

УДК 633.11:631.8

© 2023

## ВПЛИВ ІНГІБІТОРА НІТРИФІКАЦІЇ 3,4-ДИМЕТИЛПІРАЗОЛФОСФАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА РІЗНИХ НОРМ АЗОТНИХ ДОБРИВ

С.В. Мунтян

кандидат сільськогосподарських наук  
Інститут водних проблем і меліорації НААН  
вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022, Україна  
e-mail: ais\_888@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-8933-9283

Надійшла 15.08.2023

**Мета.** Дослідити вплив використання інгібітора нітрифікації (ІН) 3,4-диметилпіразолфосфату за різних норм азотних добрив та внесення карбамідно-аміачної суміші (КАС-32) на врожайність насіння ріпаку озимого. **Визначити** різницю в урожайності ріпаку озимого за умови використання різних норм КАС-32 з додаванням та без додавання ІН. **Методи.** Польовий (стаціонарний дослід); лабораторний (агрохімічний аналіз ґрунтових і рослинних зразків); аналітичний (системний аналіз багаторічних результатів польового досліджу і метеорологічних спостережень); математико-статистичний; кореляційного і регресивного аналізу; математичного моделювання та емпіричного узагальнення встановлених закономірностей. **Результати.** Підтверджено, що використання інгібітора нітрифікації з КАС-32 істотно вплинуло на врожайність ріпаку озимого. У середньому за 3 роки досліджень (2018, 2020 та 2021), проведених у науково-дослідному пункті СТОВ «Дружба нова» Варвинського р-ну Чернігівської обл. (відділення агрохолдингу Корнел), за однакової норми азотних добрив у варіанті фон +  $N_{130}$  з використанням ІН урожайність підвищилася на 0,37 т/га, або 13,3% порівняно з варіантом фон +  $N_{130}$  без використання ІН. У варіанті зі зменшеною нормою азотних добрив фон +  $N_{120}$  з використанням ІН порівняно з варіантом за збільшеної норми азотних добрив фон +  $N_{130}$ , але без використання ІН було зафіксовано також підвищення врожайності на 0,27 т/га, або 9,7%. **Висновки.** Установлено, що врожайність у варіантах фон +  $N_{120}$  та фон +  $N_{130}$  з використанням інгібітора нітрифікації порівняно з контролем  $N_{10}P_{30}K_{40}$  (фон) збільшилася на 0,58 – 0,68 т/га (23,4 – 27,4%), у варіантах фон +  $N_{120}$  та фон +  $N_{130}$  з використанням ІН порівняно з варіантом фон +  $N_{130}$ , але без застосування ІН урожайність підвищилася на 0,27 – 0,37 т/га (9,7 – 13,3%) за 3 роки досліджень (2018, 2020 та 2021).

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

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202312-03>

Інгібітори азоту — це клас агрохімікатів, які використовують для зменшення втрат азоту в сільськогосподарському виробництві. Інгібітори уповільнюють перетворення форм

азоту, схильних до втрат, зокрема нітратів, і сприяють утриманню азоту в ґрунті, який поглинається рослинами, завдяки чому підвищується врожайність сільськогосподарських

культури і поліпшуються якісні показники ґрунту [1–3]. Доведено, що інгібітори азоту впливають на зниження рівнів викидів парникових газів у сільськогосподарському виробництві, зокрема закису азоту, який є шкідливим парниковим газом і утворюється в процесі нітрифікації та денітрифікації [2, 4–6].

Досліджуваний інгібітор нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат був розроблений німецьким хімічним концерном БАСФ (BASF) у 1994–1999 рр. із продуктів групи піразолів. Основні його характеристики: не впливає негативно на родючість ґрунту, не має проміжних токсичних складових у процесі інгібування, простий у використанні, сприяє підвищеному використанню рослиною азоту з добрив та ґрунту, знижує його втрати через зменшення рівнів вимивання та денітрифікації (газоподібні втрати) [7, 8–10].

