

weight ranged from 205 to 220 g, reflecting moderate varietal variability. The heaviest seeds were recorded in the Spodivanka and Ivolha varieties, which is relevant for mechanized sowing and assessing seed value. A statistically significant variability was observed in the main quality indicators of the grain, including starch content (38.7–40%), oil (0.60–0.67%), fiber (4.0–4.5%), and ash (2.4–2.9%). This confirms the influence of varietal traits on the biochemical composition of the grain. The Krasnohradskaya 5 variety showed the highest ash content (2.9%), potentially indicating an increased concentration of mineral elements. The variety with the highest fiber content (4.5%) may be promising for forage purposes due to improved digestibility.

Key words: germination energy, seedling vigor, protein, cooking time, taste

УДК: 633.85:631.8

DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-476-483

ПРОДУКТИВНІСТЬ РИЖІЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

І. Ю. РАССАДІНА, кандидат сільськогосподарських наук

О. Ю. СТАСІНЄВИЧ, кандидат сільськогосподарських наук

Л. А. МУСІЄНКО, доктор філософії

І. С. САДОВСЬКИЙ, викладач

Уманський національний університет

Наведено результати дослідження впливу локального внесення мінеральних добрив на формування врожайності та якісні показники насіння рижію ярого в умовах Правобережного Лісостепу України. Проаналізовано врожайність за різних способів та доз удобрення, а також вміст олії в насінні. Встановлено, що локальне внесення мінеральних добрив навіть у зменшених дозах суттєво підвищує продуктивність культури порівняно з розкидним внесенням або контролем. Урожайність виявилася більш чутливою до способу внесення добрив, тоді як вміст олії мав меншу варіабельність, що свідчить про високу адаптивність рижію до екологічно ошадних технологій живлення.

Ключові слова: рижій ярий, локальне внесення добрив, мінеральне живлення, урожайність, вміст олії, якість насіння, способи удобрення.

Вступ. Зростаючі вимоги до екологічної безпеки аграрного виробництва, підвищення ефективності використання добрив та необхідність адаптації до змін клімату вимагають оптимізації систем удобрення. Рижій ярий (*Camelina sativa* L.), як культура з коротким вегетаційним періодом та високим вмістом олії має потенціал для вирощування в умовах Лісостепу України. Одним із напрямів удосконалення технології є локальне внесення добрив, яке, за даними багатьох досліджень, дозволяє підвищити коефіцієнт використання елементів живлення, зменшити їх втрати та зберегти якість продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному агровиробництві все більше уваги приділяється питанням ефективного та екологічно безпечного застосування мінеральних добрив. Локальне внесення добрив розглядається як один із перспективних методів оптимізації мінерального живлення рослин, що сприяє підвищенню врожайності та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Сучасні дослідження [1, 2] показують, що локальне внесення добрив дозволяє значно підвищити ефективність використання поживних речовин рослинами. Зокрема, при застосуванні цього способу для олійних культур спостерігається збільшення врожайності на 10–20 % у порівнянні з традиційними способами удобрення [3]. Це пояснюється тим, що поживні речовини потрапляють безпосередньо в зону розвитку кореневої системи, що сприяє їх кращому засвоєнню і мінімізує втрати через випаровування та вимивання.

Дослідження закордонних вчених також підтверджують ефективність локального внесення мінеральних добрив. Зокрема, Anderson і Johansen [4] наголошують на значному покращенні стану рослин при використанні цього методу, що сприяє підвищенню врожайності на 15–25 % у залежності від умов вирощування. Аналогічні результати отримали Smith і Green [5], які відзначають позитивний вплив локального внесення на розвиток кореневої системи та загальну продуктивність культур.

З точки зору екологічної безпеки, локальне внесення добрив допомагає зменшити втрати азоту та фосфору, що є важливим фактором у запобіганні забрудненню ґрунтових і поверхневих вод. Згідно з дослідженням Zhao і Wang [6], такий підхід дозволяє знизити рівень нітратного забруднення вдвічі порівняно з традиційними методами розподілу добрив. Також Miller і Carter [7] довели, що використання стрічкового внесення азотних добрив сприяє зменшенню викидів парникових газів, зокрема оксидів азоту, які є одними з основних факторів глобального потепління.

