

ВПЛИВ ІНГІТОРА НІТРИФІКАЦІЇ 3,4-ДИМЕТИЛПІРАЗОЛФОСФАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗА ПОЄДНАНОГО ВИКОРИСТАННЯ З КАС-32

МУНТЯН С.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-8933-9283

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ШАТКОВСЬКИЙ А.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор,

член кореспондент Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-4366-0397

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. На формування сталих врожаїв кукурудзи великий вплив мають кліматичні умови, тип ґрунту та зона вирощування, сівозміна та використання добрив, із яких, насамперед, ключову роль відіграють азотні добрива [1; 2; 3; 4; 5; 6]. Використання азотних добрив, з іншого боку, має негативний ефект на навколишнє середовище, екосистему та ґрунт у виді втрат азоту в результаті процесів перетворення азоту із амідної форми до амонійної та, в кінцевому результаті, до нітратної форм азоту [7; 8; 9; 10]. Ефективність азотних добрив знижується за рахунок його втрат, пов'язаних із вимиванням нітратів унаслідок нітрифікації та випаровуванням у газоподібних формах при денітрифікації, втрати внаслідок останнього становлять до 2530% від внесеної кількості азоту [11; 12; 16]. Наприклад, згідно даних деяких дослідників інгібітори нітрифікації можуть знизити втрати азоту в системах живлення до 50% в залежності від специфічного інгібітора та норми його використання, а також типу ґрунту та метеорологічних умов, що є дуже суттєвим показником [13; 14]. Тому поряд з питаннями живлення кукурудзи азотом постає питання його ефективного використання. Згідно з результатами досліджень останніх років в Україні та Північній Америці азот може використовуватись більш ефективно за умови впровадження системи пролонгованого живлення [15; 16; 17]. Для створення умов пролонгованої дії азотних добрив на практиці є досвід використання спеціальних хімічних сполук, так називаємих інгібіторів які значно знижують втрати азоту в процесі його циклів трансформації. В загальному існує три типи інгібіторів які використовуються в сільськогосподарському виробництві:

– інгібітори нітрифікації, діють на етапі перетворення з амонійного азоту NH_4^+ в нітратний азот NO_3^- .

– інгібітори уреаз, діють на етапі перетворення з амідного азоту NH_2^- до амонійного азоту NH_4^+ .

– інгібітори денітрифікації, діють на зниження рівня перетворення з нітратного азоту NO_3^- в газоподібний азот N_2 , працюють в анаеробних системах (затоплені ґрунти) [18; 19; 14; 20; 13; 21; 22].

Інгібітори нітрифікації в свою чергу розділяються на певні групи:

– неорганічні. Діциам ді амід (ДДА), амонійтіосульфат (АТС), натрійтритокарбонат (Na_2CS_3), карбонат сірки (CS_2).

– піразоли. 3 метилпіразол, 4 хлор 3 метилпіразол, 3,4 диметилпіразол, 3,5 диметилпіразол.

– триазоли. 1Х 1,2,4 триазол. Піридини. 2 хлор 6 трихлорметилпіридин.

– масло дерева нім та інші [23; 24; 25; 26; 27; 28; 29].

Щодо офіційного регулювання використання інгібіторів, а саме інгібітору нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат було запроваджене рішення регуляторної комісії Європейського Союзу № 1257/2014, що коригує впорядкування ЄС № 2003/2003 Європейського Парламенту та Ради стосовно добрив та зміни доповнень I та IV від 24.11.2014 [30].

