

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ АЗОТНОГО РЕЖИМУ ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНОГО ТА СІРЧАНОГО УДОБРЕННЯ

І. Ю. РАССАДІНА, кандидат сільськогосподарських наук

О. В. КОВАЛЕНКО, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет

Досліджено вплив різних доз азотних і сірчаних добрив на формування азотного режиму ґрунту та урожайність ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено, що внесення азоту в дозах N_{50} – N_{150} на фосфорно-калійному тлі підвищує вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті, особливо у верхньому шарі (0–20 см). Найвищі показники отримано за внесення N_{150} та його поєднання із сіркою. Вміст азоту мінеральних сполук зменшується з глибиною ґрунтового профілю. Врожайність ріпаку озимого істотно зростає за внесення азоту та сірки і досягає максимуму за системи удобрення $N_{150} + S_{21}$.

Ключові слова: нітрати, амонійний азот, сірка, удобрення, урожайність, родючість ґрунту.

Вступ. Ріпак озимий є однією з провідних олійних культур, що має важливе значення для продовольчої, кормової та біоенергетичної галузей. Високий рівень продуктивності цієї культури значною мірою залежить від оптимального мінерального живлення, зокрема забезпечення рослин азотом і сіркою. Азот є основним елементом, що визначає інтенсивність росту, формування біомаси та врожайності, тоді як сірка бере участь у синтезі білків, ферментів і жирних кислот, а також підвищує ефективність використання азоту рослинами [1–3]. В умовах Правобережного Лісостепу України питання оптимізації азотно-сірчаного живлення ріпаку озимого набуває особливої актуальності у зв'язку з варіабельністю погодних умов, змінами агрохімічних властивостей ґрунтів та необхідністю підвищення ефективності використання добрив [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження свідчать, що формування азотного режиму ґрунту визначається процесами надходження, трансформації та використання мінеральних форм азоту рослинами, що значною мірою залежить від розвитку кореневої системи та біологічних особливостей культури [5]. Для оцінки забезпеченості рослин азотом широко застосовується індекс азотного живлення (NNI), який дозволяє оптимізувати систему удобрення [6]. Встановлено, що ефективність вирощування ріпаку озимого значно залежить від збалансованого азотно-сірчаного живлення. Сумісне внесення азоту й сірки сприяє підвищенню врожайності культури завдяки покращенню складових

структури врожаю, зокрема кількості стручків, маси насіння та загальної біомаси [2, 7]. При цьому ефективність удобрення визначається не лише дозами, а й способами і строками внесення добрив [3, 7, 8].

Дослідженнями встановлено синергетичний характер взаємодії азоту та сірки. За достатнього забезпечення сіркою підвищується коефіцієнт використання азоту, зменшуються його втрати з ґрунту та покращується формування продуктивності рослин [1, 9]. Водночас дефіцит сірки обмежує засвоєння азоту, що негативно впливає на врожайність ріпаку озимого [2].

Рівень азотно-сірчаного живлення істотно впливає на якість насіння. Підвищення доз азотних добрив сприяє зростанню вмісту білка, проте може знижувати олійність, тоді як внесення сірки частково компенсує цей ефект і покращує біохімічні показники продукції [1, 2, 10]. Оптимізація живлення також забезпечує реалізацію потенціалу продуктивності культури [11].

Ефективність застосування добрив значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Для умов Правобережного Лісостепу України доведено необхідність адаптивного підходу до систем удобрення з урахуванням агрохімічних показників ґрунту [4]. Використання комплексних систем удобрення сприяє підвищенню стабільності врожаю та ефективності використання елементів живлення [3, 9].

Отже, аналіз наукових джерел свідчить, що оптимізація азотно-сірчаного живлення є важливим чинником регулювання азотного та сірчаного режимів ґрунту та формування високої продуктивності ріпаку озимого, однак питання уточнення оптимальних доз добрив у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах потребує подальших досліджень.

Мета досліджень – визначення впливу різних доз азотних і сірчанних добрив на вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті та врожайність ріпаку озимого.