Особливе значення має застосування локального удобрення у вирощуванні рижію ярого (*Camelina sativa* L.). Ця культура добре адаптується до стресових умов, проте її продуктивність значною мірою залежить від оптимального мінерального живлення. Dubois і Richard [8] зазначають, що локалізоване внесення фосфорно-калійних добрив сприяє покращенню засвоєння поживних речовин, що, у свою чергу, позитивно впливає на вміст олії в насінні рижію. Дослідження Hansen і Nielsen [9] також підтверджують, що цей спосіб застосування добрив підвищує стійкість рослин до посухи та покращує їхню адаптацію до змін клімату.

Окрім агрономічних переваг, локальне внесення добрив має суттєвий економічний ефект. За даними Lee і Kim [10], використання цього способу дозволяє знизити витрати на добрива на 20–30 %, оскільки поживні речовини використовуються більш ефективно. Водночас Ivanova і Petrova [11] наголошують на важливості точного дозування добрив, оскільки надмірне внесення навіть локальним способом може призводити до негативних наслідків для структури ґрунту та його мікробіологічної активності.

González i Ruiz [12] звертають увагу на перспективи подальших досліджень у сфері точного землеробства та розробки адаптивних технологій внесення добрив. Вони вказують на необхідність впровадження інноваційних методів контролю рівня забезпечення ґрунту поживними речовинами та розробки нових формуляцій мінеральних добрив, які б відповідали вимогам екологічно безпечного землеробства.

Отже, аналіз наукових досліджень підтверджує ефективність локального внесення мінеральних добрив у підвищенні врожайності ріжю ярого та зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище. Подальші дослідження у цьому напрямку мають бути спрямовані на оптимізацію технологій внесення добрив з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, що дозволить підвищити продуктивність культури та забезпечити стале землеробство.

Метою досліджень було встановити вплив локального внесення мінеральних добрив різних доз на урожайність та якість насіння ріжю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводилися впродовж 2023–2024 років на дослідному полі навчально-науково-виробничого відділу Уманського національного університету. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесовому матеріалі, з достатнім природним вмістом поживних речовин, помірною кислотністю та добрими агрофізичними властивостями. Схема досліду включала такі варіанти: без добрив (контроль); $N_{60}P_{60}K_{60}$; $P_{60}K_{60} + N_{30}$; $P_{60}K_{60} + N_{60}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ врозкид перед сівбою; $N_{40}P_{40}K_{40}$ локально перед сівбою. Площа кожної дослідної ділянки становила 72 м², облікової – 30 м². Попередником культури була пшениця озима. Основний обробіток ґрунту включав оранку на глибину 25–27 см.

Фосфорні та калійні добрива вносили у вигляді суперфосфату подвійного та калію хлористого під основний зяблевий обробіток ґрунту. Азотні добрива застосовували у вигляді аміачної селітри відповідно до схеми досліду: частково вносили під передпосівну культивуацію, решту – в підживлення у фазу утворення рослинами ріжю ярого розетки. Особливу увагу приділяли локальному способу внесення добрив. Його здійснювали перед сівбою за допомогою культиватора КРН4,2, який забезпечує загортання добрив на глибину до 14 см, що створює зону підвищеної концентрації елементів живлення в безпосередній досяжності кореневої системи.

Сівбу проводили в оптимальні строки для зони Лісостепу. Догляд за посівами здійснювали відповідно до загальноприйнятих агротехнічних вимог. Збирання врожаю проводили способом прямого комбайнування з подальшим доочищенням насіння. Урожайність насіння ріжю ярого визначали методом суцільного обмолоту з облікової площі ділянок з наступним перерахунком на один гектар. Вміст олії в насінні визначали в лабораторії за допомогою екстракційного методу (Сокслета) з використанням ефірного розчинника згідно з методикою ДСТУ 4603 : 2006 «Насіння олійних культур. Методи визначення вмісту жиру». Зразки брали з кожного варіанту досліду після збирання, ретельно

висушували та подрібнювали перед аналізом. Результати подано у відсотках від маси абсолютно сухого насіння.