Метою досліджень було встановити доцільність та вплив використання інгібітору нітрифікації (ІН) 3,4 диметилпіразолфосфат (ДМПФ) при сумісному внесенні з карбамідно-аміачною сумішшю (КАС-32) на врожайність кукурудзи. Визначити різницю у врожайності кукурудзи за умови використання різних норм КАС-32 з додаванням та без додавання ІН.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в науково-дослідному пункті СТОВ «Дружба Нова» Варвинського р-ну Чернігівської обл. (відділення агрохолдингу Кернел). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний, орний шар якого характеризується такими основними показниками: уміст гумусу – 3,4%, рН нейтральний і близький до нейтрального – 5,77,0, уміст рухомих форм фосфору – від високого і дуже високого – 15,426,3 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – від середнього до високого – 7,116,2 мг/100 г ґрунту, легкогідролізованого азоту – від підвищеного до високого – 5,77,9 мг/100 г ґрунту. Дослідження проводили за схемою однофакторного досліді. Посівна площа дослідної ділянки – на 0,6 га, чергування варіантів – послідовне. Польові досліді закладали й виконували згідно з методикою польових дослідів (Доспехов Б. А., 1985). Облік урожаю проводили методом суцільного збирання та зважування бункерної маси з кожної ділянки з наступним перерахунком на стандартну вологість і засміченість згідно з ДСТУ 224093 у 3-разовій повторності. Математико-статистичне обрахування даних здійснювали за допомогою програмно-інформаційного комплексу «Agrostat».

Згідно рішення регуляторної комісії Європейського Союзу № 1257/2014, що коригує впорядкування ЄС № 2003/2003 Європейського Парламенту та Ради стосовно добрив та зміни доповнень I та IV від 24.11.2014, встановлено норму використання 3,4-диметилпіразолфосфат (ЄС № 424-640-9) як мінімум 0,8% і максимум

1,6%. Отже, 3,4-диметилпіразолфосфат можна застосувати в межах мінімально 0,8% та максимально 1,6% на амідному NH_2^- та амонійному NH_4^+ формах азоту. Для розрахунку норми використання інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат на КАС-32 брали до уваги те, що на вміст 1000 кг наявного КАС-32 потрібно інгібувати 78 кг амонійного азоту NH_4^+ та 156 кг амідного азоту NH_2^- , що дає в сумі 234 кг амонійного азоту NH_4^+ та амідного азоту NH_2^- , тобто всього азоту для інгібування. Відповідно до регулювання використовували мінімальну норму інгібітора 3,4-диметилпіразолфосфат 0,8% (234 кг азоту, $0,8\% = 1,87$ кг), тому потрібно 1,87 кг ДМПФ за умови 100%-ї його концентрації. Застосовували ДМПФ з концентрацією 24,9%, тому норму 1,87 кг ДМПФ з 100% концентрацією потрібно перевести в концентрацію 24,9% ($1,87 \text{ кг} / 24,9\% = 7,51$ кг ДМПФ з концентрацією 24,9% на 1000 кг КАС-32). Оскільки ДМПФ є рідиною зі щільністю 1,07 кг/л, то для зручності використання в польових умовах потрібно його перевести в л/га ($7,51 \text{ кг} / 1,07 \text{ кг/л} = 7,02$ л ДМПФ на 1000 кг КАС-32). Норма використання інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат на КАС-32 становить 7,02 л на 1000 кг КАС-32. Згідно з наведеною вище калькуляцією розрахункова норма ДМПФ для КАС-32 з нормою 300 кг/га була 2,11 л/га за норми КАС-32, 350 кг/га – 2,45 л/га.

На контрольному варіанті (без азотних добрив) вносилося НРК 7-20-28 нормою 150 кг/га за сівби. Фон по варіантах дослідів був – $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ (вносили гранульовані добрива НРК 7-20-28 нормою 150 кг/га за сівби та гранульований сульфат амонію нормою 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту). КАС-32 нормою згідно з варіантами дослідів та інгібітор нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат вносили навесні після відновлення вегетації. В суміші з КАС, інгібітор нітрифікації дає змогу зберегти основний запас мінерального азоту на більш довгий період часу до моменту найбільшої необхідності для рослини, а саме до моменту початку цвітіння. Саме інгібітор нітрифікації в суміші з КАС здатен не тільки пролонгувати використання наявного азоту в ґрунті, але і значно оптимізувати його засвоєння рослинами кукурудзи.

Результати досліджень. Згідно з результатами досліджень (табл. 1, рисунок) урожайність кукурудзи була різною залежно від років досліджень. Так, вищий рівень врожайності був в 2018 році (86,0–110,2 ц/га) і в 2021 році (85,7–111,9 ц/га) порівняно з урожайністю в 2019 (72,0–88,9 ц/га) та 2020 роках. (81,786,6 ц/га).