Методика досліджень. Дослідження проводили у 2024–2025 рр. на полях селекційно-дослідної станції товариства з обмеженою відповідальністю ДСВ Україна, розташованій в с. Дубіївка Черкаської області, що належить до підзони Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньогумусний, важкосуглинковий за гранулометричним складом, із реакцією ґрунтового розчину, близькою до нейтральної. Агрохімічні показники ґрунту характеризуються середньою забезпеченістю основними елементами живлення. Польовий дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А включав дози азотних добрив: N_0 (контроль без внесення добрив), N_{50} , N_{100} , N_{150} , і відповідні варіанти із додатковим внесенням сірки ($N + S_{21}$). Фактор В – гібриди ріпаку озимого: Daine mik, Daktari і Dominator. Дослід закладали за методом повної рандомізації з триразовою повторністю. Площа облікової ділянки становила 25 м². Агротехнологічні заходи здійснювали відповідно до технологічної карти підприємства та загальноприйнятих рекомендацій вирощування ріпаку озимого для умов Правобережного Лісостепу України. Внесення мінеральних добрив проводили з урахуванням схеми досліду та фаз розвитку культури. Упродовж вегетаційного періоду здійснювали фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин, визначали біометричні показники і складові структури

урожаю. Облік урожайності проводили методом прямого комбайнування з наступним перерахунком на стандартну вологість.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами варіаційної статистики із використанням дисперсійного аналізу. Достовірність отриманих результатів оцінювали за критерієм найменшої істотної різниці (HP_{05}).

Результати досліджень. У результатах досліджень узагальнено вплив різних рівнів азотного та азотно-сірчаного живлення на формування азотного режиму ґрунту та продуктивність ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України за 2024–2025 рр. Отримані експериментальні дані дозволили встановити не лише загальні закономірності трансформації азоту мінеральних сполук у ґрунтовому профілі в період відновлення весняної вегетації культури, але й виявити міжрічні особливості його динаміки, зумовлені варіаціями гідротермічних умов та інтенсивністю мінерального живлення. Додатково було підтверджено взаємозв'язок між агрохімічними параметрами ґрунту та формуванням складових продуктивності ріпаку озимого, що свідчить про комплексний характер впливу досліджуваних чинників.

Аналіз вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунтовому профілі засвідчив істотну залежність цього показника як від рівня удобрення, так і від глибини відбору зразків (табл. 1). У всіх варіантах дослідження простежувалася чітко виражена вертикальна диференціація вмісту мінерального азоту з максимальними значеннями у верхньому шарі ґрунту (0–20 см) та поступовим зниженням його концентрації у глибших шарах. Така закономірність є характерною для систем землеробства з інтенсивним вирощуванням ріпаку та відображає одночасно два процеси: активне поглинання доступних форм азоту інтенсивно розвинутою кореневою системою у весняний період та обмежену вертикальну міграцію нітратних сполук за умов достатньої вологості чорноземних ґрунтів.

В умовах 2024 р. встановлено суттєве зростання вмісту азоту мінеральних сполук у верхньому шарі ґрунту зі збільшенням доз азотних добрив. За варіанту N_{150} його значення досягало 31,1 мг/кг, що у 2,8 раза перевищувало контрольний рівень (11,2 мг/кг). У варіанті дослідження N_{100} показник також характеризувався значним зростанням, що свідчить про високу чутливість азотного режиму ґрунту до інтенсивності застосування азотних добрив. Додаткове внесення сірки у поєднанні з азотними добривами забезпечувало не лише підвищення вмісту азоту мінеральних сполук, але й більш рівномірний його розподіл у ґрунтовому профілі, що може бути пов'язано з активізацією мікробіологічних процесів та покращенням трансформації органічних і мінеральних форм азоту. Найбільш виражений ефект спостерігався у варіантах $N_{100} + S$ та $N_{150} + S$, де відмічено стабілізацію азотного режиму в усьому досліджуваному профілі.