Використання інгібіторів азоту чітко регулюється контролювальними агенціями в багатьох країнах, є певні ліміти на використання, граничні норми внесення та частота таких унесеней [11]. Згідно з рішенням 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 регулюється інгібітор нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат. Установлено норму використання 3,4-диметилпіразолфосфату (ЄС № 424-640-9) як мінімум 0,8% і максимум 1,6% [12].

**Мета досліджень** — вивчити вплив інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату (ІН), унесеного разом із КАС-32 (карбамідно-аміачною сумішшю), на врожайність насіння ріпаку озимого за 3 роки досліджень (2018, 2020 та 2021 р.).

**Матеріали та методи 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 — 5,7–7,0, уміст рухомих форм фосфору — від високого і дуже високого — 15,4–26,3 мг/100 г ґрунту, обмінного калію — від середнього до високого — 7,1–16,2, легкогідролізова-

ного азоту — від підвищеного до високого — 5,7–7,9 мг/100 г ґрунту. Дослідження проводили за схемою 1-факторного досліді. Посівна площа дослідної ділянки — 0,6 га, чергування варіантів — послідовне. Польові досліді закладали й виконували згідно з методикою польових дослідів (Б.О. Доспехов, 1985). Облік урожаю здійснювали методом суцільного збирання та зважування бункерної маси з кожної ділянки з наступним перерахунком на стандартну вологість і засміченість згідно з ДСТУ 2240–93 у 3-разовій повторності. Математико-статистичне обчислювання даних виконували за допомогою програмно-інформаційного комплексу «Agrostat».

Для розрахунку норми використання інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат на КАС-32 брали до уваги те, що на 1000 кг наявної КАС-32 потрібно інгібувати 78 кг амонійного азоту  $\text{NH}_4^+$  та 156 кг амідного азоту  $\text{NH}_2^-$ , що дає в сумі 234 кг амонійного азоту  $\text{NH}_4^+$  та амідного азоту  $\text{NH}_2^-$ , тобто всього азоту для інгібування. Відповідно до регулювання використовували мінімальну норму інгібітора 3,4-диметилпіразолфосфат 0,8% (234 кг азоту  $\cdot$  0,8% = 1,87 кг), тому потрібно 1,87 кг ІН 100%-ї концентрації. Використовували ІН із концентрацією 24,9%, тому норму 1,87 кг ДМПФ зі 100%-ю концентрацією потрібно перевести в концентрацію 24,9% (1,87 кг / 24,9% = 7,51 кг ІН з концентрацією 24,9% на 1000 кг КАС-32). Оскільки ІН є рідиною зі щільністю 1,07 кг/л, то для зручності використання в польових умовах потрібно її перевести в л/га (7,51 кг / 1,07 кг/л = 7,02 л ІН 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 ІН для КАС-32 з нормою 300 кг/га була 2,11 л/га за норми КАС-32, 350 кг/га — 2,45 л/га.

У досліді використовували такі варіанти з унесенням відповідних норм добрив: фон —  $\text{N}_{10}\text{P}_{30}\text{K}_{40}$ , вносили гранульовані добрива НРК 7-20–28 нормою 150 кг/га за сівби; фон +  $\text{N}_{120}$  + ІН, додатково вносили гранульований сульфат амонію нормою 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту та КАС-32 нормою 300 кг/га з додаванням ІН навесні після відновлення вегетації; фон +  $\text{N}_{130}$  + ІН,

додатково вносили гранульований сульфат амонію нормою 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту та КАС-32 нормою 350 кг/га з додаванням ІН навесні після відновлення вегетації; фон + N<sub>130</sub>, додатково вносили гранульований сульфат амонію нормою 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту та КАС-32 нормою 350 кг/га без додавання ІН навесні після відновлення вегетації.

**Результати досліджень.** З весняного відновлення вегетації ріпак стає надзвичайно вибагливим до азотного живлення. Причиною тому є активний процес відновлення пошкодженої взимку вегетативної маси та потреба в нарощуванні нового листового апарату для подальшого росту і розвитку. Основна проблема цієї культури полягає в тому, що процес засвоєння азоту є активним і потребує постійної його наявності аж до фази бутонізації та цвітіння.

