

УДК 581.132.1:633.854.79

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.16>

ВПЛИВ ФОРМ АЗОТНИХ ДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО

Цицюра Я.Г. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-9167-833X

Ткачук О.П. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-0647-6662

Зростання вартості мінеральних добрив та урізноманітнення їх форм та композицій діючої речовини, поява нових підходів у строках сівби та варіантах обробітку ґрунту, необхідність чіткого програмного планування використання відповідних форм діючих речовин макро- та мікродобрив – зумовлюють необхідність переходу в розробці систем удобрення основних сільськогосподарських культур від загального планування розподілу визначеної норми конкретного елемента живлення до підбору оптимального варіанту форми самого добрива з огляду на хімізм її перетворення в ґрунті, баланс депонування та особливості засвоєння рослиною.

З врахуванням наявності трьох основних форм азоту (амонійна, амідна, нітратна), які застосовуються в тих чи інших добривах, та з огляду на стратегічну важливість для України такої культури як озимий ріпак – актуальною проблемою, що потребує наукового сучасного узагальнення та практичного вирішення є оцінка ефективності застосування різних форм азоту окремо або ж у поєднанні за системи їх традиційного внесення у технологіях вирощування.

У дослідженнях було задіяно типові представники двох технологічних типів гібридів ріпаку озимого інтенсивного типу в умовах нестійкого зволоження на сірих лісових ґрунтах типових для умов Центрального агроґрунтового району Вінниччини за внесення у формі дробного розподілу різних форм азотних добрив – амонійної (за внесення сульфату амонію), амідної (за внесення сечовини), амонійно-нітратної (за внесення аміачної селітри) та КАС 30 (добриво що містить одночасно три форми азоту).

Для оцінки ефективності та доцільності застосованих варіантів удобрення було сформовано систему показників загальної біопродуктивності рослин ріпаку озимого (висота рослин, сформована надземна біомаса у сухій речовині) показник маси 1000 насінин та рівень урожайності. Застосовано широкий спектр якісних показників: вміст олії, сирого протеїну, азоту, фосфору та калію, а також жирнокислотний склад насіння.

У результатуючому підсумку встановлено доцільність та ефективність застосування на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження за вирощування високоінтенсивних сортів як традиційного так і адаптивно-технологічного спрямування у додаток до фонового фосфорно-калійного удобрення у нормі 90 кг/га діючої двох варіантів дробного внесення азотних добрив з розподілом 30 кг/га діючої речовини під посів озимого ріпаку та 60 кг/га діючої речовини по мерзлоталому ґрунту у формі КАС, який містить три форми азоту амідну, амонійну і нітратну та у амонійній формі із супутнім вмістом сірки у формі сульфату амонію. Такі варіанти удобрення забезпечили максимальні рівні урожайності у значенні 3,4–3,6 т/га (з приростом до контролю 24–27%) за одночасної оптимізації якості врожаю за рахунок збільшення вмісту олеїнової та лінолевої жирних кислот у середньому на 1,0% та зростанні вмісту рослинної олії в насінні у межах вивчаємих гібридів на 1,1%.

Ключові слова: ріпак озимий, форми азоту, удобрення, жирнокислотний склад, урожайність, якість насіння.

Tsytsiura Ya.H., Tkachuk O.P. Influence of nitrogen fertilizer forms on the formation of yield and quality of winter rape seeds

The increasing cost of mineral fertilizers and the diversity of their forms and compositions of active substances, the emergence of new approaches to sowing dates and tillage options, the need for clear programmatic planning of the use of appropriate forms of macro- and microfertilizers' active substances – all of these factors make it necessary to move in the development of fertilization systems for major crops from general planning of the distribution of a certain rate of a particular nutrient to the selection of the optimal form of the fertilizer itself, taking into account the chemistry of its transformation.

Taking into account the presence of three basic forms of nitrogen (ammonium, amide, nitrate) used in certain fertilizers, and given the strategic importance of such a crop as winter rape for Ukraine, an urgent problem that requires modern scientific generalization and practical solution is to assess the effectiveness of using different forms of nitrogen separately or in combination in the system of their traditional application in cultivation technologies.

The research involved typical representatives of two technological types of intensive winter rape hybrids under conditions of unstable moisture on gray forest soils typical for the conditions of the Central agro-soil region of Vinnytsia oblast when applying in the form of fractional distribution of different forms of nitrogen fertilizers – ammonium (for ammonium sulfate), amide (for urea), ammonium-nitrate (for ammonium nitrate) and UAM 30 (urea-ammonia mixture, fertilizer containing three forms of nitrogen).

To evaluate the effectiveness and feasibility of the applied fertilizer options, a system of indicators of the overall bioproductivity of winter rape plants (plant height, aboveground biomass in dry matter), 1000 seed weight, and yield level was formed. A wide range of qualitative indicators was used: oil content, crude protein, nitrogen, phosphorus and potassium, as well as the fatty acid composition of seeds.

As a result, the feasibility and effectiveness of using two variants of fractional application of nitrogen fertilizers with the distribution of 30 kg/ha of active ingredient for sowing winter rape and 60 kg/ha of active ingredient for permafrost soil in the form of UAN in addition to the background phosphorus-potassium fertilizer at a rate of 90 kg/ha of active ingredient, which contains three forms of nitrogen: ammonium, ammonium and nitrate, and in the ammonium form with the accompanying sulfur content in the form of ammonium sulfate. Such fertilizer options provided maximum yield levels of 3.4–3.6 t/ha (with an increase of 24–27% over the control) while optimizing the quality of the crop by increasing the content of oleic and linoleic fatty acids by an average of 1.0% and increasing the content of vegetable oil in seeds within the studied hybrids by 1.11%.

Key words: winter rape, nitrogen forms, fertilizers, fatty acid composition, yield, seed quality.

Постановка проблеми. Сучасні сорти та гібриди озимого ріпаку з досяжним рівнем продуктивності 4–5 т/га орієнтовані за ідіотипічною структурою на високу ресурсну ємність вирощування [1, с. 436]. У структурі вказаної ємності мінеральні добрива займають частку понад 50% формуючи домінуючу роль у корегуванні рівнів урожайності та отриманих рівнів якості зібраного врожаю [2, с. 104–105]. Відмічається [3, с. 1–2; 4, с. 3], що важливим у плані ефективної реалізації ефективної дії мінеральних добрив за вирощування озимого ріпаку є підбір таких складових як норми та строки їх застосування і що не менш важливим є види добрив, які було використано в технологічній схемі вирощування того чи іншого гібриду або ж сорту [5, с. 1448].