В умовах 2025 р. загальний рівень вмісту азоту мінеральних сполук був дещо нижчим порівняно з попереднім роком, що обумовлено менш сприятливими гідротермічними умовами, зокрема нерівномірним розподілом опадів у весняний період. Незважаючи на це, загальні закономірності впливу удобрення залишалися ідентичними. У шарі ґрунту 0–20 см у варіанті дослідження N_{150} вміст азоту мінеральних сполук становив 23,2 мг/кг, тоді як за сумісного внесення азоту та сірки ($N_{150}+S$) – 20,6 мг/кг.

Табл. 1. Вміст азоту мінеральних сполук у ґрунті на початку відновлення весняної вегетації ріпаку озимого, мг/кг

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см							
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160
2024 рік								
PK – фон	$\frac{11,2}{15,4}$	$\frac{10,7}{16,3}$	$\frac{9,2}{10,1}$	$\frac{7,0}{4,7}$	$\frac{5,2}{4,9}$	$\frac{3,2}{3,8}$	$\frac{2,9}{3,1}$	$\frac{11,2}{15,4}$
ФОН + N ₅₀	$\frac{18,3}{22,1}$	$\frac{12,6}{17,1}$	$\frac{9,0}{9,9}$	$\frac{6,9}{4,9}$	$\frac{5,0}{4,8}$	$\frac{3,1}{3,9}$	$\frac{3,0}{3,2}$	$\frac{2,9}{3,1}$
ФОН + N ₁₀₀	$\frac{26,2}{28,6}$	$\frac{14,3}{19,1}$	$\frac{9,3}{10,2}$	$\frac{7,1}{4,8}$	$\frac{4,9}{4,9}$	$\frac{3,6}{3,9}$	$\frac{3,1}{3,3}$	$\frac{2,7}{2,9}$
ФОН + N ₁₅₀	$\frac{31,1}{30,6}$	$\frac{16,2}{20,1}$	$\frac{10,1}{10,6}$	$\frac{7,0}{4,9}$	$\frac{5,0}{4,8}$	$\frac{3,9}{4,1}$	$\frac{3,2}{3,5}$	$\frac{2,8}{3,1}$
ФОН + S	$\frac{10,8}{16,1}$	$\frac{10,0}{17,1}$	$\frac{8,8}{9,7}$	$\frac{7,2}{4,9}$	$\frac{5,3}{4,8}$	$\frac{3,6}{4,2}$	$\frac{3,2}{3,1}$	$\frac{2,9}{3,1}$
ФОН + N ₅₀ + S	$\frac{16,3}{24,2}$	$\frac{10,7}{19,4}$	$\frac{9,1}{9,8}$	$\frac{7,0}{5,1}$	$\frac{5,1}{4,9}$	$\frac{3,2}{3,9}$	$\frac{2,8}{3,1}$	$\frac{2,8}{3,0}$
ФОН + N ₁₀₀ + S	$\frac{25,2}{30,4}$	$\frac{12,1}{21,6}$	$\frac{9,4}{10,6}$	$\frac{7,3}{5,0}$	$\frac{5,0}{5,2}$	$\frac{3,4}{3,8}$	$\frac{3,0}{3,2}$	$\frac{2,6}{2,8}$