Середня врожайність кукурудзи в усіх варіантах дослідів в 2018–2021 рр. становила 72,0111,9 ц/га. Урожайність кукурудзи в контрольному варіанті (без азотних добрив) у 2018–2021 рр. була найнижчою – 72,086,0 ц/га, що в середньому за 4 роки становило 81,4 ц/га. Урожайність у варіанті $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га без ІН в роки досліджень була в межах 77,599,7 ц/га, у середньому за 4 роки – 89,7 ц/га. Урожайність кукурудзи у варіантах $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 300 кг/га з ІН та $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га з ІН в 2018–2021 рр. була найвищою порівняно з іншими варіантами дослідів – 82,7–111,9 ц/га та 86,6–105,9 ц/га, що в середньому становило 97,5 ц/га та 95,2 ц/га відповідно.

Згідно результатів дослідів по роках досліджень зі збільшенням норми КАС-32 до 350 кг/га з інгібітором нітрифікації не завжди формувалася найвища врожайність. Так найвища врожайність кукурудзи була у варіанті $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 300 кг/га з ІН в 2018 та 2021 роках досліджень. У 2018 р. приріст урожайності становив 24,2 ц/га у порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), 10,5 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га без ІН, приріст 4,3 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га з ІН. У 2021 р. приріст урожайності становив 26,2 ц/га у порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), 14,2 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га без ІН, приріст 12,4 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га з ІН. Збільшення норми КАС-32 до 350 кг/га з ІН приводив до вищої врожайності кукурудзи в 2019 та 2020 роках досліджень з огляду на те, що норма КАС-32 в останньому була вищою на 50 кг/га (300 кг/га проти 350 кг/га КАС-32) плюс ІН в обох варіантах.

У 2019 р. приріст урожайності на даному варіанті становив 16,9 ц/га у порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), 11,4 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га без ІН, та приріст 6,2 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га з ІН. Аналогічно в 2020 році приріст урожайності становив 4,9 ц/га у порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), 2,8 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га без ІН, приріст 1,5 ц/га – у порівнянні з варіантом $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га з ІН. В середньому за 4 роки досліджень 2018–2021 рр. урожайність кукурудзи була дещо вищою на варіанті $\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 300 кг/га з ІН що становило 97,5 ц/га, що в свою чергу було більше на 16,1 ц/га у порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), на

Таблиця 1

Урожайність кукурудзи залежно від використання різних норм КАС-32 з додаванням інгібітора нітрифікації (2018–2021 рр.), ц/га

Варіант	Урожайність, ц/га				Середня врожайність, ц/га
	2018	2019	2020	2021	
Без азотних добрив (контроль)	86,0	72,0	81,7	85,7	81,4
$\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 300 кг/га+ІН	110,2	82,7	85,1	111,9	97,5
$\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32, 350 кг/га+ІН	105,9	88,9	86,6	99,5	95,2
$\text{N}_{32}\text{P}_{30}\text{K}_{42}$ +КАС-32 – 350 кг/га	99,7	77,5	83,8	97,7	89,7
NIP_{05}	8,87	3,35	2,91	2,75	-

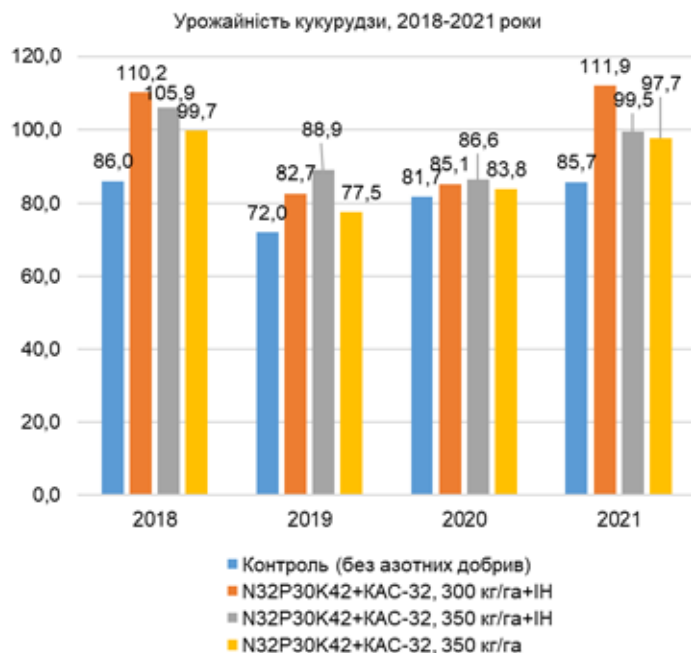


Рис. 1. Урожайність кукурудзи залежно від використання різних норм КАС-32 з додаванням інгібітора нітрифікації (2018-2021 рр.), ц/га