Висока варіативність пропозицій удобрення для різних феностадій розвитку ріпаку озимого, а також різномірні підходи до розподілу вказаної норми по вегетації формують певну проблематику добору оптимальних форм добрив з позиції типу діючої речовини та специфіки її взаємодії з огляду на агрохімічний потенціал ґрунтів та гідротермічні умови періоду вегетації [6, с. 888–889]. Особливо актуальним у цьому плані є підбір форм азотних добрив, враховуючи наявність чотирьох її основних варіантів: амонійної, нітратної, амонійно-нітратної та амідної [7, с. 82; 8, с. 2003–2004]. Актуалізація дослідження цього питання додатково

ґрунтується ще й на таких аспектах як визначені істотні відмінності взаємодії перелічених форм із ґрунтовим вбирним комплексом, залежність ефективності їх дії від різних режимів ґрунтового зволоження та динамізму температур як повітря, так і ґрунту, різна загальна ефективність іммобілізації елементів живлення вивільнених у результаті розкладення та дисоціації діючих речовин добрива у ґрунтовому профілі відповідно до специфіки глибини загортання відповідного добрива [9, с. 1–3]. Відмічається [10, с. 160–161], що для сільськогосподарських культур з озимим циклом розвитку форми азоту у добриві відіграють важливу роль в аспектах ефективної перезимівлі, процесах відновлення вегетації на весні та збереження відповідних темпів продуктивного розвитку у весняно-літній період.

Враховуючи вище викладені факти актуальним питанням, яке потребує відповідного наукового узагальнення є дослідження впливу форм азотних добрив на формування рівнів урожайності та якості насіння ріпаку озимого для високоінтенсивних його гібридів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено [11, с. 7–9], що поглинання азоту з ґрунтового профілю рослинами відбувається у формі катіону амонію (NH_4^+) та нітратного аніону (NO_3^-). При цьому домінування форми поглинання азоту залежить від цілого ряду чинників таких як ґрунтово-кліматичних умов, характеру ідіотипу відповідного сорту чи гібриду, норми удобрення та її розподілу у відповідні критичні феностадії, кислотності ґрунтового розчину, мікробіологічної активності ґрунту та наявності органічних сполук здатних до інтенсивної хімічної взаємодії з аміаком та його похідними у реакціях осадження тощо [12, с. 97–99]. З цих причин різні форми азотних добрив можуть мати різну ефективність на основі рівнів перерахованих факторів впливу та їх взаємодії для конкретних ґрунтово-кліматичних зон [13, с. 500–501]. Це вимагає чіткого коректування систем удобрення озимого ріпаку у варіантах застосування різних азотних добрив чи їх поєднання залежно від варіанту форми діючої речовини [14, с. 304].

Визначено також [2, с. 105; 15, с. 85], що якість вирощеного врожаю також залежно від форм азотних добрив, які застосовуються у системі удобрення хрестоцвітних культур у цілому [16, с. 1083–1084]. Зокрема за використання переважно амонійних форм азоту істотно посилюється відновлювальна функція рослинної клітини, що у підсумку сприяє інтенсифікації синтезу відновлювальних органічних сполук у формі рослинних жирів [17, с. 329–330].

Домінування у системі удобрення нітратних форм мінерального азотного живлення з фізіологічної точки зору відмічено домінування у рослинній клітині окисних процесів за загального зростання окислювальної здатності клітин із супутнім утворенням органічних кислот з ряду лимонної та щавлевої. Такий характер сприяє зміні у співвідношенні жирних кислот до категорії ненасичених та змінює біохімічну структуру рослинних олій відповідним чином [18, с. 98–100].

При цьому слід зауважити, що за високого варіювання коефіцієнту споживання азоту рослинами озимого ріпаку в польових умовах на рівні від 30 до 50% інтенсифікація та оптимізація цього показника також визначається формами азоту застосованими у загальній агротехнологічній схемі удобрення культури [19, с. 5–9]. Це пов'язано із відомими базовими процесами газоподібних втрат азоту з ґрунту у результаті денітрифікації, амоніфікації та нітрифікації у формі молекулярного азоту, форм його оксидів різної валентності та кінцевого продукту аміаку [20, с. 8–12].

Досліджено [21, с. 261–264], що за величиною втрат аміаку з ґрунту лінійку використовуваних видів азотних добрив можна розмістити у такому порядку

зростання показника: сульфат амонію (1–14% від норми внесення), аміачна селітра (3–14%), сечовина (2–20%), водний розчин аміаку (45–50%). При цьому з перелічених азотних добрив сульфат амонію оцінено як таке, що має найвищий коефіцієнт використання азоту рослинами та має найнижчі його втрати по результатах процесу денітрифікації у співставленні до інших форм азотних добрив [22, с. 87–90].

Разом із тим наголошується [23, с. 2–5], що проблематика добору оптимальних форм азоту визначається для кожного типу ґрунту та ґрунтового-кліматичної зони індивідуально, враховуючи багатофакторність процесу трансформації азоту в ґрунтовому профілі, рухливості даних форм залежно від вологісних та температурних режимів, а також рівня мікробіологічної активності ґрунту пов'язаної із трансформацією основних сполук. З цих причин дослідження цього питання за зтвердженнями [24, с. 2–4; 25, с. 244–245] залишається актуальним завданням у ракурсі аланування адаптивних систем удобрення основних польових культур особливо озимої групи та озимого ріпаку зокрема.

Метою дослідження було дослідити ефективність та доцільність застосування відповідних форм азотних добрив у загальній системі удобрення високо інтенсивних та ресурсоемнісних гібридів ріпаку озимого із супутнім контролем якості вирощеного врожаю.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводились впродовж 2022–2024 рр. в умовах НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету на сірих лісових ґрунтах. Агрохімічний потенціал ґрунтового покриву: вміст гумусу 2,72% легкогідролізованого азоту 80.9 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 146.5 мг/кг ґрунту, обмінного калію 105.9 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{кел}}$ 5.8.