ФОН + N ₁₅₀ + S	$\frac{29,0}{33,1}$	$\frac{15,2}{23,1}$	$\frac{9,4}{10,8}$	$\frac{7,2}{4,8}$	$\frac{5,1}{4,9}$	$\frac{3,0}{3,9}$	$\frac{2,9}{3,1}$	$\frac{2,8}{3,0}$
HIP ₀₅	A	4,2	3,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5
	B	1,7	1,4	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2
2025 рік								
PK – фон	$\frac{11,4}{15,2}$	$\frac{10,8}{16,2}$	$\frac{9,2}{10,9}$	$\frac{7,2}{5,4}$	$\frac{3,9}{5,4}$	$\frac{3,2}{3,6}$	$\frac{2,9}{3,2}$	$\frac{2,7}{3,1}$
ФОН + N ₅₀	$\frac{16,2}{20,4}$	$\frac{12,1}{18,2}$	$\frac{9,2}{10,6}$	$\frac{7,5}{6,4}$	$\frac{3,6}{6,0}$	$\frac{3,5}{3,5}$	$\frac{3,4}{3,1}$	$\frac{3,0}{3,3}$
ФОН + N ₁₀₀	$\frac{21,4}{27,2}$	$\frac{13,4}{19,6}$	$\frac{9,0}{10,4}$	$\frac{7,3}{9,2}$	$\frac{3,5}{6,2}$	$\frac{3,9}{3,7}$	$\frac{3,2}{4,1}$	$\frac{3,1}{3,6}$
ФОН + N ₁₅₀	$\frac{23,2}{26,1}$	$\frac{15,4}{13,2}$	$\frac{8,9}{9,7}$	$\frac{6,3}{8,2}$	$\frac{3,3}{6,2}$	$\frac{3,4}{3,8}$	$\frac{3,2}{3,6}$	$\frac{3,0}{3,8}$
ФОН + S	$\frac{9,6}{16,8}$	$\frac{9,2}{12,2}$	$\frac{9,0}{11,3}$	$\frac{7,3}{5,6}$	$\frac{4,1}{5,2}$	$\frac{3,3}{3,5}$	$\frac{2,8}{3,0}$	$\frac{2,9}{3,0}$
ФОН + N ₅₀ + S	$\frac{19,1}{22,3}$	$\frac{10,4}{20,6}$	$\frac{8,0}{11,6}$	$\frac{7,4}{6,7}$	$\frac{3,4}{6,1}$	$\frac{3,7}{3,5}$	$\frac{3,2}{3,2}$	$\frac{2,8}{3,0}$
ФОН + N ₁₀₀ + S	$\frac{20,1}{29,6}$	$\frac{12,7}{17,4}$	$\frac{8,7}{9,7}$	$\frac{6,1}{8,1}$	$\frac{3,5}{6,4}$	$\frac{3,2}{3,9}$	$\frac{3,0}{3,5}$	$\frac{2,9}{3,8}$
ФОН + N ₁₅₀ + S	$\frac{20,6}{28,9}$	$\frac{13,1}{14,2}$	$\frac{8,8}{9,6}$	$\frac{6,3}{8,1}$	$\frac{3,4}{6,0}$	$\frac{3,2}{4,0}$	$\frac{3,3}{3,5}$	$\frac{3,1}{3,9}$
PK – фон	$\frac{11,4}{15,2}$	$\frac{10,8}{16,2}$	$\frac{9,2}{10,9}$	$\frac{7,2}{5,4}$	$\frac{3,9}{5,4}$	$\frac{3,2}{3,6}$	$\frac{2,9}{3,2}$	$\frac{2,7}{3,1}$
HIP ₀₅	A	4,7	3,4	1,8	1,4	1,0	0,8	0,6
	B	2,0	1,5	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2

