1716,1	69,0	96,6	432,7	17,4	24,3	339,9	13,6	19,1	140

*За даними Державної служби статистики України; **у тому числі з комплексними добривами.

ґрунту, у гідросферу потрапляє 8–12% ^{15}N упродовж 30-річного періоду спостережень. При цьому очікується, що решта азоту в ґрунті поглинатиметься рослинами та просочуватиметься в ґрунтові води у вигляді нітратів щонайменше 5 десятиліть.

Для мінімізації та уникнення ризиків вививання сполук азоту й забруднення ними водних об'єктів у 2021 р. затверджено Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України Правила щодо забезпечення родючості ґрунтів і застосування окремих агрохімікатів, які поширюються на сільськогосподарських товаровиробників, що займаються сільськогосподарською діяльністю в уразливих до (накопичення) нітратів зонах.

На інших територіях суходолу застосування азотовмісних добрив фактично не регламентується, а здійснюється згідно з відпрацьованою в господарстві системою застосування добрив, що актуалізує визначення загальних закономірностей часової динаміки вмісту нітратного азоту безпосередньо у виробничих умовах залежно від обсягів унесення азотних добрив, зокрема й для впровадження «концепції 4R» застосування добрив щодо вибору видів, норм, строків та способів унесення добрив [13].

Слід згадати ДСТУ [14], яким рекомендовано допустимі норми внесення азотних добрив під сільськогосподарські культури в зональному розрізі. Проте цей ДСТУ потребує коригування та оновлення, що зумовлено погоднокліматичними флуктуаціями, змінами параметрів ґрунтових показників староорних ґрунтів, підвищеною вибагливістю сучасних сортів і гібридів до елементів живлення й загалом потребами сучасної вітчизняної агротехніки.

Мета досліджень — охарактеризувати динаміку міграції нітратного азоту в ґрунті впродовж активної вегетації кукурудзи за внесення азотних добрив у виробничих умовах.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведено на території 5-ти виробничих полів, де вирощували кукурудзу на зерно, — у Сумській і Чернігівській областях лісостепової зони України (табл. 2).

Проби ґрунту для проведення лабораторно-аналітичних робіт відібрано з глибини 0–120 см через кожні 20 см. Строки

відбирання проб ґрунту: 25 травня, 17 червня, 08 та 29 липня, 08 вересня 2021 р.

Визначення мінерального азоту проведено згідно з ДСТУ [15] у лабораторії «KernelLab».

Виробничі поля охоплюють 3 територіальні локації за погодними умовами року вирощування кукурудзи на зерно: с. Хмелів Роменського р-ну Сумської обл., с. Світличне і с. Даценки Варвинського р-ну Чернігівської обл., с. Вертіївка і с. Мала Кошелівка Ніжинського р-ну Чернігівської обл., які характеризуються такими показниками температури повітря (рис. 1) і температури ґрунту (рис. 2), кількістю опадів за квітень–вересень (див. рис. 2). Істотних змін температури повітря не спостерігалося, тоді як температура ґрунту характеризувалася нижчими значеннями на території Варвинського р-ну Чернігівської обл.

Найбільш розбіжним погодним показником на території проведення досліджень була кількість опадів. Їх найменша кількість за період квітень–вересень випала в Ніжинському р-ні Чернігівської обл. і становила 300 мм з мінімумом 21,8 мм у вересні та максимумом 67,4 мм у травні. На території Роменського р-ну Сумської обл. сума опадів за квітень–вересень становила 386 мм з найбільш контрастним їх випаданням від 14 мм у липні до 125,8 мм у вересні. Найбільшим зволоженням характеризувався Варвинський р-н Чернігівської обл., де випало 437,6 мм — від 32,2 мм у червні до 91,8 мм у вересні.

Загалом на територіях проведення досліджень погодні умови вегетаційного періоду характеризувалися як сприятливі для вирощування кукурудзи на зерно.

Опрацювання та узагальнення результатів досліджень здійснено з використанням програм STATISTICA та Microsoft EXCEL.

Результати досліджень. У виробничих умовах під посівами кукурудзи на зерно визначено динаміку мінерального азоту в лучних та лучно-чорноземних ґрунтах, чорноземах типових і опідзолених переважно важкого гранулометричного складу за внесення різних норм азотних добрив і в різні строки (табл. 3).