7,8 ц/га – у порівнянні з варіантом $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га без ІН, та на 2,3 ц/га – у порівнянні з варіантом $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га з ІН. Збільшення норми КАС-32 до з 300 кг/га до 350 кг/га із додаванням ІН на обох варіантах не призводить до збільшення врожайності в середньому за 4 роки досліджень.

Частка впливу досліджуваного фактору становив по роках: в 2018 – 88%, у 2019 – 96%, у 2020 – 73% та у 2021 – 99%. $НІР_{05}$ у 2018 р. становив 8,87 ц/га, 2019 р. – 3,35, 2020 р. – 2,91, у 2021 р. – 2,75 ц/га. Рівні $НІР_{05}$ за роками були значно нижчими за приріст урожаю, це свідчить про те, що в досліді приріст урожаю перевищує потенційну похибку досліді.

Середня врожайність кукурудзи в 2018-2021 рр. на контрольному варіанті (без азотних добрив) становила 81,4 ц/га, середня врожайність поступово підвищувалась на варіанті $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 300 кг/га без ІН до 85,7 ц/га, на варіанті $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га з ІН до 95,2 ц/га та на варіанті $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 300 кг/га з ІН середня врожайність була найвищою та становила 97,5 ц/га (табл. 2). Аналізуючи дані середньої врожайності в порівнянні з контрольним варіантом (без азотних добрив), відзначено певне відхилення в прирості врожайності в усіх варіантах досліді. Так, приріст уро-

жайності в порівнянні з контрольним варіантом у варіанті $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 300 кг/га з ІН був найвищим та становив 16,1 ц/га, або 19,8%, приріст врожайності в порівнянні з контролем знижувався на варіантах $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га з ІН та $N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га без ІН – до 13,8 ц/га та 4,3 ц/га, або 17,0% та 5,3% відповідно.

Висновки. Експериментальними дослідженнями доведено, що використання інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат разом із азотним добривом КАС-32 є ефективним агрономічним заходом, що істотно впливав на врожайність кукурудзи впродовж усіх 4-х років досліджень (2018-2021). Встановлено, що врожайність у варіантах із використанням інгібітора нітрифікації в порівнянні з контролем (без азотних добрив) підвищилася на 13,816,1 ц/га (17,0-19,8%). За однакової норми КАС-32, 350 кг/га у варіанті з використанням інгібітора нітрифікації врожайність пшениці озимої збільшилася на 9,5 ц/га, або 11,1% у порівнянні з варіантом, де використовували КАС-32 за тієї самої норми без інгібітора нітрифікації. В середньому за 4 роки досліджень 2018–2021 на варіанті зі зменшеною нормою КАС-32 до 300 кг/га з інгібітором нітрифікації отримали най-

Таблиця 2

Урожайність кукурудзи залежно від використання різних норм КАС-32 з додаванням інгібітора нітрифікації (2018–2021 рр.), ц/га

Варіант	Середня врожайність, ц/га	+/- до контролю	
		ц/га	%
Без азотних добрив (контроль)	81,4	–	–
$N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 300 кг/га+ІН	97,5	16,1	19,8
$N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$, 350 кг/га+ІН	95,2	13,8	17,0
$N_{32}P_{30}K_{42}+KAC-32$ – 350 кг/га	85,7	4,3	5,3