Примітка. Над рискою – N-NO₃⁻, під рискою – N-NH₄⁺.

У варіантах із середніми дозами азоту (N_{50} , N_{100}) також простежувалася позитивна реакція ґрунтового азотного режиму, однак її інтенсивність була менш вираженою. Важливо відзначити, що навіть за несприятливих умов 2025 р. внесення сірки забезпечувало стабілізацію вмісту азоту мінеральних сполук і зменшення амплітуди його змін у ґрунтовому профілі.

Отримані результати свідчать, що поєднане застосування азоту і сірки є більш ефективним порівняно з одностороннім азотним живленням, оскільки сприяє оптимізації азотного режиму ґрунту, підвищенню коефіцієнта використання азоту та зменшенню його втрат із ґрунтової системи. Це підтверджує сучасні положення агрохімічної науки щодо синергетичної взаємодії цих елементів живлення та їхньої ролі в регулюванні мінерального живлення олійних культур.

Аналіз урожайності ріпаку озимого показав, що рівень мінерального живлення є визначальним чинником формування продуктивності культури, тоді як гібридні особливості модифікують ступінь реакції на удобрення. В умовах 2024 р. середня врожайність на контрольному варіанті становила 3,16 т/га (рис. 1).

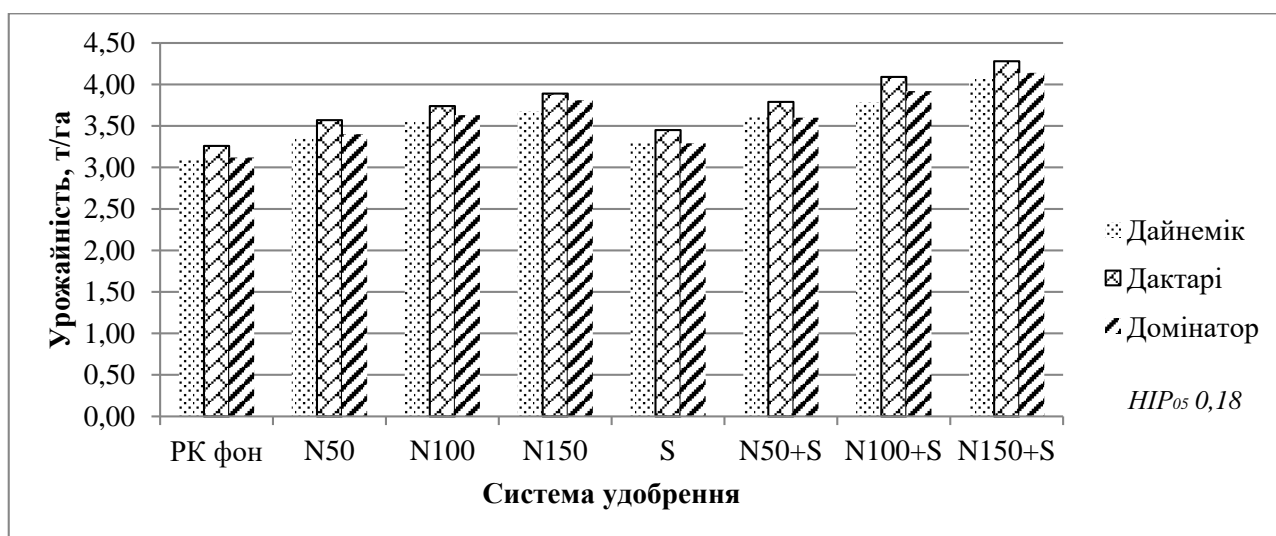


Рис. 1. Урожайність ріпаку озимого залежно від рівня азотного та сірчаного живлення (2024 р.), т/га

Поступове підвищення доз азотних добрив забезпечувало стабільне зростання продуктивності до 3,79 т/га у варіанті N_{150} . Додаткове внесення сірки сприяло подальшому підвищенню врожайності, максимальне значення якої досягло 4,16 т/га у варіанті $N_{150} + S$. Це свідчить про високу ефективність комбінованого азотно-сірчаного живлення у формуванні генеративної продуктивності ріпаку озимого.

В умовах 2025 р. спостерігалось зниження рівня врожайності порівняно з попереднім роком, що пояснюється менш сприятливими погодними умовами, зокрема дефіцитом вологи у критичні фази росту та розвитку культури (рис. 2). На контрольному варіанті врожайність становила 2,51 т/га, тоді як за максимального рівня удобрення ($N_{150} + S$) досягала 4,16 т/га, що свідчить про високу стабільність дії азотно-сірчаного живлення навіть за умов абіотичного стресу.