Для досягнення оптимальних показників урожайності варто звертати увагу не лише на підбір правильної форми азоту для рослини, а й на оптимальний розподіл елемента живлення впродовж усього критичного періоду його засвоєння. Найкращим варіантом для досягнення оптимальних показників росту й розвитку цієї культури та отримання високих урожаїв у майбутньому є використання інгібітора нітрифікації в поєднанні з КАС, оскільки саме інгібітор нітрифікації здатний забезпечити рівномірне засвоєння азоту рослиною протягом критичного періоду й значно зменшити втрати азоту з ґрунту, зберігаючи його лише для потреб культури.

Згідно з результатами досліджень урожайність ріпаку озимого була різною залежно від років досліджень (табл. 1). У всіх варіантах досліджу найвищою вона була в 2018

р. (3,12–3,85 т/га). У 2020 та в 2021 р. урожайність була на тому самому рівні (2,21–2,98 та 2,11–2,7 т/га відповідно). Середня врожайність ріпаку озимого в усіх варіантах досліджу в 2018, 2020, 2021 р. становила 2,11–3,85 т/га. У контрольному варіанті (фон (N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>)) у 2018, 2020, 2021 р. вона була найнижчою — 2,11–3,12 т/га, що в середньому за 3 роки становило 2,48 т/га. Урожайність у варіанті фон + N<sub>130</sub> без ІН в роки досліджень становила 2,31–3,45 т/га, у середньому за 3 роки — 2,79 т/га. Урожайність у варіантах фон + N<sub>120</sub> та фон + N<sub>130</sub> з ІН в 2018–2021 рр. була найвищою порівняно з іншими варіантами досліджу — 2,7–3,7 т/га та 2,66–3,85 т/га, що в середньому — 3,06 та 3,16 т/га відповідно. Найвищою врожайність була у варіанті фон + N<sub>130</sub> з ІН за 2 роки досліджень (2018 та 2020). У 2018 р. приріст урожаю становив 0,73 т/га порівняно з контрольним варіантом (N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>), 0,4 т/га — порівняно з варіантом фон + N<sub>130</sub> без ІН та 0,15 т/га — порівняно з варіантом фон + N<sub>120</sub> з ІН. У 2020 р. відзначено подібну тенденцію, приріст урожаю становив 0,77 т/га, 0,67 та 0,19 т/га відповідно. Зі збільшенням норми азоту від N<sub>120</sub> до N<sub>130</sub> (що відповідає підвищенню норм КАС-32 від 300 кг/га до 350 кг/га) з інгібітором нітрифікації не завжди формувалася найвища врожайність. Так, у 2021 р. найкращий результат був у варіанті фон + N<sub>120</sub> з ІН, урожайність становила 2,7 т/га, приріст урожаю — 0,59 т/га порівняно з контрольним варіантом фон (N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>), 0,1 т/га — порівняно з варіантом фон + N<sub>130</sub> без ІН та 0,4 т/га — порівняно з варіантом фон + N<sub>130</sub> з ІН з огляду на те, що норма КАС-32 в останньому варіанті була вищою

**1. Урожайність ріпаку озимого залежно від використання різних норм азотних добрив із додаванням інгібітора нітрифікації (2018, 2020, 2021 р.)**

| Варіант   | Урожайність, т/га |       |       | Середня врожайність, т/га |
|---|-------------------|-------|-------|---------------------------|
|   | 2018              | 2020  | 2021  |                           |
| N <sub>10</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub> (фон) | 3,12              | 2,21  | 2,11  | 2,48                      |
| Фон + N <sub>120</sub> + ІН                           | 3,70              | 2,79  | 2,70  | 3,06                      |
| Фон + N <sub>130</sub> + ІН                           | 3,85              | 2,98  | 2,66  | 3,16                      |
| Фон + N <sub>130</sub>                                | 3,45              | 2,31  | 2,60  | 2,79                      |
| HIP <sub>05</sub>                                     | 0,312             | 0,266 | 0,363 | –                         |

на 50 кг/га (350 кг/га проти 300 кг/га КАС-32) плюс ІН в обох варіантах. НІР<sub>05</sub> у 2018 р. становила 0,312 т/га, 2020 р. — 0,266, 2021 р. — 0,363 т/га. Рівні НІР<sub>05</sub> за роками були нижчими за приріст урожаю, це свідчить про те, що в досліді приріст урожаю перевищує потенційну похибку досліді.