вищу урожайність на рівні 97,5 ц/га що було вище на 16,1 ц/га або 19,8% від контрольного варіанті, на 11,8 ц/га або 13,8% від варіанту з КАС-32 нормою 350 кг/га без ІН та на 2,3 ц/га або 2,4% від варіанту з КАС-32 нормою 350 кг/га з ІН.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Яковлев Н. Б., Аверьянова А. И. "Влияние применения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы." *Сельскохозяйственная биология*, 2017. Том 52. №2. С. 287–293.
- Калинкин П. Н., Лопатинская О. В., Абрамов А. С., Белякова Л. В. «Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность кукурузы в условиях Центральной зоны России». *Вестник Оренбургского государственного аграрного университета*, 2017. Том 1. №39. С. 117–122.
- Zhang W., Wang X., & Zhang Y. (2016). Effect of nitrogen application rate on yield and nitrogen use efficiency of maize in Northeast China. *Frontiers in Plant Science*. 7, 1–12.
- Fernández M. C., Rubio G. (2015). Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 178, 807–815.
- Ma B. L., & Dwyer L. M. (2015). Nitrogen management for improving corn yield and nitrogen use efficiency in cool, humid regions. *Agronomy Journal*. 107(2), 779–788.
- Быстрова Т. А. "Роль азота в росте и развитии кукурузы." *Аграрный вестник Урала*, 2019. Том 167. №1. С. 89–96.
- Vitousek P. M., Aber J. D., Howarth R. W., Likens G. E., Matson P. A., Schindler D. W., & House G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*. 7(3), 737–750.
- Панченко Л. С., Букин Е. В., Комарова Л. А., Желтоножский В. А. "Эколого-экономический анализ использования азотных удобрений в производстве кукурузы в Украине." *Аграрный вестник Днепропетровской области*, 2018. Том. 1. №64. С. 67–72.
- Xu G., Fan X., & Miller A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 63, 153–182.
- Chunlian Q., Lingli L., Shuijin H. et al. (2015). How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology*. 21 (1249–1257), 3–5. doi: 10.1111/gcb.12802
- Лаврова И. А. Ингибиторы нитрификации и эффективность азотных удобрений: Обзорная информация. Москва: ВНИИТЭИагропром, 1990. 40 с.
- Legg J. O., Allison F. E. (1967). A tracer study of nitrogen balance and residual nitrogen availability with 12 soils. *Soil Sei. Soc. Amer. Proc.* 31 (3), 403–406.
- Subbarao G. V., Ito O., Berry W. L., Wheeler R. M., & Bunderson W. T. (2015). Sustainable agriculture through soil microbiology: A perspective. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31(2), 69–82.
- Cameron K. C., Di H. J., Moir J. L., & Stirling C. M. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology*. 162(2), 145–173.
- Малюга Ю. Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины. Харьков: ЧПИ «Новое слово», 2006. 438 с.
- Каленська С. М., Таран В. А. (2018). Индекс урожайности гибридов кукурузы залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Вивчення та захист сортів рослин*. 14 (4):141–149.
- Shafi M., Bakht J., Ali S., Khan H., Khan M. A., Sharif M. (2012). Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Bot.* 44. (2), 691–696.
- Муравин Э. А. Ингибиторы нитрификации. Москва: Агропромиздат, 1989. 247 с.
- Zerulla W., Barth T., Dressel J. et al. (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol Fert Soil*. 34 (79–84), 1–4.
- Kumar K., Goh K. M., Choo C. M., Sabaratnam V., & Tan Y. P. (2017). Nitrification inhibitors from the soil environment and their potential use for enhancing crop production. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 101 (1), 13–25.
- Abalos D., Jeffery S., Sanz-Cobena A., Guardia G., and Vallejo A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agric. Ecosyst. Environ.* 189, 136–144. doi:10.1016/j.agee.2014.03.036
- Cruchaga S., Artola E., Lasa B., Ariz I., Irigoyen I., Moran J. F., et al. (2011). Short term physiological implications of NBPT application on the N metabolism of *Pisum sativum* and *Spinacea oleracea*. *J. Plant Physiol.* 168, 329–336. doi:10.1016/j.jplph.2010.07.024
- Chaves B., et al. (2006). Influence of DCD and DMPP on soil N dynamics after incorporation of vegetable crop residues. *Biol. Fert. Soils*. 43, 62–68.
- Weiske A., Benckiser G., Herbert T. & Ottow J. (2001). Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biol. Fert. Soils*. 34, 109–117.
- Abbasi M. K., Hina M., Tahir M. M. (2011). Effect of *Azadirachta indica* (neem), sodiumthiosulfate and calciumchloride on changes in nitrogen transformations and inhibition of nitrification in soil incubated under laboratory conditions. *Chemosphere* 82, 1629–1635.
- Goos R. J., 1985. Identification of ammonium thiosulfate as a nitrification and urease inhibitor. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 232–235.
- Ashworth J., Briggs G. G., Evans A. A. and Matula J. (1997). Inhibition of nitrification by nitryrin, carbon disulfide and trithiocarbonate. *J. Sci. Food Agric.* 28, 673–683.
- Sahrawat K. L., Parmar B. S. (1975). Alcohol extract of *Neem* (*Azadirachta indica* L.) seed as nitrification inhibitor. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* 23, 131–134.
- Santhi S. R., Palaniappan S. P., Purushothaman D. (1986). Influence of neem leaf on nitrification in low land rice soil. *Plant Soil*. 93, 133–135.
- Commission regulation (EU) № 1257/2014 amending Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and of the Council relating to fertilizers for the purposes of adapting Annexes I and IV. 2014. P. 12