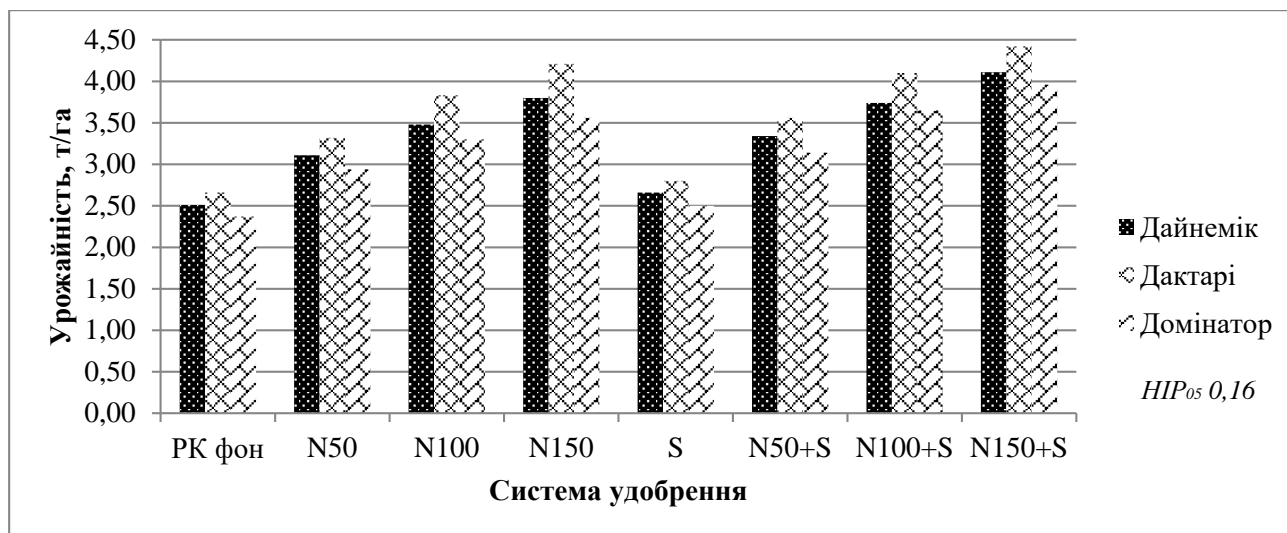


Рис. 2. Урожайність ріпаку озимого залежно від рівня азотного та сірчаного живлення (2025 р.), т/га

У всіх варіантах дослідів відмічено позитивну реакцію гібридів на підвищення рівня живлення, при цьому найбільш стабільною та продуктивною була реакція гібриду Daktari, який демонстрував найвищі значення врожайності у більшості комбінацій чинників.

Узагальнення отриманих результатів за два роки проведених досліджень свідчить, що комбіноване внесення азотних добрив і сірки забезпечує не лише поліпшення азотного режиму у ґрунті, але й оптимізацію його просторового розподілу та ефективності використання рослинами. Це, у свою чергу, формує передумови для стабільного підвищення урожайності ріпаку озимого незалежно від погодних умов року, що підтверджує доцільність застосування азотно-сірчаних систем удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що дози внесення азоту й сірки з удобрювальними продуктами істотно впливають на формування азотного режиму ґрунту та продуктивність ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. Внесення азотних добрив забезпечує підвищення вмісту мінеральних форм азоту, особливо у верхньому шарі ґрунту, тоді як їх поєднання із сіркою сприяє більш рівномірному розподілу азоту в ґрунтовому профілі та підвищенню його доступності для рослин. Установлено, що максимальні показники вмісту мінерального азоту та врожайності формуються за високих доз азотних добрив у поєднанні із сіркою (N₁₅₀ + S). Виявлено міжрічні зміни показників, зумовлені погодними умовами, проте загальна тенденція впливу системи удобрення залишалася стабільною. Додаткове внесення сірки забезпечувало підвищення ефективності використання азоту та стабілізацію продукційного процесу культури. Отримані результати підтверджують доцільність застосування азотно-сірчаних систем удобрення для підвищення врожайності ріпаку озимого.

Література:

1. Wielebski F., Wójtowicz M., Liersch A. Response of new forms of winter oilseed rape with modified fatty acid composition to nitrogen and sulfur fertilization.

Journal of Plant Nutrition. 2022. V. 45(15). P. 2360–2379. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2027974>

2. Цицюра Я. Г., Ткачук О. П. Ефективність та доцільність варіантів застосування сульфату амонію у системі удобрення ріпаку озимого на сірих лісових ґрунтах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78 (2). С. 103–122. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-2-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-2-10)

3. Чикін І. В., Господаренко Г. М. Зміна агрохімічних властивостей чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення в сівозміні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 146. Ч. 2. С. 104–110. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.14>

4. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В. Агрохімічне обґрунтування застосування добрив під ріпак озимий у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2021. № 1. С. 12–18. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2021-1-12-18>

5. Vazquez-Carrasquer V., Laperche A., Bissuel-Bélaygue C., Chelle M., Richard-Molard C. Nitrogen uptake efficiency mediated by fine root growth determines variations in nitrogen use efficiency of winter oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*. 2021. V. 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.641459>