Погодні умови за вегетаційний період ріпаку озимого у розрізі трьох сезонів в цілому мали відносну сприятливість для реалізації урожайного потенціалу вивчаємих гібридів озимого ріпаку. При цьому за режимом сприятливості та оптимальності вегетаційні сезони досліджуваного період можна розмістити у наступному порядку зростання 2021/2022 – 2023/2024 – 2022/2023 (табл. 1, рис. 1).

В якості об'єкта вивчення використано гібриди ріпаку озимого компанії DEKALB® різного технологічного спрямування, а саме:

- гібрид для традиційної технології вирощування – ДК Експер;
- гібрид для виробничої системи Clearfield – ДК Іммінент КЛ.

ДК Експер. Високопластичний гібрид з інтенсивно високими темпами надземного наростання Володіє швидкими темпами відновлення вегетації навесні. Характеризується адаптивними реакціями використання зимових депонованих запасів вологи та внесених з осені діючих речовин мінеральних добрив. Відмічено високі порогові значення стійкості до хвороб (ген RLM7). Абсолютно стійкий до розтріскування стручків і осипання насіння. Ранньостиглий. Висота рослин в інтервалі 150–160 см. Вміст олії у насінні 47–48%.

ДК Іммінент КЛ. Має виражену комплексну стійкість до хвороб особливо фомозу (наявність гена RLM7). Характеризується високими рівнями компенсаторної здатності за рахунок інтенсивного галуження, що дозволяє з успіхом вирощувати гібрид за мінімально рекомендованих густот стояння. Потенціал врожайності високий на рівні з кращими гібридами.

Має потужне стебло та розвинену кореневу систему. Високостійкий до розтріскування стручків. Середостиглий з пізнім періодом цвітіння. Висота рослини на рівні 170–190 см. Вміст олії у насінні – 47–49%. Має низький вміст глюकोзинолатів та ерукової кислоти < 0.5%. Придатний до середніх та пізніх строків сівби. За

результатами екологічного зонального сортовипробування мав такі бали стійкості у категорії: зимостійкість – 6; посухостійкість – 6; стійкість до фомозу – 9.

Таблиця 1

**Сегментована оцінка значень гідротермічних режимів періоду вегетації
ріпаку озимого, 2021–2024 рр.**

Рік	Сума опадів, мм (IV–VI)	$t_{\text{ср.}}, ^\circ\text{C}$ (IV–VI)	Місяці періоду вегетації								
			IV			V			VI		
			ГТК	I_n	K_3	ГТК	I_n	K_3	ГТК	I_n	K_3
2021	282,8	13,26	0,23	38,8	0,96	3,13	66,7	1,64	1,68	39,8	1,00
2022	242,1	14,30	0,56	57,4	2,33	1,43	31,3	0,79	1,50	36,1	0,85
2023	239,8	14,18	1,54	91,5	3,33	0,08	1,9	0,04	1,64	38,9	0,87
2024	262,1	16,27	3,26	47,5	3,18	0,58	13,2	0,24	1,66	40,4	0,98

Рік	Сума опадів, мм (VII–X)	$t_{\text{ср.}}, ^\circ\text{C}$ (VII–X)	Місяці періоду вегетації											
			VII			VIII			IX			X		
			ГТК	I_n	K_3	ГТК	I_n	K_3	ГТК	I_n	K_3	ГТК	I_n	K_3
2021	176,9	15,4	0,78	20,1	0,45	1,46	35,7	0,91	0,71	17,6	0,51	0,00	1,7	0,04
2022	436,6	16,0	0,90	22,4	0,58	1,71	43,1	1,06	4,96	98,1	2,60	3,17	51,4	1,50
2023	247,1	18,3	1,41	35,8	0,82	0,65	16,9	0,36	1,01	23,4	0,63	1,03	29,9	0,93
2024	219,8	19,6	1,19	31,1	0,66	0,77	19,8	0,41	0,45	10,6	0,22	1,17	30,5	1,06

Рік	$t_{\text{aver}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{aver}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{aver}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм	Рік	$t_{\text{aver}}, ^\circ\text{C}$	Сума опадів, мм
2021	-0,3	356,1	2022	1,2	216,9	2023	2,2	278,0	2024	2,9	371,2

* – середня середньодобова температура ($^\circ\text{C}$) та ** – сума опадів (мм) за період листопад попереднього року – березень наступного.

Схема дослідів передбачала застосування чотирьохразової повторності з систематичним у два яруси розміщенням дослідних ділянок при обліковій площі 50 м², а загальній 60 м².

Попередник у всіх варіантах дослідів озима пшениця. Проводився основний обробіток ґрунту після збирання попередника який включав дискування на глибину 6–8 см та послідовну оранку на глибину 23–25 см. Строк сівби – перша декада вересня за норми висіву 500 тис. насінин/га за обов'язкового післяпосівного коткування.

Схема дослідів передбачала застосування таких варіантів:

I. Контроль (РК)₉₀ – фон;

II. Фон + сульфат амонію (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту));

III. Фон + сечовина (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту));

IV. Фон + аміачна селітра (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту));

V. Фон + карбамідно-аміачна суміш (КАС 30) (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту)).

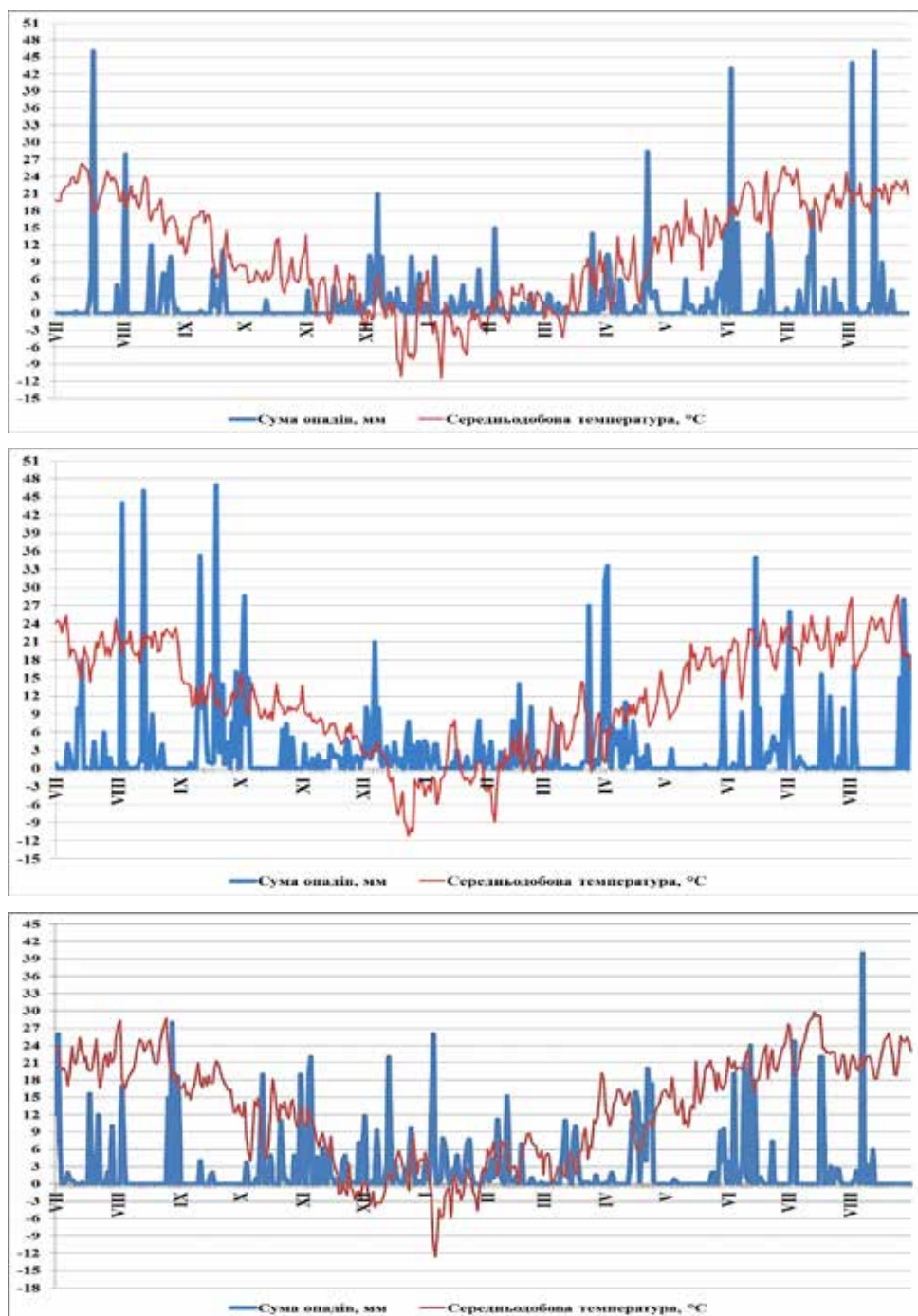


Рис. 1. Гідротермічний режим періоду вегетації ріпаку озимого (верхня позиція сезон 2021–2022 рр., середня позиція – сезон 2022–2023 рр., нижня позиція – сезон 2023–2024 рр.)

Для фонового удобрення було застосовано подвійний суперфосфат (46% д.р.) та калій хлористий (60% д.р.).

Періодизацію фенології рослин ріпаку озимого проводили відповідно до феношквал ВВСН у відповідному їй кодуванню.

Структуру індивідуальної насінневої продуктивності рослин обліковували відповідно до рекомендованих методик обліку для хрестоцвітих культур [26, с. 50–63].

Висоту рослин визначали на фазу повного цвітіння з розрахунку прямого вимірювання довжини головного стебла від кореневої шийки до верхівки головної осі суцвіття за використання метричного мірного засобу.

Облік сформованої надземної біомаси проводили на фазу повного цвітіння шляхом зважування її з облікових ділянок площею 1 м² у середній частині ділянки кожного повторення та трансформували її у суху речовину відповідно до визначено вмісту сухої речовини у даній біомасі.

Вміст сухої речовини у надземній масі рослин визначали за стандартним протоколом висушуванням до постійної маси при 105 °С та озоленням при 550 °С.

Для обліку урожайності було застосовано метод поділянкового оболоту кожного повторення із визначенням середнього показника для відповідного варіанту із загальним переведенням на площу в 1 га [26, с. 64–69].

При вивченні ефективності різних варіантів удобрення у розрізі вивчаємих варіантів проводили з урахуванням методичної бази проведення дослідів з агрохімікатами та добривами [27, с. 8–20].

Жирнокислотний склад насіння досліджували методами газорідинної хроматографії в умовах лабораторії якості та сертифікації продукції ВАТ «Вінолія» (м. Вінниця) згідно із стандартним протоколом при застосуванні хроматографа Шимадзу. За використання умов даної лабораторії було визначено вміст олії, сирого протеїну та основних макроелементів в насінні гібридів ріпаку озимого у відповідності зі стандартом ДСТУ 8175:2015 та стандартизованими протоколами оцінки якості продукції сортів та гібридів озимого ріпаку [28, с. 83–85]. Насіння для вказаних аналізів відбирали відповідно до стандартних рекомендацій [28, с. 83] із партії відповідних дослідних варіантів згідно сформованої схеми дослідів.

Статистична оцінка результатів досліджень проводили за схемою багатфакторного дисперсійного аналізу із визначенням найменшої істотної різниці для 5% рівня значущості. Додатково було застосовано такий показник як стандартне відхилення, розрахований відповідно до загальних методик [29, с. 15–45; 30, с. 25–57].

Виклад основного матеріалу дослідження. Усереднені результати досліджень засвідчили різномірний вплив різних форм азотних добрив як на комплекс загального лінійного морфологічного розвитку рослин озимого ріпаку, так і на комплекс важливих індикаторів насінневої продуктивності (табл. 2).

Загальна висота рослин для обох гібридів відповідала властивому інтервалу показника на основі результатів зонального екологічного випробування та була максимальною у варіанті застосування КАС, добрива, яке містить азот у трьох формах: амідній, амонійній і нітратній. Це дозволяє за його використання розмежувати етапність використання азоту, спочатку у формах нітратній, амонійній та амідній. Такий характер формування відмічено для обох вивчаємих сортів де приріст до контрольного фоновому варіанту становив 10,57% у гібриду ДК Експовер та 9,59% у гібриду ДК Іммімент КЛ. За прирістним ефектом по висоті стебла слід відмітити і варіант застосування амонійної форми азоту за внесення сульфату амонію з приростом показника на рівні 9,45% та 6,06% відповідно.