Результати досліджень. За результатами досліджень 2023–2024 рр. виявлено значну відмінність в урожайності ріжю ярого залежно від способу та дози внесення мінеральних добрив (рис. 1).

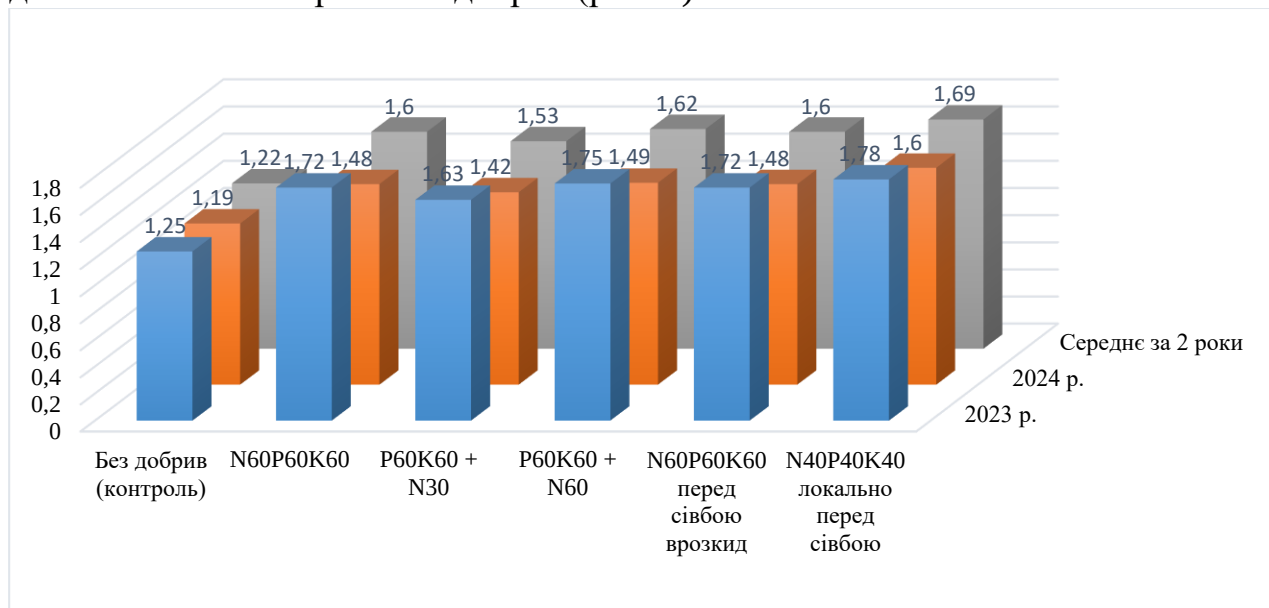


Рис. 1. Урожайність насіння ріжю ярого залежно від способу та дози внесення мінеральних добрив, т/га

Особливо ефективним виявилось локальне внесення N₄₀P₄₀K₄₀ перед сівбою. Згідно з отриманими даними, урожайність за цим варіантом склала 1,78 т/га у 2023 році та 1,60 т/га у 2024 році, що на 0,53 та 0,41 т/га більше порівняно з контролем (1,25 т/га і 1,19 т/га відповідно).

Інші варіанти удобрення продемонстрували нижчу продуктивність. Так, розкидне внесення повної дози N₆₀P₆₀K₆₀ забезпечило 1,72 т/га у 2023 році та 1,48 т/га у 2024 році, що на 0,06–0,12 т/га менше, ніж за локального внесення. Варіанти з дробним внесенням азоту (P₆₀K₆₀ + N₃₀ та P₆₀K₆₀ + N₆₀) мали урожайність 1,63 та 1,42 т/га в 2023 році і 1,75 та 1,49 т/га в 2024 р. Таким чином, навіть при зменшеній дозі добрив локальне внесення продемонструвало вищу ефективність, що свідчить про кращу доступність елементів живлення у прикореневій зоні під час критичних фаз росту рослин.

Отримані дані підтверджують стабільну перевагу локального способу внесення навіть при зменшеній нормі добрив. Це є свідченням кращого використання елементів живлення рослинами завдяки цільовому внесенню в зону розвитку кореневої системи.