6. Lemaire G., Jeuffroy M.-H., Gastal F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practice for crop N management. *European Journal of Agronomy*. 2008. V. 28 (4). P. 614–624. [10.1016/j.eja.2008.01.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.005)

7. Stepaniuk M., Głowacka A. Yield of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) in a Short-Term Monoculture and the Macronutrient Accumulation in Relation to the Dose and Method of Sulphur Application. *Agronomy*. 2022. V. 12(1). P. 68. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010068>

8. Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K. The response of different kinds of rapeseed cultivars to foliar application of nitrogen, sulphur and boron. *Scientific Reports*. 2021. V. 11:21102. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00639-2>

9. Groth D. A., Sokólski M., Jankowski K. J. A Multi-Criteria Evaluation of the Effectiveness of Nitrogen and Sulfur Fertilization in Different Cultivars of Winter Rapeseed—Productivity, Economic and Energy Balance. *Energies*. 2020. Vol. 13, 4654. <https://doi.org/10.3390/en13184654>

10. Sokólski M., Załuski D., Szatkowski A., Jankowski K. J. Winter Oilseed Rape: Agronomic Management in Different Tillage Systems and Seed Quality. *Agronomy*. 2023. V. 13(2). P. 524. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020524>

11. Siles L., Hassall K. L., Sanchis Gritsch C., Eastmond P. J., Kurup S. Uncovering trait associations resulting in maximal seed yield in winter and spring oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*. 2021. V. 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.697576>

References:

1. Wielebski, F., Wójtowicz, M., & Liersch, A. (2022). Response of new forms of winter oilseed rape with modified fatty acid composition to nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 45(15), 2360–2379. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2027974>

2. Tsytsyura, Ya. H., & Tkachuk, O. P. (2025). Efficiency and feasibility of ammonium sulfate application options in the fertilization system of winter rapeseed on

gray forest soils. *Foothill and Mountain Agriculture and Animal Husbandry*, 78(2), 103–122. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-2-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-2-10). [in Ukrainian].

3. Chykin, I. V., & Hospodarenko, H. M. (2025). Changes in agrochemical properties of podzolized chernozem under different fertilization systems in crop rotation. *Taurian Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*, 146(2), 104–110. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.2.14>. [in Ukrainian].

4. Hospodarenko, H. M., Chernov, O. D., & Liubych, V. V. (2021). Agrochemical substantiation of fertilizer application for winter rapeseed in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, (1), 12–18. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2021-1-12-18>. [in Ukrainian].

5. Vázquez-Carrasquer, V., Laperche, A., Bissuel-Bélaygue, C., Chelle, M., & Richard-Molard, C. (2021). Nitrogen uptake efficiency mediated by fine root growth determines variations in nitrogen use efficiency of winter oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.641459>

6. Lemaire, G., Jeuffroy, M.-H., & Gastal, F. (2008). Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practice for crop N management. *European Journal of Agronomy*, 28(4), 614–624. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.01.005>

7. Stepaniuk, M., & Głowacka, A. (2022). Yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*) in a short-term monoculture and the macronutrient accumulation in relation to the dose and method of sulphur application. *Agronomy*, 12(1), 68. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010068>

8. Sikorska, A., Gugala, M., & Zarzecka, K. (2021). The response of different rapeseed cultivars to foliar application of nitrogen, sulphur and boron. *Scientific Reports*, 11, 21102. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00639-2>

9. Groth, D. A., Sokólski, M., & Jankowski, K. J. (2020). A multi-criteria evaluation of the effectiveness of nitrogen and sulfur fertilization in different cultivars of winter rapeseed—productivity, economic and energy balance. *Energies*, 13, 4654. <https://doi.org/10.3390/en13184654>

10. Sokólski, M., Załuski, D., Szatkowski, A., & Jankowski, K. J. (2023). Winter oilseed rape: Agronomic management in different tillage systems and seed quality. *Agronomy*, 13(2), 524. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020524>

11. Siles, L., Hassall, K. L., Sanchis Gritsch, C., Eastmond, P. J., & Kurup, S. (2021). Uncovering trait associations resulting in maximal seed yield in winter and spring oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.697576>

12. Bohovin, A. V., Makarenko, P. S., Kurhak, V. H., et al. (1990). Handbook on hayfields and pastures. Kyiv. [in Ukrainian].