Установлено, що дробове в кілька прийомів унесення азотних добрив забезпечує

2. Схеми внесення азотних добрив під кукурудзу на зерно на території виробничих полів

Поле	Локація	Площа поля, га	Агровиробнича група ґрунтів	Унесення азотних добрив				Обробіток ґрунту
				Норма, кг N/га	Захід	Доза, кг N/га	Вид*	
Перше	с. Хмелів Роменського р-ну Сумської обл.	142	Лучні і лучно-чорноземні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкоосушлинкові й середньосушлинкові	N _{18,9}	Передпосівне внесення	N _{18,9}	Сульфат амонію гранульований	Оранка на глибину 28–30 см
Друге	с. Світличне Варвинського р-ну Чернігівської обл.	444	Чорноземи типові легкоосушлинкові та їх комплекси з осолоділними ґрунтами	N _{70,4}	Підживлення	N _{44,8}	КАС-32	27–29.03
				N ₁₃₄	Основне внесення	N ₁₁₅	КАС-28	30–31.03
Третє	с. Дашенки Варвинського р-ну Чернігівської обл.	588	Чорноземи типові та чорноземи сильнореградовані легкоосушлинкові	N ₁₃₆	Передпосівне внесення	N ₂₁	Сульфат амонію гранульований	04.06.
				N ₁₂₆	Передпосівне внесення	N _{86,4}	КАС-32	20–21.11
Четверте	с. Вертівка Ніжинського р-ну Чернігівської обл.	128	Лучно-чорноземні і чорноземно-лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкоосушлинкові	N _{39,2}	Передпосівне внесення	N _{39,2}	КАС-32	27–28.03
				N ₁₁₉	Передпосівне внесення	N _{60,8}	КАС-32	12–13.04
П'яте	с. Мала Кошелівка Ніжинського р-ну Чернігівської обл.	310	Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені та слабореградовані суцільні ґрунти	N _{39,2}	Передпосівне внесення	N _{18,9}	Сульфат амонію гранульований	12.06
				N ₁₁₉	Підживлення	N _{60,8}	КАС-32	08–09.04
				N _{39,2}	Передпосівне внесення	N _{18,9}	КАС-32	08–09.04
				N ₁₁₉	Підживлення	N _{60,8}	КАС-32	21.06
				N ₁₁₉	Передпосівне внесення	N _{60,8}	КАС-32	03–05.04
				N _{39,2}	Підживлення	N _{39,2}	КАС-32	05–06.04
				N _{39,2}	Підживлення	N _{39,2}	КАС-32	17.06

*Азотні добрива в твердому агрегатному стані внесені під обробіток ґрунту.

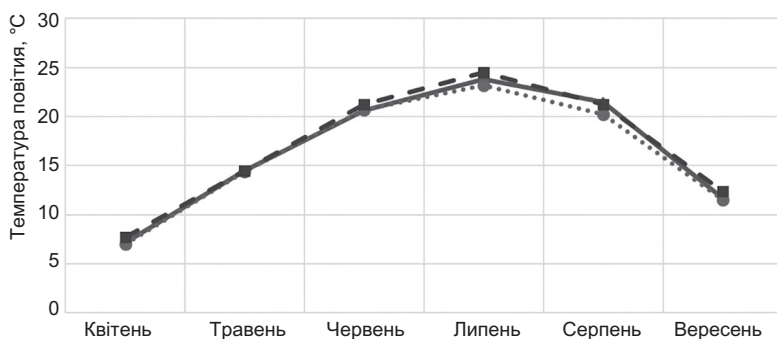


Рис. 1. Температура повітря на території виробничих полів: —◆— с. Хмельів Роменського р-ну Сумської обл.; ●●● с. Світличне і с. Дащенки Варвинського р-ну Чернігівської обл.; —■— с. Вертіївка і с. Мала Кошелівка Ніжинського р-ну Чернігівської обл. (для рис. 1–3)