Таблиця 2

**Показники морфометричної та вагової біопродуктивності рослин гібридів
ріпаку озимого залежно від застосованих форм азотних добрив
(середнє за вегетаційні сезони 2022–2024 рр.)**

Варіант дослідів (форми азотних добрив (В))*	Середня висота рослин, см	Суха маса рослин г/м²	Урожай-ність насіння, т/га	Приріст		Окуп-ність 1 кг N насінням кг	Маса 1000 насінин, г
				т/га	%		
ДК Експовер							
I	142,8	1030,8	2,84	—	—	—	4,59
II	156,3	1238,5	3,38	0,64	23,36	7,1	4,97
III	152,8	1152,7	3,26	0,52	18,98	5,8	4,69
IV	149,7	1108,7	3,19	0,45	16,42	5,0	4,51
V	157,9	1299,3	3,48	0,74	27,01	8,2	5,09
НІР ₀₅ A**	2,12	54,3	0,09	0,09	—	—	0,10
B	1,56	27,9	0,07	0,06	—	—	0,06
AB	2,91	67,8	0,10	0,08	—	—	0,08
ДК Іммінент КЛ							
I	166,8	1154,8	2,95	—	—	—	5,12
II	176,9	1304,9	3,62	0,67	22,71	8,1	5,54
III	174,4	1271,3	3,51	0,56	18,98	6,9	5,31
IV	172,7	1211,8	3,41	0,46	15,59	5,8	5,23
V	182,8	1357,5	3,67	0,72	24,41	9,6	5,59
НІР ₀₅ A	1,85	47,9	0,08	0,10	—	—	0,11
B	1,43	21,8	0,07	0,06	—	—	0,07
AB	3,14	64,9	0,11	0,07	—	—	0,08

*I. Контроль (РК)₉₀ – фон; II. Фон + сульфат амонію (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); III. Фон + сечовина (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); IV. Фон + аміачна селітра (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); V. Фон + карбамідно-аміачну суміш (КАС 30) (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); ** – чинник умов року у багатofакторній дисперсійній системі.

Аналогічний характер відмічено і за формуванням загальної надземної біомаси рослин у виразі спів ставного накопичення сухої речовини. Застосування КАС забезпечило приріст до фонового контролю на рівні 26,05% у гібриду ДК Експовер та 17,55% у гібриду ДК Іммінент КЛ. Застосування окремо амонійної форми було за приростом до контролю на 4,2–6,1% нижче залежно від гібриду. Прирістний ефект від застосування амідної та амонійно-нітратної форми був у середньому по сортах на 6,85% та 11,43% відповідно нижчим.

Такий характер формування темпів лінійного росту та загального вагового габітусу рослин позитивно співвідноситься з рядом досліджень [15, с. 92–96; 19, с. 58–60; 21, с. 262–264] та на нашу думку пояснюється диференційним

впливом різних форм азоту з можливістю ситуаційного засвоєння з огляду на максимальну екологічну адаптивність наявності одночасно трьох форм азоту в єдиній препаративній формі. Стосовно ефективності амонійної форми – отримані нами результати узгоджуються із твердженнями [25, с. 244–245], що застосування сульфату амонію позитивно впливає на нагромадження сульфат аніонів у ґрунтовому розчині, що в свою чергу формує позитивні передумови для оптимізації протеїнового обміну у рослинному організмі та активізує діяльність ростових центрів. У кінцевому підсумку в озимого ріпаку це забезпечило ростові біопродуктивні переваги перед формами азоту в амідній (застосування сечовини) та амонійно-нітратній (внесення аміачної селітри) формах. Що стосується застосування селітри то наявність двох форм азоту за переваг до поглинання нітратної форми створює певний рівень супресії поглинання амонійної форми, що знижує ефект застосування особливо за відсутності позитивного компоненту вмісту сірки при застосуванні сульфату амонію.

Визначений динамізм ростових процесів у співставленні до контролю, зокрема формування сухої маси рослин на одиниці площі, що є прямим індикатором фотосинтетичної активності [13, с. 501–503], забезпечив реалізацію вказаних відмінностей між варіантами у виразі урожайності насіння. При цьому встановлено генотипову специфічність реакції вивчаємих гібридів на різні форми азотних добрив. Так, для гібриду ДК Експер визначено переважаючу ефективність двох варіантів застосування одночасно трьох варіантів діючої речовини у формі добрива КАС (приріст до фонового контролю 27,01%) та застосування амонійної форми азоту за наявності сірки як супутнього компоненту. Для гібриду ДК Іммінент КЛ за певного переважання варіанту із внесенням КАС відповідно до статистичної оцінки приріст між застосуванням КАС та сульфату амонію не мав істотної різниці, тобто вказані варіанти забезпечували близькі процеси реалізації насінневої продуктивності даного гібрида. Слід відмітити, що вивчаємі гібриди належать до різних технологічних груп – традиційної (гібрид ДК Експер) та інтенсивно-ємнісної (гібрид ДК Іммінент КЛ). З огляду на дослідження [9, с. 2–4] такі особливості зумовлюють необхідність в мікроелементному забезпеченні застосованих мінеральних добрив і, зокрема, для ріпаку озимого таких елементів як сірка та бор. З цих причин гібрид ДК Іммінент КЛ ефективно реалізовував власний урожайний потенціал саме на фоні оптимізації застосування сірки та її доступності поряд з ефективністю адаптивного механізму доступності за одночасного внесення всіх трьох форм азоту за внесення КАС.