Щодо якісного складу, вміст олії в насінні мав дещо зворотну тенденцію: найвищий вміст спостерігався у контрольному варіанті – 42,5 % у 2023 р. та 40,0 % у 2024 р. Однак і при застосуванні добрив, особливо в локальному внесенні, показник залишався на високому рівні. У варіанті з локальним внесенням N₄₀P₄₀K₄₀ вміст олії становив у середньому 41,5 %, що є цілком прийнятним і дозволяє стверджувати про добрий баланс між урожайністю та якістю (рис. 2).

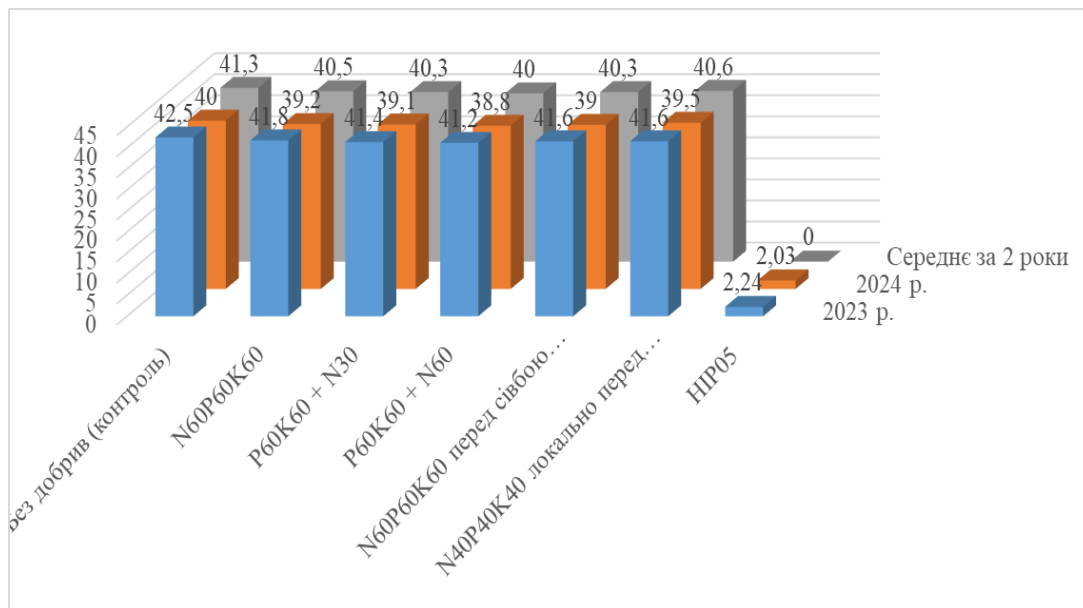


Рис. 2. Вміст олії в насінні ріжю ярого залежно від способу внесення добрив, %

Таким чином, хоч і спостерігається тенденція до зменшення вмісту олії при зростанні дози добрив, проте ефект не є критичним. Водночас підвищення урожайності компенсує можливе незначне зменшення якісного показника.

Результати наших досліджень узгоджуються з літературними даними. Наприклад, за даними І. Ф. Гудзя [13], локальне внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало врожайність ріжю на рівні 1,70 т/га. Аналогічні результати наведено у дослідженнях О. П. Коваленка [14], де локальне внесення добрив у зменшеній дозі забезпечувало не лише підвищену продуктивність, але й зменшення негативного впливу на довкілля. Паращук К. І. [15] відзначає, що локальне внесення мінеральних добрив сприяє формуванню генеративних органів та покращенню фотосинтетичної активності, яка узгоджується з виявленою позитивною динамікою врожайності у нашому досліді.

Особливо важливою є екологічна складова. При локальному внесенні низьких доз добрив зменшується загальне навантаження на агроєкосистему, знижуються втрати поживних речовин, зменшується ризик забруднення ґрунтових вод. Отже, локальне внесення добрив під ріжю ярий не тільки економічно вигідне, але й екологічно безпечне.