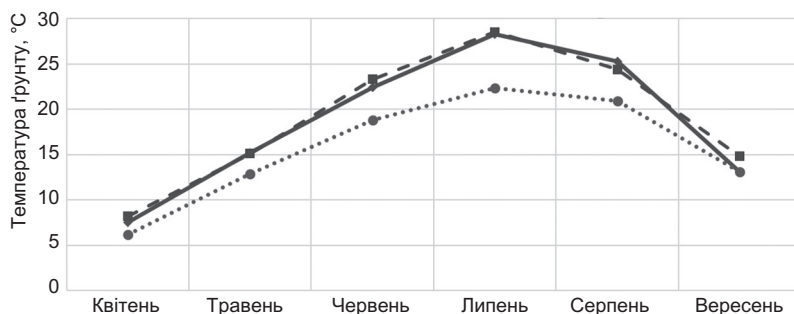


Рис. 2. Температура ґрунту на території виробничих полів

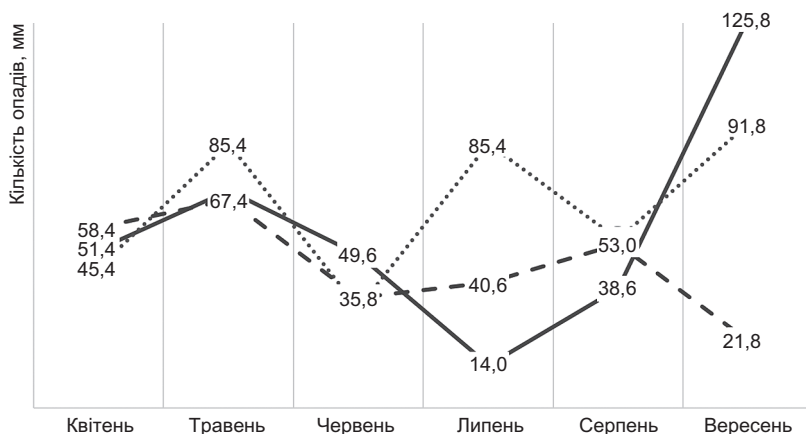


Рис. 3. Кількість опадів на території виробничих полів

формування підвищеного, високого або дуже високого рівнів насиченості ґрунту мінеральним азотом упродовж активної вегетації кукурудзи. Загальною тенденцією після внесення азотних добрив і в короткостроковій перспективі є максимальне збільшення

вмісту мінерального азоту у верхньому шарі ґрунту 0–20 см, який поступово зменшується з глибиною та зі збільшенням проміжку часу після внесення. Слід зазначити, що передпосівне застосування КАС-32 і сульфату амонію гранульованого забезпечує

пронгонувану дію за рахунок перебігу процесів мікробіологічної трансформації амідного азоту в амонійний, амонійного азоту — в нітратний азот. При цьому в структурі

мінерального азоту ґрунту здебільшого переважає нітратна форма.

Нітратні форми є найбільш динамічними. Вони закріплюються в ґрунті шляхом

3. Динаміка вмісту мінерального азоту в ґрунтах ріллі залежно від норм унесення азотних добрив під кукурудзу на зерно

Дата відбирання проб ґрунту	Шар ґрунту, см	Уміст мінерального азоту, мг/кг ґрунту									
		N ₁₃₄ лучні і лучно-чорноземні ґрунти (с. Хмелів)	N ₁₃₆ чорноземи типові (с. Світличне)	N ₁₂₆ чорноземи типові (с. Дащенки)	N ₁₁₉ лучно-чорноземні ґрунти (с. Вертіївка)	N ₁₁₉ темно-сірі опідзолени та чорноземи опідзолени (с. Мала Кошелівка)					
25.05.2021	0–20	▲	155,0	▲	129,9	▲	65,9	▲	72,7	▲	60,0
	20–40	□	72,2	▼	59,2	▼	29,9	□	32,5	▼	28,0
	40–60	▼	32,7	▼	43,2	▼	18,1	▼	20,2	▼	22,2
	60–80	▼	24,0	▼	41,7	▼	16,5	▼	15,1	▼	21,3
	80–100	▼	34,6	▼	43,4	▼	22,8	▼	12,6	▼	23,0
	100–120	▼	35,6	▼	46,8	▼	24,5	▼	19,9	▼	22,8
17.06.2021	0–20	▲	50,1	▲	106,8	▲	102,0	▲	78,3	▲	59,8
	20–40	▲	47,3	▼	41,4	□	47,7	□	51,6	▼	25,3
	40–60	□	37,1	▼	29,4	▼	23,7	▼	27,7	▼	24,9
	60–80	▼	21,1	▼	32,8	▼	21,4	▼	20,3	▼	16,8
	80–100	▼	23,8	▼	31,1	▼	19,5	▼	17,2	▼	19,2
	100–120	□	31,5	▼	39,5	▼	19,8	▼	19,3	▼	20,4
08.07.2021	0–20	▲	47,0	▲	30,3	▲	55,3	▲	87,0	▲	66,3
	20–40	▼	16,3	□	23,3	▲	46,5	□	51,7	□	45,6
	40–60	▼	12,4	□	18,1	▼	14,2	▼	28,2	▼	32,2
	60–80	▼	13,7	▼	14,3	▼	13,7	▼	23,5	▼	27,2
	80–100	▼	23,1	▼	12,4	▼	14,2	▼	27,0	▼	28,8
	100–120	▲	38,5	▼	12,0	▼	12,0	▼	32,7	▼	26,1
29.07.2021	0–20	▲	61,7	▼	26,7	▲	41,5	▲	53,7	▲	64,9
	20–40	▼	27,6	□	38,3	▼	27,5	▼	26,7	▼	20,6
	40–60	▼	17,7	▲	61,7	▼	24,3	▼	14,9	▼	12,8
	60–80	▼	15,0	▲	58,5	□	35,2	▼	16,1	▼	9,1
	80–100	▼	11,3	□	43,3	□	31,8	▼	25,4	▼	10,5
	100–120	▼	13,4	□	45,0	□	31,4	▼	25,3	▼	14,5
08.09.2021	0–20	▲	23,9	▼	31,9	▲	25,9	▲	49,2	▲	68,9
	20–40	▲	23,3	▼	37,1	▼	13,8	▼	19,3	□	44,2
	40–60	▼	11,1	▲	65,6	▼	10,8	▼	12,5	▼	15,0
	60–80	▼	11,2	▲	60,9	▼	10,8	▼	14,1	▼	12,5
	80–100	▼	11,4	▼	36,9	▼	10,9	▼	18,8	▼	12,7
	100–120	▼	14,7	▼	28,9	▼	11,8	▼	23,8	▼	18,0