У підсумку сформовані урожайності логічно відобразились на величинах прирістної окупності застосованих норм мінерального живлення у вивчаємих формах. При цьому слід відмітити, що фактичні рівні облікової урожайності обох гібридів відповідають рівневі у 65–72% відповідно до результатів багаторічного зонального циклу випробувань. Це вказує, що для оптимізації їх урожайних показників застосований фон удобрення у значенні 90 кг/га діючої речовини не є достатнім ємнісним рівнем в вказані гібриди потребують азотного живлення у значенні від 120 до 140 кг/га д.р. з обов'язковим додаванням мікроелементів та ріст регулюючих речовин у варіанті комбінованого позакореневого підживлення. Це також узгоджується із облікованим показником маси 1000 насінин у межах застосованих варіантів удобрення, який на 16,8–21,9% нижчий від можливого генотипового потенціалу та мав максимальний приріст до контролю на рівні 10,89% у гібрида ДК Експер та 9,17% у гібрида ДК Експер у варіанті застосування

КАС. З огляду на статистичну близькість прирістного показника визначену і для варіанту застосування амонійної форми азоту у сукупності із сіркою за внесення сульфату амонію – даний варіант також буде ефективним у плані реалізації вагових параметрів індивідуальної насінневої продуктивності при плануванні системи азотного живлення гібридів озимого ріпаку на сірих лісових ґрунтах.

Визначено, що застосування додаткового до фосфорно-калійного фону азотного живлення для всіх вивчаємих форм азоту було ефективним з позиції поліпшення якості вирощеного урожаю за основним показником олійності (табл. 3). Проте з позиції формування максимального показника серед варіантів виділено варіант застосування амонійної форми азоту із сіркою (внесення сульфату амонію з приростом до фонового контролю у гібриду ДК Експер на рівні 2,89% та у гібриду ДК Іммінент КЛ на рівні 1,90%) у співставленні до інших варіантів прирістний інтервал до контролю для даного показника був на 0,57–1,07% нижчим (для амонійно-нітратної та амідної форм). Такий характер формування показника олійності підтверджує висновки [9, с. 2–4; 10, с. 160–161; 12, с. 98–99] щодо ролі амонійної форми у поєднанні із сірковмісними мікродобривами у інтенсифікації жирового обміну у рослин ріпаку озимого.

Подібна тенденція впливу застосованих варіантів удобрення відмічена і за обліку показника вмісту сирого протеїну за істотних переваг застосування варіанту з одночасним застосуванням трьох форм азоту (застосування КАС) та амонійної форми (за внесення сульфату амонію). Такий характер пояснюється високим рівнем детермінації процесу білкового обміну як за рахунок певного співвідношення у добриві амонійної та амідної форми азоту [23, с. 2–3; 25, с. 244–245] а також для достатнього забезпечення сіркою у формі як компоненту основного мікродобрива чи у формі позакореневого підживлення при застосуванні мікродобрив.

У підсумку середній приріст, у співставленні до контролю, для гібридів показника у варіанті застосування сульфату амонію становив 2,03% та у варіанті застосування КАС 0,89%. Вказані висновки позитивно узгоджуються із визначеним вмістом азоту в насінні з огляду на зв'язок загального вмісту азоту та сирого протеїну у перевідному коефіцієнті 6,25 та визначені закономірності формування у межах дослідних варіантів. Стосовно вмісту фосфору та калію визначено, що накопичення фосфору у ріпаку озимого в насінні визначається в поносному фоновим застосуванням фосфору та калію, а що стосується вмісту калію то значення показника відповідно до висновків ряду досліджень [6, 887–889; 14, с. 304–306] має певний характер спряженого формування із оптимізацією азотно-білкового обміну. Це узгоджується із результатами подібного формування показника вмісту сирого протеїну та азоту в насінні та аналогічного формування показника вмісту калію в насінні.

Слід також зауважити, що досліджувані гібриди озимого ріпаку слід віднести до високо протеїнових за біохімічним складом насіння, що дозволяє рекомендувати побічну продукції отриману у результаті процесу екстракції олії – жмих – застосовувати у системі годівлі тварин після різних варіантів приготування та комбінування.

У результатуючому підсумку продуктивний вихід сирого протеїну та сирого жиру був максимальним у варіанті застосування одночасно трьох діючих форм азоту за внесення КАС з усередненим приростом по гібридах у співставленні до фонового контролю на рівні 20,77% за показником вмісту сирого жиру та 19,44% за вмістом сирого протеїну.

Таблиця 3

Вплив застосованих форм азотних добрив на біохімічний склад насіння гібридів ріпаку озимого (середнє за вегетаційні сезони 2022–2024 рр.)

Варіант досліджу (форми азотних добрив (В))*	Олійність, %	Вміст сирого протеїну, %	Вміст азоту, %	Вміст фосфору, %	Вміст калію, %	Збір сирого жиру, т/га	Збір сирого протеїну, т/га
ДК Експовер							
I	46,25	23,72	4,21	0,84	1,78	1,31	0,67
II	47,58	23,88	4,30	0,86	1,88	1,61	0,81
III	47,21	23,81	4,22	0,83	1,84	1,54	0,78
IV	47,03	23,75	4,21	0,82	1,81	1,50	0,76
V	47,45	23,92	4,27	0,86	1,90	1,65	0,83
НІР ₀₅ А**	0,11	0,09	0,08	0,09	0,08	-	-
В	0,09	0,05	0,05	0,05	0,06	-	-
АВ	0,11	0,07	0,06	0,08	0,07	-	-
ДК Іммінент КЛ							
I	46,74	24,32	4,30	0,81	1,82	1,54	0,80
II	47,63	24,68	4,41	0,84	1,89	1,72	0,89
III	47,29	24,60	4,33	0,82	1,81	1,66	0,86
IV	47,12	24,44	4,30	0,81	1,78	1,61	0,83
V	47,52	24,55	4,38	0,86	1,93	1,78	0,92
НІР ₀₅ А	0,10	0,08	0,07	0,10	0,11	-	-
В	0,08	0,05	0,05	0,07	0,08	-	-
АВ	0,10	0,07	0,06	0,09	0,09	-	-

*I. Контроль (РК)₉₀ – фон; II. Фон + сульфат амонію (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); III. Фон + сечовина (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); IV. Фон + аміачна селітра (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); V. Фон + карбамідно-аміачну суміш (КАС 30) (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); ** – чинник умов року у багатofакторній дисперсійній системі.