REFERENCES:

1. Yakovlev N.B., Averyanova A.I. (2017). Vliyanie primeneniya mineralnykh udobreniy na urozhaynost i kachestvo zerna kukuruzyi [Influence of the use of mineral fertilizers on the yield and quality of corn grain]. *Agricultural biology*. Volume 52. No. 2. 287–293 [in Russian].
2. Kalinkin P.N., Lopatinskaya O.V., Abramov A. S., Belyakova L.V. (2017). Vliyanie predshestvennikov i mineralnykh udobreniy na urozhaynost kukuruzyi v usloviyah Tsentralnoy zonyi Rossii. [Influence of predecessors and mineral fertilizers on corn productivity in the conditions of the Central zone of Russia]. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. Volume 1. No. 39. 117–122 [in Russian].
3. Zhang W., Wang X., & Zhang Y. (2016). Effect of nitrogen application rate on yield and nitrogen use efficiency of maize in Northeast China. *Frontiers in Plant Science*. 7, 1–12.
4. Fernández M. C., Rubio G. (2015). Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 178, 807–815.
5. Ma B. L., & Dwyer L. M. (2015). Nitrogen management for improving corn yield and nitrogen use efficiency in cool, humid regions. *Agronomy Journal*. 107(2), 779–788.
6. Byistrova T.A. (2019). Rol azota v roste i razvitiy kukuruzyi. [The role of nitrogen in the growth and development of corn]. *Agrarian Bulletin of the Urals*. Volume 167. No. 1. 89–96 [in Russian].
7. Vitousek P. M., Aber J. D., Howarth R. W., Likens G. E., Matson P. A., Schindler D. W., & House G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*. 7(3), 737–750.
8. Panchenko L.S., Bukin E.V., Komarova L.A., Zheltonozhskiy V.A. (2018). Ekologo-ekonomicheskii analiz ispolzovaniya azotnykh udobreniy v proizvodstve kukuruzyi v Ukraine. [Ecological and economic analysis of the use of nitrogen fertilizers in the production of corn in Ukraine]. *Agrarian Bulletin of the Dnepropetrovsk region*. Vol. 1. No. 64. 67–72 [in Russian].
9. Xu G., Fan X., & Miller A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 63, 153–182.
10. Chunlian Q., Lingli L., Shuijin H. et al. (2015). How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology*. 21 (1249–1257), 3–5. doi: 10.1111/gcb.12802
11. Lavrova I.A. (1990). Ingibitoryi nitrifikatsii i effektivnost azotnykh udobreniy: Obzornaya informatiya. [Nitrification Inhibitors and Nitrogen Fertilizer Efficiency: An Overview]. Moscow: VNIIEIagroprom. 40 [in Russian].
12. Legg J. O., Allison F. E. (1967). A tracer study of nitrogen balance and residual nitrogen availability with 12 soils. *Soil Sei. Soc. Amer. Proc.* 31 (3), 403–406.
13. Subbarao G. V., Ito O., Berry W. L., Wheeler R. M., & Bunderson W. T. (2015). Sustainable agriculture through soil microbiology: A perspective. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31(2), 69–82.
14. Cameron K. C., Di H. J., Moir J. L., & Stirling C. M. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology*. 162(2), 145–173.
15. Malyuga Yu.E. (2006). Teoreticheskoe obosnovanie effektivnosti azotnykh udobreniy prolongirovannogo deystviya v lesnom i selskom hozyaystve Ukrainy. [Theoretical substantiation of the effectiveness of nitrogen fertilizers of prolonged action in the forestry and agriculture of Ukraine]. Kharkov: CPI New Word. 438. [in Russian].