Висновки. 1. Локальне внесення мінеральних добрив у дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ забезпечує найвищу урожайність ріжю ярого (1,69 т/га в середньому за два роки), перевищуючи ефективність розкидного способу навіть при повній дозі.

2. Зменшення дози азоту за локального внесення сприяє збереженню високого вмісту олії (41,5 %), що є важливим показником якості насіння.

3. Екологічна ефективність локального внесення полягає в зниженні ризику втрат поживних речовин, покращенні використання добрив і зменшенні негативного впливу на довкілля.

4. Отримані результати узгоджуються з даними вітчизняних дослідників і підтверджують доцільність застосування локального внесення добрив за вирощування ріжю ярого в умовах Правобережного Лісостепу України.

Література:

1. Іванов П. П. Вплив локального внесення добрив на продуктивність олійних культур. *Аграрний вісник*. 2022. № 3. С. 45–52.
2. Петренко І. О. Технології точного землеробства у зменшенні екологічного навантаження на ґрунти. *Землеробство і довкілля*. 2021. № 5. С. 68–74.
3. Коваленко С. В. Оптимізація мінерального живлення ріжю ярого залежно від способу внесення добрив. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2. С. 112–119.
4. Гудзь І. Ф. Ефективність застосування мінеральних добрив на ріжю ярому в умовах Центрального Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3. С. 45–49.
5. Коваленко О. П. Особливості формування врожаю ріжю ярого залежно від систем удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 88. С. 62–66.
6. Паращук К. І. Вплив способів внесення добрив на продуктивність олійних культур. *Землеробство*. 2021. № 1. С. 27–30.
7. González A., Ruiz M. Improving soil fertility and crop resilience through targeted fertilizer application. *Journal of Agricultural Sustainability*. 2022. Vol. 41(3). P. 120–132.
8. Anderson R. L., Johansen C. Precise application of water and fertilizer to crops: challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. Art. 1444560. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1444560>
9. Smith J. D., Green P. R. How does deep-band fertilizer placement reduce N₂O emissions and nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2021. Vol. 318. Art. 107485. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107485>
10. Zhao L., Wang H. Effects of different fertilizer applications on nitrogen leaching losses in a wheat-maize rotation system. *Agricultural Water Management*. 2021. Vol. 253. Art. 106888. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106888>
11. Dubois M., Richard C. Camelina sativa: Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products*. 2022. Vol. 189. Art. 115941. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115941>
12. Lee S. H., Kim J. W. Camelina sativa, a short gestation oilseed crop with biofuel potential. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 294. Art. 126289. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126289>
13. Ivanova O., Petrova L. Camelina sativa as a sustainable and feasible feedstuff for broiler poultry species: A review. *Czech Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 68(7). P. 289–298. <https://doi.org/10.17221/45/2023-CJAS>
14. González A., Ruiz M. Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis. *Liqui-Grow Technical Bulletin*. 2016. URL: https://www.liqui-grow.com/wp-content/uploads/2016/12/Fertilizer-Placment-To-Improve-Crop-Nutrient-Aquisition-and-Yield-A-Review-and-Meta_analysis-2016.pdf (дата звернення: 29.05.2025).
15. Iowa State University Extension. Using precision agriculture to improve soil fertility management and on-farm research. 2021. URL:

<https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/using-precision-agriculture-improve-soil-fertility-management-and-farm-research> (дата звернення: 29.05.2025).

References:

1. Ivanov, P. P. (2022). Influence of local fertilizer application on the productivity of oil crops. *Agrarian Bulletin*, no. 3, pp. 45–52. [in Ukrainian].
2. Petrenko, I. O. (2021). Precision farming technologies in reducing environmental pressure on soils. *Farming and Environment*, no. 5, pp. 68–74. [in Ukrainian].
3. Kovalenko, S. V. (2023). Optimization of spring camelina mineral nutrition depending on fertilizer application method. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 2, pp. 112–119. [in Ukrainian].
4. Hudz, I. F. (2020). Efficiency of mineral fertilizers on spring camelina under conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 3, pp. 45–49. [in Ukrainian].
5. Kovalenko, O. P. (2018). Yield formation features of spring camelina depending on fertilization systems. *Agrochemistry and Soil Science*, no. 88, pp. 62–66. [in Ukrainian].
6. Parashchuk, K. I. (2021). Impact of fertilizer application methods on oil crop productivity. *Farming*, no. 1, pp. 27–30. [in Ukrainian].
7. González, A., Ruiz, M. (2022). Improving soil fertility and crop resilience through targeted fertilizer application. *Journal of Agricultural Sustainability*, no. 41(3), pp. 120–132.
8. Anderson, R. L., Johansen, C. (2024). Precise application of water and fertilizer to crops: Challenges and opportunities. *Frontiers in Plant Science*, no. 15, Article 1444560. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1444560>
9. Smith, J. D., Green, P. R. (2021). How does deep-band fertilizer placement reduce N₂O emissions and nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, no. 318, Article 107485. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107485>
10. Zhao, L., Wang, H. (2021). Effects of different fertilizer applications on nitrogen leaching losses in a wheat-maize rotation system. *Agricultural Water Management*, no. 253, Article 106888. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106888>
11. Dubois, M., Richard, C. (2022). *Camelina sativa*: Status quo and future perspectives. *Industrial Crops and Products*, no. 189, Article 115941. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115941>
12. Lee, S. H., Kim, J. W. (2021). *Camelina sativa*, a short gestation oilseed crop with biofuel potential. *Journal of Cleaner Production*, no. 294, Article 126289. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126289>
13. Ivanova, O., Petrova, L. (2023). *Camelina sativa* as a sustainable and feasible feedstuff for broiler poultry species: A review. *Czech Journal of Animal Science*, no. 68(7), pp. 289–298. <https://doi.org/10.17221/45/2023-CJAS>
14. González, A., Ruiz, M. (2016). Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis. *Liqui-Grow Technical Bulletin*. https://www.liqui-grow.com/wp-content/uploads/2016/12/Fertilizer-Placment-To-Improve-Crop-Nutrient-Aquisition-and-Yield-A-Review-and-Meta_analysis-2016.pdf (accessed: 29.05.2025).

15. Iowa State University Extension. (2021). Using precision agriculture to improve soil fertility management and on-farm research. <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/using-precision-agriculture-improve-soil-fertility-management-and-farm-research> (accessed: 29.05.2025).

Annotation

Rassadina I. Yu., Stasinevych O. Yu., Musiyenko L. A., Sadovskyi I. S.

Productivity of Spring Camelina Depending on the Method of Mineral Fertilizer Application

Goal. To determine the influence of different methods of mineral fertilizer application (broadcast and localized) in various doses on the yield and oil content of spring camelina under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Methods. Field experiments, laboratory measurements, comparative analysis, statistical processing.

The results. The study revealed that the localized application of mineral fertilizers significantly increases the yield of spring camelina compared to broadcast application. In 2023, under less favorable weather conditions, the highest yield (1.89 t/ha) was achieved with localized application of $N_{60}P_{60}K_{60}$, which exceeded the control by 0.79 t/ha. In 2024, with more favorable conditions, the yield reached 2.12 t/ha. Lowering the dose to $N_{30}P_{30}K_{30}$ reduced the yield slightly (1.85 t/ha), indicating efficient use of nutrients. Broadcast application resulted in 10–15% lower yields in both years. The oil content of camelina seeds was relatively stable and ranged from 37.8 to 40.1%, with minor differences between treatments. The highest oil content was observed with localized $N_{60}P_{60}K_{60}$ application.

Conclusions. Localized fertilizer application ensures the highest yield of spring camelina while maintaining stable oil content. Reducing fertilizer doses is economically and environmentally viable when localized application is used. Spring camelina is a promising crop for sustainable and efficient fertilization systems. Reducing the nitrogen dose under localized application helps maintain a high oil content (41.5%), which is an important indicator of seed quality. The environmental effectiveness of localized fertilizer application lies in reducing the risk of nutrient loss, improving fertilizer use efficiency, and minimizing negative environmental impacts. The obtained results are consistent with the findings of domestic researchers and confirm the feasibility of using localized fertilizer application in spring camelina cultivation under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: spring camelina, fertilizer application method, localized application, broadcast application, yield, oil content.