Примітка. ▲ — високі значення умісту мінералізованого азоту; □ — середні значення; ▼ — низькі значення вмісту мінералізованого азоту окремо для шару ґрунту 0–120 см за кожного строку відбирання.

негативної фізичної адсорбції, тобто перебувають у ґрунтовому розчині, за рахунок чого можуть переміщуватися з потоками вологи по профілю ґрунту і за його межі, спричиняючи екологічні ризики.

У виробничих умовах встановлено динаміку міграції нітратного азоту в шарі різних ґрунтів 0–120 см за внесення азотних добрив під кукурудзу. Так, за основного внесення на чорноземах типових з осені 85% від норми азотних добрив N_{136} (рис. 4) знижується вміст нітратного азоту у верхньому шарі ґрунту 0–20 см у часі — з травня по вересень у 5,9 раза і з глибиною — у 2,8–4,8 раза в шарі 100–120 см з умістом нітратного азоту у шарі ґрунту 0–20 см. При цьому спостерігається переміщення нітратів по профілю ґрунту на глибину 60–80 см після випадання значної кількості опадів, хоча кореляційний позитивний зв'язок між умістом нітратного азоту та польовою вологістю на момент відбирання проб є дуже низьким ($r < 0,16$).

За дробового внесення у весняно-літній період N_{126} (рис. 5): перше — 69%, друге — 31% від норми встановлено зростання вмісту нітратного азоту в орному шарі ґрунту в проміжку між передпосівним унесенням

і підживленням, що ймовірно пов'язано з інтенсифікацією перебігу нітрифікації амонійного азоту мінеральних добрив і, не виключено, амонійного азоту мінералізованої органічної речовини ґрунту («екстра-азот») з подальшим їх зниженням у часі [16, 17]. При цьому міграція нітратного азоту характеризується зменшенням його вмісту по профілю ґрунту на глибині 100–120 см порівняно з його умістом у верхньому шарі 0–20 см у 2,5–6,1 раза.

Подібні закономірності міграції нітратного азоту в шарі 0–120 см та часовій динаміці за різних абсолютних значень встановлено на ґрунтах напівгідроморфного ряду за дробового внесення під кукурудзу в перше — 67%, друге — 33% від норм N_{134} (рис. 6) та N_{119} (рис. 7). Його вміст на глибині 100–120 см порівняно з умістом нітратного азоту у верхньому шарі 0–20 см зменшується в 1,2–5,9 та 1,7–4,3 раза відповідно.

За передпосівного внесення 67% і в підживлення 33% від норми N_{119} (рис. 8) на опідзолених ґрунтах уміст нітратного азоту зменшився на глибині 100–120 см порівняно з умістом у шарі 0–20 см у 2,7–5,7 раза (табл. 4).