Середня врожайність ріпаку озимого в 2018, 2020, 2021 р. становила 2,48 т/га в контрольному варіанті N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (фон), 3,06 — у варіанті фон+N<sub>120</sub> з ІН; 2,79 т/га — у варіанті фон+N<sub>130</sub> без ІН, найвища середня врожайність — 3,16 т/га була у варіанті фон+N<sub>130</sub> з ІН (табл. 2). Отже, з використанням ІН за норми азоту N<sub>130</sub> у кінцевому результаті отримали приріст урожаю 0,648 т/га порівняно з контрольним варіантом N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (фон), приріст 0,37 т/га — порівняно з варіантом фон+N<sub>130</sub> без ІН та незначний приріст урожаю — 0,1 т/га порівняно з варіантом фон+N<sub>120</sub> з ІН.

Аналізуючи дані середньої врожайності порівняно з контрольним варіантом N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (фон), відзначено істотне відхилення в прирості врожаю в усіх варіантах

## 2. Середня врожайність ріпаку озимого залежно від використання різних норм азотних добрив із додаванням інгібітора нітрифікації (2018, 2020, 2021 р.)

| Варіант   | Середня врожайність, т/га | +/- до контролю |      |
|---|---------------------------|-----------------|------|
|   |                           | т/га            | %    |
| N <sub>10</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub> (фон) | 2,48                      | —               | —    |
| Фон+N <sub>120</sub> +ІН                              | 3,06                      | 0,58            | 23,4 |
| Фон+N <sub>130</sub> +ІН                              | 3,16                      | 0,68            | 27,4 |
| Фон+N <sub>130</sub>                                  | 2,79                      | 0,31            | 12,5 |

досліді. Так, приріст урожаю порівняно з контрольним варіантом N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (фон) у варіанті фон+N<sub>120</sub> з ІН становив 0,58 т/га, або 23,4%, у варіантах фон+N<sub>130</sub> без ІН та фон+N<sub>130</sub> з ІН — 0,31 т/га та 0,68 т/га відповідно, або 12,5 та 27,4%. У варіанті фон+N<sub>130</sub> з ІН приріст урожаю порівняно з варіантом фон+N<sub>130</sub> без ІН був на рівні 0,37 т/га, або 14,9%, у варіанті зі зниженою нормою азоту фон+N<sub>120</sub> з ІН він становив 0,1 т/га, або 4,0%.

## Висновки

Експериментальними дослідженнями доведено, що використання інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату разом з азотними добривами (за поєднаного використання з КАС-32) є ефективним агрономічним заходом, що істотно впливає на врожайність ріпаку озимого впродовж усіх 3-х років досліджень (2018, 2020 та 2021). Установлено, що врожайність у варіантах із використанням ІН порівняно з контролем (N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>) підвищилася на 0,58–0,68 т/га (23,4–27,4%).

У середньому за 3 роки досліджень (2018, 2020 та 2021) за однакової норми азотних добрив (фон+N<sub>130</sub>) у варіанті з використанням ІН врожайність ріпаку озимого підвищилася на 0,37 т/га, або 14,9% порівняно з варіантом, де використовували ту саму норму азоту (фон+N<sub>130</sub>) без ІН. У варіанті зі зменшеною нормою азоту (фон+N<sub>120</sub>) з ІН порівняно з варіантом зі збільшеною нормою (фон+N<sub>130</sub>), але без ІН врожайність була вищою на 0,27 т/га, або 10,9%.