Відомо, що одним із базових показників якості урожаю ріпаку озимого є жирнокислотний склад насіння [31, с. 1–2; 32, с. 268–269; 33, с. 165–167]. Встановлено, що рівень мінерального живлення та форми та строки застосування добрив впливають на композиційну структуру жирних кислот в насінні озимого ріпаку. Подібні висновки підтверджено і в даних дослідженням (табл. 4). Для обох гібридів озимого ріпаку встановлено подібну тенденції щодо формування вмісту важливих жирних кислот залежно від форм застосованих азотних добрив. При цьому ці особливості були характерними в оцінці накопичення відсотку вмісту олеїнової (С 18:1) та лінолевої (С 18:2) жирних кислот. Зокрема, максимальні значення концентрації олеїнової кислоти відмічено у варіантах застосування КАС (з усередненим приростом до фонового контролю на рівні 1,58%).

Таблиця 4

**Жирнокислотний склад насіння гібридів ріпаку озимого
залежно від застосованих форм азотних добрив
(середнє за вегетаційні сезони 2022–2024 рр.)**

Варіант дослідів (В)*	Вміст жирних кислот, %			
	олеїнова (С 18:1)	лінолева (С 18:2)	ліноленова (С 18:3)	пальмітинова (С 16:0)
ДК Експовер				
I	62,62 ± 1,28**	16,48 ± 0,77	8,23 ± 0,21	4,62 ± 0,19
II	64,18 ± 1,32	16,98 ± 0,83	7,95 ± 0,32	4,11 ± 0,24
III	63,41 ± 1,21	16,79 ± 0,71	8,03 ± 0,27	4,19 ± 0,21
IV	63,07 ± 1,28	16,72 ± 0,88	8,07 ± 0,36	4,17 ± 0,27
V	64,59 ± 1,44	17,19 ± 1,01	7,89 ± 0,52	4,03 ± 0,33
НІР ₀₅ А***	0,27	0,19	0,22	0,18
В	0,11	0,08	0,08	0,08
АВ	0,33	0,24	0,27	0,24
ДК Іммінент КЛ				
I	63,43 ± 1,19	17,59 ± 0,54	10,18 ± 0,39	5,08 ± 0,29
II	64,39 ± 1,22	18,14 ± 0,72	9,51 ± 0,47	4,92 ± 0,27
III	63,71 ± 1,14	17,92 ± 0,68	10,05 ± 0,41	4,98 ± 0,24
IV	63,44 ± 1,29	17,51 ± 0,79	10,07 ± 0,39	5,01 ± 0,29
V	64,61 ± 1,35	17,82 ± 0,84	9,44 ± 0,47	4,82 ± 0,21
НІР ₀₅ А	0,21	0,19	0,29	0,16
В	0,12	0,08	0,21	0,08
АВ	0,31	0,25	0,47	0,21

*I. Контроль (РК)₀₀ – фон; II. Фон + сульфат амонію (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); III. Фон + сечовина (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); IV. Фон + аміачна селітра (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); V. Фон + карбамідно-аміачну суміш (КАС 30) (30 кг д.р./га (ВВСН 00) + 60 кг д.р./га (ВВСН 19–20 (по мерзлоталому ґрунту))); ** – стандартне відхилення для між річного співставлення; *** – чинник умов року у багатофакторній дисперсійній системі.

Формування вмісту лінолевої кислоти мало генотипові відмінності та у гібриду ДК Експовер досягло максимального значення у розрізі вивчаємих варіантів при застосуванні КАС з приростом до фонового контролю 0,71%, а для гібриду ДК Іммінент КЛ за варіанту застосування сульфату амонію (амонійна форма азоту скомпонована із сіркою) з приростом до контролю на рівні 0,55%. З огляду на суми концентрацій даних кислот, яку застосовують для оцінки цінності сировини озимого ріпаку для багатоцільового технологічного використання [31, с. 1–2] з позиції формування технологічно оптимізованого жирно кислотного складу у гібрида ДК Експовер більш доцільним був варіант застосування КАС з трьома формами азоту (сума олеїнової та лінолевої кислот становила 81,78%), а для гібриду ДК Іммінент КЛ більш ефективним був варіант застосування амонійної форми азоту із сіркою

(за внесення сульфату амонію при сумі вказаних кислот у значенні 82,53%). При цьому з позиції біохімічної цінності за тим же показником суми олеїнової та лінолевої кислот за всіх варіантів удобрення був гібрид ДК Іммінент КЛ де цей показник був вищим залежно від варіанту удобрення в інтервалі від 0,75 до 0,91%.

Для лінолевої (С 18:3) та пальмітинової (С 16:0) жирних кислот визначена лише тенденція до зниження їх вмісту у порівнянні з контролем без застосування азотних добрив проте без детермінації чіткої та істотної закономірності формування показника у розрізі дослідних варіантів, що узгоджується з висновками [33, с. 166–167] щодо комбінаційного впливу азотних добрив на субпохідні жирні кислоти з вищим та істотно нижчим ступенем насиченості.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі всебічного аналізу отриманих даних встановлено необхідність та доцільність добору відповідних форм азотних добрив при конструюванні системи удобрення високо інтенсивних гібридів ріпаку озимого. За результатами трьохрічного циклу оцінювання для умов сірих лісових ґрунтів на фоновому фосфорно-калійному живленні з нормою внесення 90 кг/га діючої речовини визначено агротехнологічну перевагу двох варіантів дробного внесення азотних добрив за вирощування гібридів озимого ріпаку для традиційних технологій та технологій виробничої системи Clearfield з розподілом 30 кг/га діючої речовини під посів озимого ріпаку та 60 кг/га діючої речовини по мерзлоталому ґрунту (на самому початку відновлення весняної вегетації рослин) у формі КАС, який містить три форми азоту амідну, амонійну і нітратну та при застосуванні амонійної форми азоту із супутнім вмістом сірки у формі сульфату амонію. Застосування вказаних варіантів забезпечило максимальні рівні урожаю на рівні 3,4–3,6 т/га (з приростом до фонового контрольного варіанту в інтервалі 24–27%) за оптимізації якості вирощеного врожаю як за амінокислотним складом (збільшенні вмісті суми олеїнової та лінолевої кислот у середньому вище 1,0%) при зростанні олійності у середньому по гібридах на 1,11%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Béréš J., Bečka D., Tomášek J., Vašák J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant. Soil and Environment*. 2019. Vol. 65. P. 435–441.
2. Rathke G.W., Christen O., Diepenbrock W. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop Research*. 2005. Vol. 94. P. 103–113.
3. Heuermann D., Hahn H., von Wirén N. Seed yield and nitrogen efficiency in oilseed rape after ammonium nitrate or urea fertilization. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 11. 608785.
4. Jankowski K.J., Szatkowski A., Załuski D. The effect of nitrogen management on seed yield and quality in traditional and canola-quality white mustard. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 26127.
5. Zhang Z.H., Song H.X., Liu Q., Rong X.M., Guan C.Y., Peng J.W., Xie G.X., Zhang Y.P. Studies on differences of nitrogen efficiency and root characteristics of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars in relation to nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 2010. Vol. 33. P. 1448–1459.
6. Cao L., Wu X., Yang R., Tian Y., Chen X., Chen B., Li Y., Gao Y. Differences of nitrogen status between different N-uptake efficiency rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Acta Agronomica*. 2013. Vol. 38. P. 887–895.
7. Rathke G.W., Behrens T., Diepenbrock W. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed

rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agriculture. Ecosystems and Environment*. 2006. Vol. 117. P. 80–108.

8. Song Y., Li J., Gu H., Lu Z., Liao S., Li X., Cong R., Ren T., Lu J. Effects of application of nitrogen on seed yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Agronomica Sinica*. 2023. Vol. 7. P. 2002–2011.

9. Lana R.M.Q., Pereira V.J., Leite C.N., Teixeira G.M., Gomes J.D., de Camargo R. NBPT (urease inhibitor) in the dynamics of ammonia volatilization. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias-Agraria*. 2018. Vol. 13. P. 1–8.

10. Schott W. Nitrogen in agriculture as affected by the kind of fertilizer. II. Nitrogen in soil and plant. *Phyton (Austria) Special issue: Nitrogen Emissions*. 2001. Vol. 41. P. 159–167.

11. Zhou N. The Research on the Nitrogen's Effect on Rapeseed Yield and Quality and Relevant Analysis. *Ph.D. Thesis*. Huazhong Agricultural University. Wuhan. China. 2005. 189 p.

12. Berry P., Teakle G., Foulkes J., White P., Spink J. Breeding for improved nitrogen use efficiency in oilseed rape. *Acta Horticulturae*. 2010. Vol. 867. P. 97–102.

13. Carter C., Schipanski M.E. Nitrogen uptake by rapeseed varieties from organic matter and inorganic fertilizer sources. *Plant and Soil*. 2022. Vol. 474. P. 499–511.

14. Subbarao G.V., Ito O., Sahrawat K.L., Berry W.L., Nakahara K., Suenaga K. Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2006. Vol. 25. P. 303–335.

15. Wiesler F. Comparative assessment of the efficacy of various nitrogen fertilizers. *Journal of Crop Production*. 1988. Vol. 1. P. 81–114.

16. Varényiová M., Ducsay L. Evaluation of effect of autumn nitrogen dose and nitrogen nutrition status on oilseed rape yield. *Journal of Central European Agriculture*. 2016. Vol. 17. P. 1082–1095.

17. Tilsner J., Kassner N., Struck C., Lohaus G. Amino acid contents and transport in oilseed rape (*Brassica napus* L.) under different nitrogen conditions. *Planta*. 2005. Vol. 221. P. 328–338.

18. Yang Y., Gao S., Su Y., Lin Z., Guo J., Li M., Wang Z., Que Y., Xu L. Transcripts and low nitrogen tolerance: Regulatory and metabolic pathways in sugarcane under low nitrogen stress. *Environmental and Experimental Botany*. 2019. Vol. 163. P. 97–111.

19. Tang W. Effects of Nitrate and Ammonium Supply Ratios on Growth. Physiology and Gene Expression of Oilseed Rape (*Brassica napus*). *Ph.D. Thesis*. Hunan Agricultural University. Changsha. China. 2019. 197 p.

20. Ni F. Effect of Different Agronomic Measures on Carbon-Nitrogen Metabolism and Oil Accumulation in Rapeseed Pod. *Ph.D. Thesis*. Huazhong Agricultural University. Wuhan. China. 2018. 207 p.

21. Wu Y., Ma N., Huang X., Peng H., Li Z., Niu Y., Zhang C. Effect of nitrogen fertilizer on agronomic traits. yield. quality and nitrogen use efficiency in *Brassica napus* of “ZhongShuang 11” under Different Densities. *Journal of Sichuan Agricultural University*. 2014. Vol. 32. P. 260–282.

22. Wang Y., Cheng Y., Chen K., Tsay Y. Nitrate transport. signaling. and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 2018. Vol. 69. P. 85–122.

23. Zhu J., Dai W., Chen B., Cai G., Wu X., Yan G. Research Progress on the Effect of Nitrogen on Rapeseed between Seed Yield and Oil Content and Its Regulation Mechanism. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24. 14504.

24. Zhan N., Xu K., Ji G., Yan G., Chen B., Wu X., Cai G. Research progress in high-efficiency utilization of nitrogen in rapeseed. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24. 7752.

25. Lea P.J., Azevedo R.A. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil. *Annals of Applied Biology*. 2006. Vol. 149. P. 243–247.

26. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН». 2011. 76 с.

27. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: НАУ. 2021. 190 с.
 28. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Український інститут експертизи сортів рослин; ред. Ткачик С.О.; Києнко З.Б. Присяжнюк Л.М. та ін. Вінниця. 2016. 159 с.
 29. Snedecor G.W., Cochran W.G. Statistical Methods. 8th Edition. Wiley-Blackwell. 1991. 524 p.
 30. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант. 2009. 372 с.
 31. Wang C, Li Z, Wu W. Understanding fatty acid composition and lipid profile of rapeseed oil in response to nitrogen management strategies. *International Food Research*. 2023. Vol. 165. 112565.
 32. Arkadiusz S., Wojtkowiak, K., Pietrzak-Fiecko R. Nutrient content, fat yield and fatty acid profile of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) grown under different agricultural production systems. *Chilean journal of agricultural research*. 2017. Vol. 77. № 3. P. 266–272.
 33. Sienkiewicz-Cholewa U., Kieloch R. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. № (4). P. 164–170.
-