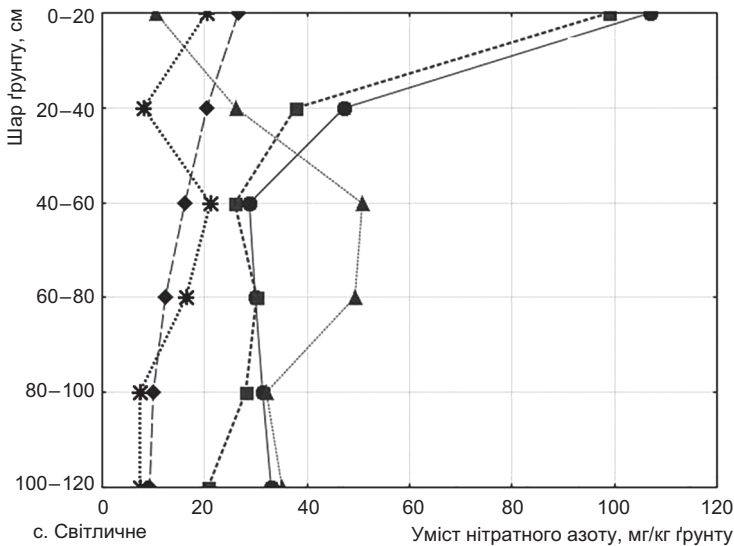


Рис. 4. Міграція нітратних форм азоту в шарі чорноземів типових 0–120 см за внесення N_{136} під кукурудзу на зерно: ● — 25.05; ■ — 17.06; ◆ — 08.07; ▲ — 29.07; * — 08.09 (для рис. 4–8). Унесення добрив: III декада листопада — N_{115} (сечовина); III декада березня — N_{21} (сульфат амонію)

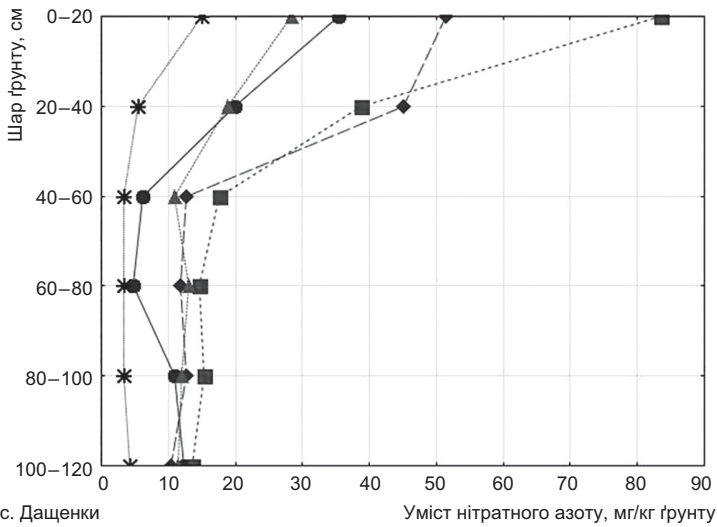


Рис. 5. Міграція нітратних форм азоту в шарі чорноземів типових 0–120 см за внесення N_{126} під кукурудзу на зерно: Унесення добрив: II декада квітня – $N_{86,4}$ (КАС-32); II декада червня – $N_{39,2}$ (КАС-32)

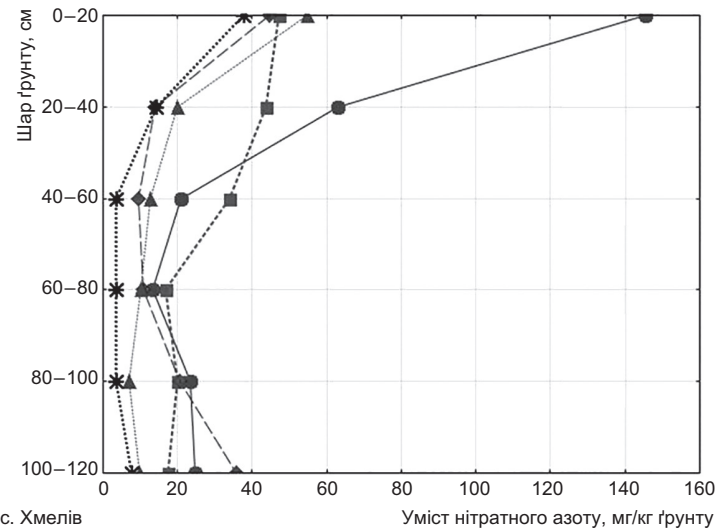


Рис. 6. Міграція нітратних форм азоту в шарі лучних і лучно-чорноземних ґрунтів 0–120 см за внесення N_{134} під кукурудзу на зерно. Унесення добрив: III декада березня – $N_{70,4}$ (КАС-32); III декада березня – $N_{18,9}$ (сульфат амонію); I декада червня – $N_{44,8}$ (КАС-28)

Загалом на початку вересня усереднений уміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0–120 см становить 34,8–106,0 мг/кг ґрунту з максимумом у шарі ґрунту 0–20 см 15,1–51,5 мг/кг ґрунту, що припадає на період зменшення споживання рослинами кукурудзи азоту (85% загальної

кількості азоту споживається від фази 8-ми листків до фази засихання квіткових стовпчиків (волосся) на качанах [18].