16. Kalenska S.M., Taran V.A. (2018). Indeks urozhaynosti gibridiv kukurudzii zalezho vid gustoti stoyannya roslin, norm dobriv ta pogodnih umov viroschuvannya. [Yield index of maize hybrids depending on plant density, fertilizer rates and weather conditions]. *Plant Varieties Studying and Protection* 14(4):141–149 [in Ukrainian].
17. Shafi M., Bakht J., Ali S., Khan H., Khan M. A., Sharif M. (2012). Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Bot.* 44. (2), 691–696.
18. Muravin E. A. (1989). Ingibitoryi nitrifikatsii. [Nitrification inhibitors]. Moscow: Agropromizdat. 247 [in Russian].
19. Zerulla W., Barth T., Dressel J. et al. (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol Fertl Soils*. 34 (79–84), 1–4.
20. Kumar K., Goh K. M., Choo C. M., Sabaratnam V., & Tan Y. P. (2017). Nitrification inhibitors from the soil environment and their potential use for enhancing crop production. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 101 (1), 13–25.
21. Abalos D., Jeffery S., Sanz-Cobena A., Guardia G., and Vallejo A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agric. Ecosyst. Environ.* 189, 136–144. doi:10.1016/j.agee.2014.03.036
22. Cruchaga S., Artola E., Lasa B., Ariz I., Irigoyen I., Moran J. F., et al. (2011). Short term physiological implications of NBPT application on the N metabolism of *Pisum sativum* and *Spinacea oleracea*. *J. Plant Physiol.* 168, 329–336. doi:10.1016/j.jplph.2010.07.024
23. Chaves B., et al. (2006). Influence of DCD and DMPP on soil N dynamics after incorporation of vegetable crop residues. *Biol. Fert. Soils*. 43, 62–68.
24. Weiske A., Benckiser G., Herbert T. & Ottow J. (2001). Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biol. Fert. Soils*. 34, 109–117.
25. Abbasi M. K., Hina M., Tahir M. M. (2011). Effect of *Azadirachta indica* (neem), sodiumthiosulfate and calciumchloride on changes in nitrogen transformations and inhibition of nitrification in soil incubated under laboratory conditions. *Chemosphere* 82, 1629–1635.
26. Goos R. J., 1985. Identification of ammonium thiosulfate as a nitrification and urease inhibitor. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 232–235.
27. Ashworth J., Briggs G. G., Evans A. A. and Matula J. (1997). Inhibition of nitrification by nitryrin, carbon disulfide and trithiocarbonate. *J. Sci. Food Agric.* 28, 673–683.
28. Sahrawat K. L., Parmar B. S. (1975). Alcohol extract of *Neem* (*Azadirachta indica* L.) seed as nitrification inhibitor. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* 23, 131–134.

29. Santhi S. R., Palaniappan S. P., Purushothaman D. (1986). Influence of neem leaf on nitrification in low land rice soil. *Plant Soil*. 93, 133–135.
30. Commission regulation (EU) № 1257/2014 amending Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and of the Council relating to fertilizers for the purposes of adapting Annexes I and IV. 2014. P. 12.

Мунтян С.В., Шатковський А.П. Вплив інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату на продуктивність кукурудзи за поєданого використання з КАС-32

Метою було вивчити вплив інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат, унесеного разом із КАС-32 (карбамідно-аміачною сумішшю) на врожайність кукурудзи за 20182021 рр. досліджень.