### Muntian S.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS, 37 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine; e-mail: ais\_888@ukr.net; ORCID: 0000-0002-8933-9283

### The effect of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate on the productivity of winter rape under different rates of nitrogen fertilizers

**Goal.** To study the influence of the use of the nitrification inhibitor (NI) 3,4-dimethylpyrazole

phosphate at different rates of nitrogen fertilizers and the application of urea-ammonia mixture (KAS-32) on the yield of winter rape seeds. To determine the difference in the yield of winter rape under the conditions of using different norms of KAS-32 with and without the addition of NI. **Methods.** Field (stationary experiment); laboratory (agrochemical analysis of soil and plant samples); analytical (systemic analysis of long-term results of field experiments and meteorological observations); mathematical-and-statistical; correlation and regression

analysis; mathematical modeling, and empirical generalization of established regularities. **Results.** It was confirmed that the use of nitrification inhibitor with KAS-32 significantly influenced the yield of winter rapeseed. On average, over the 3 years of research (2018, 2020, and 2021) conducted at the «Druzhba Nova» scientific research center located in Varvinsky district of Chernihiv oblast (branch of the Cornell Agricultural Holding) for the same rate of nitrogen fertilizers in the variant «the background + N<sub>130</sub>» with the use of NI, the yield increased by 0.37 t/ha, or 13.3% compared to the variant «the background + N<sub>130</sub>» without the use of NI. In the variant with a reduced rate of nitrogen fertilizers «the background + N<sub>120</sub>» with the use of NI compared to the option with an increased rate of nitrogen fertilizers «the background + N<sub>130</sub>», but

without the use of NI, an increase in yield by 0.27 t/ha, or 9.7%, was also recorded. **Conclusions.** It was established that the yield in the variants «the background + N<sub>120</sub>» and «the background + N<sub>130</sub>» using a nitrification inhibitor compared to the control N<sub>10</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (background) increased by 0.58–0.68 t/ha (23.4–27.4%), in the variants «the background + N<sub>120</sub>» and «the background + N<sub>130</sub>» with the use of NI compared to the variant «the background + N<sub>130</sub>», but without the use of NI, the yield increased by 0.27–0.37 t/ha (9.7–13.3%) over 3 years of research (2018, 2020 and 2021).

**Key words:** nitrogen nutrition, productivity, nitrogen losses, ammonium and nitrate nitrogen, urea-ammonia mixture.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202312-03>

## Бібліографія

1. Pasda G., Hähndel R., Wolfram Zerulla W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils*. 2001. V. 34. P. 85–97.
2. Liu X., Lu J., Wu L., Zhang C. The effects of nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in agricultural soils. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. V. 24(3). P. 211–229.
3. Sainju U., Singh B., Whitehead F. Carbon and nitrogen fractions in soil organic matter and microbial biomass as influenced by tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. *Applied Soil Ecology*. 2016. Is. 103. P. 101–109.
4. Herrero M., Thornton P., Power B. et al. Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. *The Lancet Planetary Health*. 2016. № 1(1). P. 33–42.
5. Vitousek M., Aber D., Howarth W. et al. Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*. 1997. № 7(3). P. 737–750.
6. 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. Вип. 1(64). С. 67–72.
7. Linzmeier W., Schmidhalter U., Gutser R. Effect of DMPP on nitrification and N losses (nitrate, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O) from fertilizer nitrogen compared to DCD. *VDLUFA*. 1999. V. 52. P. 485–488.
8. Serna D., Banuls J., Quinones A. et al. Evaluation of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus-cultivated soil. *Biology and Fertility of Soils*. 2000. V. 32. P. 41–47.
9. Weiske A., Benckiser G., Herbert T., Ottow J. 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. *Biology and Fertility of Soils*. 2001. V. 34(2). P. 109–117.
10. Zerulla W., Knittel H. Yield and quality of root crops after application of fertilizers containing dicyandiamide 2nd communication: Influence on sugar beets. *Agribiological Research*. 1991. V. 44. P. 283–288.
11. Rochette P., Angers D., Chantigny H. Soil compaction, soil health and greenhouse gas emissions in agroecosystems: a critical review. *Soil and Tillage Research*. 2018. V. 175. P. 66–82.
12. Commission regulation (EU) № 1257/2014 amending Regulation (EC) № 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.