Найбільшу врожайність зерна кукурудзи, що є результатом показником технології вирощування культури, отримано за

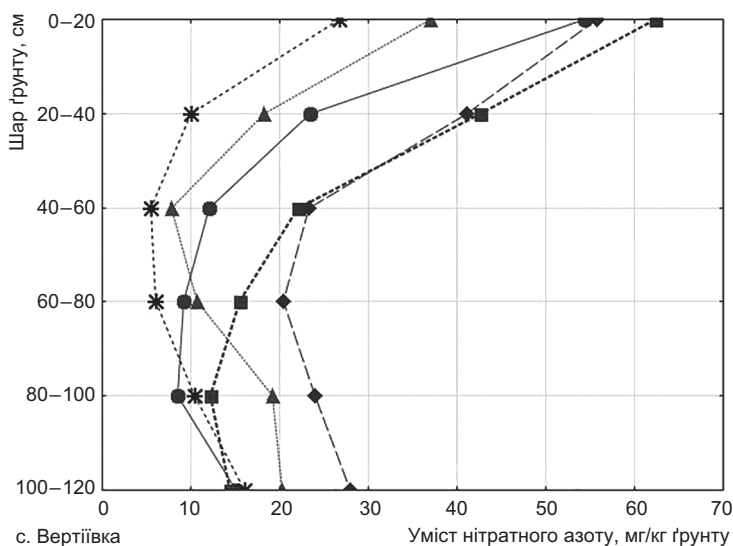


Рис. 7. Міграція нітратних форм азоту в шарі лучно-чорноземних і чорноземно-лучних ґрунтів 0–120 см за внесення N_{119} під кукурудзу на зерно. Унесення добрив: I декада квітня — $N_{60,8}$ (КАС-32); I декада квітня — $N_{18,9}$ (сульфат амонію); III декада червня — $N_{39,2}$ (КАС-32)

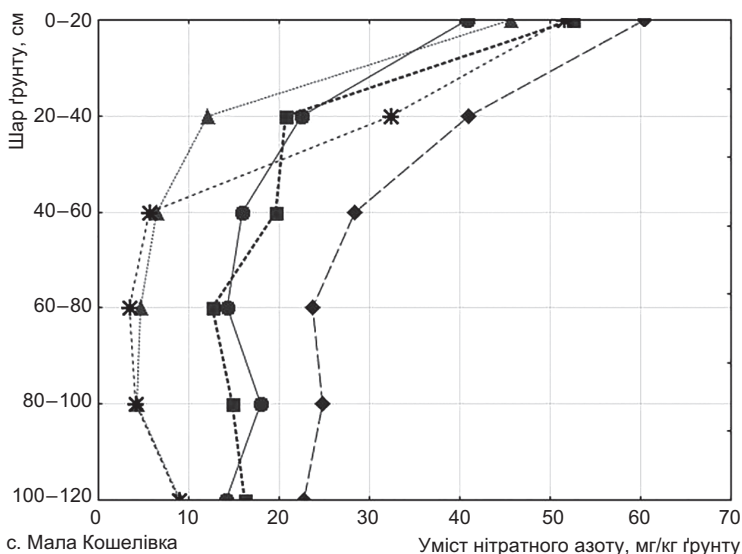


Рис. 8. Міграція нітратних форм азоту темно-сірих опідзолених ґрунтів і чорноземів опідзолених в шарі 0–120 см за внесення N_{119} під кукурудзу на зерно: Унесення добрив: I декада квітня — $N_{60,8}$ (КАС-32); I декада квітня — $N_{18,9}$ (сульфат амонію); II декада червня — $N_{39,2}$ (КАС-32)

дробового внесення найвищих норм азотних добрив N_{136} та N_{134} , між якими встановлено тісний прямий кореляційний зв'язок на рівні $r=0,77-0,84$ (рис. 9). Це зумовлено також проникненням корінців на глибину 40 см і

більше, що сприяє підвищенню поглинання азоту та зменшенню вимивання нітратного азоту [19].

Загалом для територій із мінімально можливим ризиком забруднення водних об'єктів

4. Динаміка співвідношення вмісту нітратного азоту в шарах 0–20 і 100–120 см за внесення різних норм азотних добрив під кукурудзу на зерно

Локація	Норма азотних добрив	Співвідношення вмісту нітратного азоту в шарах ґрунту 0–20 і 100–120 см				
		25.05.	17.06.	08.07.	29.07.	08.09.
с. Світличне	N ₁₃₆	3,3	4,8	2,9	0,3	2,8
с. Дащенки	N ₁₂₆	2,9	6,1	4,9	2,5	3,6
с. Хмелів	N ₁₃₄	5,9	2,7	1,2	5,6	5,0
с. Вертіївка	N ₁₁₉	3,6	4,3	2,0	1,8	1,7
с. Мала Кошелівка	N ₁₁₉	2,9	3,3	2,7	5,0	5,7