Методи. Впродовж 2018–2021 рр. проводили дослідження в умовах науково-дослідного пункту СТОВ «Дружба Нова» Варвинського р-ну Чернігівської обл. (відділення агрохолдингу Кернел) на чорноземі типовому малогумусному. Однофакторний дослід, контроль – (без азотних добрив). Фон – $N_{32}P_{30}K_{42}$ сумісно з КАС-32 нормою 350 кг/га без ІН (навесні після відновлення вегетації), варіант $N_{32}P_{30}K_{42}$ плюс КАС-32 нормою 350 кг/га з додаванням ІН та варіант $N_{32}P_{30}K_{42}$ сумісно із зменшеною нормою КАС-32 нормою 300 кг/га з додаванням ІН.

Результати. Дослідами було підтверджено що використання ІН сумісно з КАС-32 суттєво вплинуло на врожайність кукурудзи. При однаковій нормі КАС-32 в 350 кг/га варіант з використанням ІН показав збільшення урожайності на 5,5 ц/га або 6,1% в порівнянні з варіантом з використанням КАС-32 при тій самій нормі в 350 кг/га без ІН а на варіанті при зменшеній нормі КАС-32 до 300 кг/га з ІН в порівнянні з варіантом при збільшеній нормі КАС-32 в 350 кг/га але без ІН було зафіксовано також збільшення врожайності на рівні 7,8 ц/га або 8,7% за 4 роки досліджень 2018–2021.

Висновки. Встановлено, що збільшення врожайності кукурудзи на варіантах з використанням ІН сумісно з КАС-32 в порівнянні з контролем (без азотних добрив) становило 13,8–16,1 ц/га (17,0–19,8%) а на варіантах з використанням ІН сумісно з КАС-32 в порівнянні з варіантом з КАС-32 але без ІН було встановлено збільшення врожайності кукурудзи в межах 9,511,8 ц/га (11,1–13,8%) за 4 роки досліджень 20182021.

Ключові слова: азотне живлення, урожайність, втрати азоту, амонійний та нітратний азот, карбамідно-аміачна суміш, денітрифікація.

Muntian S.V., Shatkovskiy A.P. The effect of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate on the productivity of corn in combination with UAN-32

Purpose. To study the effect of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate applied together with UAN-32 (urea-ammonia solution) on the yield of corn in 20182021.

Methods. During 20182021, research was conducted in the conditions of the Druzhba Nova scientific research center of the Varvinsky District, Chernihiv Region. (department of the Kernel agricultural holding) on typical low-humus black soil. One-factor experiment, control – (without nitrogen fertilizers). Background – $N_{32}P_{30}K_{42}$ in combination with UAN-32 at a rate of 350 kg/ha without nitrification inhibitor (in the spring after vegetation recovery), variant $N_{32}P_{30}K_{42}$ plus UAN-32 at a rate of 350 kg/ha with the addition with nitrification inhibitor and variant $N_{32}P_{30}K_{42}$ compatible with a reduced rate of UAN-32 at a rate of 300 kg/ha ha with nitrification inhibitor.

Results. Experiments confirmed that the use of nitrification inhibitor in combination with UAN-32 significantly affected the yield of corn. At the same rate of UAN-32 at 350 kg/ha, the option using nitrification inhibitor showed an increase in yield by 5,5 c/ha or 6.1% compared to the option using UAN-32 at the same rate of 350 kg/ha without nitrification inhibitor. The option with a reduced rate of UAN-32 up to 300 kg/ha with nitrification inhibitor compared to the option with an increased rate of UAN-32 in 350 kg/ha but without nitrification inhibitor showed an increase in yield at the level of 7,8 c/ha or 8,7% in average for 4 years of studies 20182021.

Conclusions. It was established that the increase in corn yield on the variants using nitrification inhibitor in combination with UAN-32 compared to the control (without nitrogen fertilizers) was 13,8–16,1 c/ha (17,0–19,8%) and on the variants with using nitrification inhibitor in combination with UAN-32 in comparison with the variant with UAN-32 but without nitrification inhibitor, an increase in corn yield was in the range of 9,5–11,8 c/ha (11,1–13,8%) in average over 4 years of research in 20182021.

Key words: nitrogen nutrition, productivity, nitrogen loses, ammonium and nitrate nitrogen, urea-ammonia solution, denitrification.