13. Bohovin, A. V., & Kurhak, V. H. (1993). The role of leguminous grasses in optimization of ecological regimes of meadow ecosystems under conditions of their intensive use. *Ecology of Polissia: Problems, Modernity, Future*, 38–39. Kharkiv–Lutsk. [in Ukrainian].

14. Kurhak, V. H. (1995). Ecological, biological and agrotechnical bases for the creation of highly productive sown meadows in the Forest-Steppe of Ukraine. Kyiv. [in Ukrainian].

15. Svystunova, I. V. (2008). Feed productivity of winter triticale for green fodder depending on cultivation practices under conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Vinnytsia. [in Ukrainian].

16. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). Methodology of state scientific and technical examination of plant varieties: Methods for determining quality indicators of crop production. Vinnytsia. [in Ukrainian].
17. Karpus, M. M., Karpovych, S. I., Maliienko, A. V., et al. (1988). Handbook of feed nutritional value. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian].
18. Zinchenko, O. I., Adamen, F. F., Demydas, H. I., & Korotieiev, A. V. (2001). Feed quality assessment. In O. I. Zinchenko (Ed.), Feed production: Practical course (pp. 50–68). Kyiv: Nora-Print. [in Ukrainian].
19. Zinchenko, O. I. (2005). Feed production. Kyiv: Vyshcha Shkola. [in Ukrainian].
20. Vlokh, V. H., Dubkovetskyi, S. V., Kyiak, H. S., & Onyshchuk, D. M. (2005). Crop production. Kyiv: Vyshcha Shkola. [in Ukrainian].
21. Lykhochvor, V. V. (2004). Crop production: Technologies for growing agricultural crops. Kyiv: Center of Educational Literature. [in Ukrainian].

Annotation

Rassadina I. Y., Kovalenko O. V.

Features of soil nitrogen regime formation and productivity of winter oilseed rape depending on nitrogen and sulfur fertilization

Aim. To determine the influence of different doses of nitrogen and sulfur fertilizers on the formation of the soil nitrogen regime and the productivity of winter rapeseed under conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Methods. Field, laboratory, analytical, comparative, and statistical.

Results. The results of two-year studies showed a significant effect of nitrogen and nitrogen-sulfur fertilization on the content and distribution of mineral nitrogen in the soil profile. The highest content of mineral nitrogen was observed in the 0–20 cm layer, where its concentration increased from 11,2–11,4 mg/kg in the control to 31,1 mg/kg under N_{150} in 2024 and to 23,2 mg/kg in 2025. The application of nitrogen in combination with sulfur contributed not only to an increase in mineral nitrogen content but also to a more uniform distribution throughout the soil profile. A decrease in nitrogen content with soil depth was established in all variants. Weather conditions influenced nitrogen dynamics, as in 2025 the overall nitrogen level was lower due to less favorable moisture supply. Winter rapeseed yield significantly increased with higher fertilizer rates. In 2024, yield rose from 3,16 t/ha in the control to 3,79 t/ha under N_{150} and reached a maximum of 4,16 t/ha under $N_{150}+S$. In 2025, despite less favorable conditions, yield increased from 2,51 t/ha in the control to 4,16 t/ha under $N_{150}+S$. The combined application of nitrogen and sulfur ensured more stable productivity compared to nitrogen-only fertilization. Hybrid response varied, with Daktari showing the highest and most stable productivity across treatments.

Conclusions. Nitrogen fertilization significantly increases the content of mineral nitrogen in the soil and the productivity of winter rapeseed. The combined application of nitrogen and sulfur enhances nitrogen use efficiency, improves its distribution in the soil profile, and ensures stable yield formation even under unfavorable weather conditions. The highest efficiency was obtained with the $N_{150}+S$ fertilization system.

Key words: nitrates, ammonium nitrogen, sulfur, fertilization, yield, soil fertility.