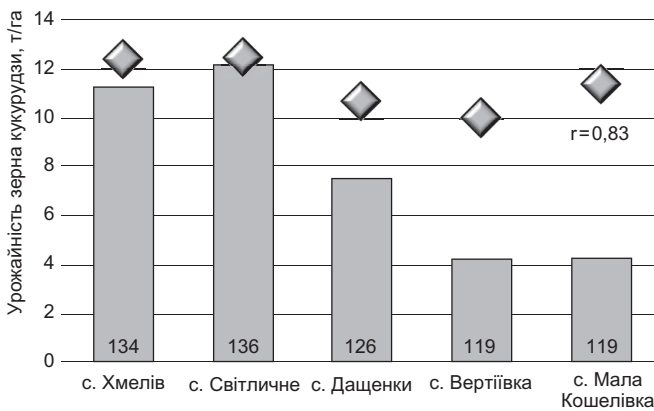


Рис. 9. Урожайність зерна кукурудзи залежно від норм унесення азотних добрив на різних ґрунтах: ■ — норма внесення N, кг/га; ◆ — урожайність, т/га

нітратним азотом обмежувальним чинником застосування азотних добрив є їхня агрономічна ефективність («відгук»

культури у вигляді врожайності), що особливо актуально з урахуванням їхньої вартості і дефіциту.

Висновки

Уміст мінерального азоту в ґрунті очікувано зростає за збільшення норм унесення азотних добрив. Їх дробове застосування забезпечує формування задовільних рівнів насиченості ґрунту азотом, який доступний для живлення рослин із переважанням нітратної форми впродовж вегетації кукурудзи.

Динаміка міграції нітратного азоту в ґрунтах гумусно-акумулятивної генези за внесення азотних добрив у виробничих умовах характеризується його зменшенням із глибиною та в часі

впродовж активної вегетації кукурудзи. Максимальний уміст нітратного азоту, який на початку та в 1-й половині вегетації кукурудзи є безпосереднім джерелом азоту для живлення кукурудзи, що забезпечує отримання врожайності зерна понад 10 т/га за внесення N₁₁₉–N₁₃₆, фіксується в шарах ґрунту 0–20 та 20–40 см. Також на територіях суходолу із заляганням підґрунтових вод глибше 10 м маловірогідним є їх забруднення нітратним азотом за дробового внесення N₁₁₉–N₁₃₆/га.

Revte-Uvarova A.¹, Dotsenko O.², Nikonenko V.³, Slidenko O.⁴

^{1, 3, 4}NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovskyi», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; ²Limited Liability Agricultural Company «Druzhba-Nova», 59 Komarova Str., Varva, 17600, Ukraine; e-mail: ¹alina_rev@meta.ua, ²o.dotsenko@kernel.ua, ³niconenko_slava@ukr.net, ⁴kasanka17@meta.ua, ⁵labl@meta.ua; ORCID: ¹0000-0002-6838-5440, ²0000-0002-8731-7494, ³0000-0002-4842-2283, ⁴0000-0002-3948-0668, ⁵0000-0002-9394-2974

Nitrate nitrogen migration due to the application of nitrogen fertilizers in the production of corn crops

Goal. To determine the dynamics of the migration of nitrate nitrogen in the soil during the active growing season of corn with the application of nitrogen fertilizers in production conditions. **Methods.** Field — to determine the dynamics of nitrate nitrogen migration, laboratory-analytical — to determine the content of mineral nitrogen in the soil, mathematical-statistical — to assess the reliability of the obtained data. **Results.** It is proven that the fractional application of nitrogen fertilizers provides prolonged saturation of the soil with mineral nitrogen at elevated, high, or very high levels during the active growing season

of corn. The maximum content of mineral nitrogen was fixed in the upper layer of the soil 0–20 cm. It was established that in typical chernozem, when N₁₃₆ is applied in the soil layer 0–20 cm, the nitrate nitrogen content decreased over time — from May to September by 5.9 times, with depth — by 2.8–4.8 times in the layer of 100–120 cm compared to its content in the upper layer of 0–20 cm. With the application of N₁₁₉ and N₁₃₄, its growth in the soil layer of 0–20 cm was established in the interval between pre-sowing application and top dressing, where the content of nitrate nitrogen decreased at a depth of 100–120 cm compared to the content in the upper layer of 0–20 cm by 1.2–6.1 times. The highest yield of corn grain was obtained with fractional application of N₁₃₆ and N₁₃₄ (r=0.77–0.84). **Conclusions.** It was established that with the fractional application of N₁₁₉–N₁₃₆, the content of nitrate nitrogen in the soil decreased with depth and over time, ensuring the formation of corn grain yield in production conditions of more than 10 t/ha. In dryland areas with deep underground water, it is unlikely that they will be contaminated with nitrate nitrogen at a fractional application of N₁₁₉–N₁₃₆/ha, where its maximum content is fixed in the soil layer of 0–20 cm.

Key words: yield of corn grain, soils of agrocenoses, fractional application.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-02>

Бібліографія

1. Ревтьє-Уварова А.В., Карацюба О.В., Ніконенко В.М., Сліденко О.І. Удосконалена діагностика рівня азотного забезпечення ґрунту методами польового та лабораторного тестування. Харків: ФОП Бровин О. В., 2020. 94 с.
2. Peter Omara, Lawrence Aula, Fikayo Oyebiyi, William R. Raun. World Cereal Nitrogen Use Efficiency Trends: Review and Current Knowledge. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2019. № 2:180045. doi: 10.2134/age2018.10.0045
3. Асанішвілі Н.М., Бусласєва Н.Г., Шляхтурова С.П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9–19. doi: 10.37406/2706-9052-2020-1-1
4. Балюк С.А., Носко Б.С., Шимель В.В. та ін. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 3 (792). С. 12–19. doi: 10.31073/agrovisnyk201903-02
5. Dong H., Li W., Eneji A.E., Zhang D. Nitrogen rate and plant density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field. *Field Crops Research*. 2012. № 126. P. 137–144. doi: 10.1016/j.fcr.2011.10.005
6. Ligang Xu, Hailin Niu, Jin Xu, Xiaolong Wang. Nitrate-Nitrogen Leaching and Modeling in Intensive Agriculture Farmland in China. *The Scientific World J*. 2013. № 2:353086. doi: 10.1155/2013/353086
7. Anas M., Liao F., Verma K.K. et al. Fate of nitrogen in agriculture and environment: agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency. *Biological Research*. 2020. № 53:47. doi: 10.1186/s40659-020-00312-4
8. Sainju U.M., Ghimire R., Pradhan G. Nitrogen Fertilization I: Impact on Crop, Soil, and Environment. *Nitrogen in Agricultural Systems*; edited by A. P. Serra. London, U.K.: IntechOpen, 2019. P. 1–24. doi: 10.5772/intechopen.86028
9. Трахтенберг І.М., Бабієнко В.В. Біологічні наслідки забруднення навколишнього середовища нітритами та нітратами. *Інтегративна Антропологія*. 2013. № 1 (21). С. 37–39.
10. Rosenstock T., Liptzin D., Six J., Tomich T. Nitrogen fertilizer use in California: Assessing the data, trends and a way forward. *California Agriculture*. 2013. № 67(1). P. 68–79. doi: 10.3733/ca.E.v067n01p68
11. Осадча Н.М., Осадчий В.І., Осипов В.В.

та ін. Методика виділення зон, вразливих до забруднення поверхневих і підземних вод нітратними сполуками. *Український географічний журнал*. 2020. № 4 (112). С. 38–48. doi: 10.15407/ugz2020.04.038

12. Mathieu Sebilo, Bernhard Mayer, Bernard Nicolardot, Gilles Pinay, Andre Mariotti. Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013. № 110 (45). P. 18185–18189. doi: 10.1073/pnas.1305372110

13. Bruulsema T., Lemunyon J., Herz B. Know your fertilizer rights. *Crops & Soils*. 2009. № 42. P. 13–18.

14. ДСТУ 7925:2015. Якість ґрунту. Максимально допустимі норми внесення азотних добрив під сільськогосподарські культури залежно від ґрунтів та природних зон. Чинний від 2016-09-01. Київ: ДП «УкоНДНЦ», 2016. 8 с.

15. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначення

нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського. Чинний від 2008-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

16. Семенов В.М. Образование «экстра» азота в удобряемых почвах и его роль в питании растений. *Агротехника*. 1999. № 8. С. 5–13.

17. Носко Б.С., Гладких Е.Ю., Бабынин В.И. Агротенная эволюция агрохимических показателей черноземов типичных. *Агротехника і ґрунтознавство*. 2014. № 81. С. 105–112.

18. Господаренко Г.М. Живлення та удобрення кукурудзи. *Агробізнес сьогодні*. 2015. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/547-zhyvlennia-ta-udobrennia-kukurudzy.html>

19. Feng G.Z., He X.L., Coulter J.A., Chen Y.L., Gao Q., Mi G.H. Effect of limiting vertical root growth on maize yield and nitrate migration in clay and sandy soils in Northeast China. *Soil and Tillage Research*. 2019. № 195:104407. doi: 10.1016/j.still.2019.104407