

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ/PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3>

РЕАКЦИЯ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ СЕМЯН НА УРОВНИ ВНЕСЕНИЯ АЗОТА У РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.)

Научная статья

Асхадуллин Д.^{1,*}, Асхадуллин Д.²¹ORCID : 0000-0002-2601-6735;²ORCID : 0000-0002-2717-7178;^{1,2} Татарский НИИ сельского хозяйства, Казань, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (trulik[at]ya.ru)

Аннотация

В условиях роста мирового населения и увеличения спроса на продовольствие повышение урожайности сельскохозяйственных культур, включая рапс, становится критически важным. Дальнейшее повышение урожайности рапса во многом определяется использованием азотных удобрений. Однако использование азотных удобрений сопровождается экологическими проблемами, что требует разработки азот-эффективных сортов. В этой связи нами была поставлена цель изучить влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество семян озимого и ярового рапса. В исследовании изучено влияние различных уровней азотного питания (N0, N60, N90, N120 кг/га) на урожайность, качество семян и морфобиологические показатели озимого (сорт Галицкий) и ярового (сорт Ратник) рапса. Полевые эксперименты проводились на серой лесной почве с оценкой урожайности, содержания жира в семенах и биометрических параметров. Результаты исследования показали, что максимальная урожайность ярового рапса достигалась при дозах N90, N120 с приростом на 17–31% по сравнению с контролем, тогда как для озимого рапса оптимальной оказалась доза N60, обеспечивающая урожайность 2,1 т/га. Повышение дозы азота до N120 вызывало значительное полегание растений озимой формы (на 3–4 балла) и снижение урожайности. Содержание жира в семенах увеличивалось на 3,0–3,1% при дозах N60, N90, но снижалось при дальнейшем увеличении азотного питания. Биометрические показатели демонстрировали схожие закономерности изменения на различных дозах азотного питания у обеих форм рапса, что свидетельствует о низкой генотипической вариабельности культуры в отношении азотного питания. Оптимальные дозы азота (N60–N90) обеспечивают баланс между урожайностью, качеством семян и экологической устойчивостью.

Ключевые слова: рапс, азотные удобрения, урожайность, содержание жира.

YIELD AND SEED QUALITY RESPONSE TO NITROGEN APPLICATION LEVELS IN RAPE PLANT (*BRASSICA NAPUS* L.)

Research article

Askhadullin D.^{1,*}, Askhadullin D.²¹ORCID : 0000-0002-2601-6735;²ORCID : 0000-0002-2717-7178;^{1,2} Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center RAS, Kazan, Russian Federation

* Corresponding author (trulik[at]ya.ru)

Abstract

With a growing world population and increasing demand for food, improving crop yields, including rape plant, is becoming critical. Further increases in rape plant yields are largely determined by the use of nitrogen fertilisers. However, the use of nitrogen fertilisers is accompanied by environmental problems, which requires the development of nitrogen-efficient varieties. In this regard, we aimed to study the effect of different doses of nitrogen fertilisers on yield and seed quality of winter and spring rape plant. In the study the influence of different levels of nitrogen nutrition (N0, N60, N90, N120 kg/ha) on yield, seed quality and morphophysiological parameters of winter (variety Galitsky) and spring (variety Ratnik) rape plant was studied. Field experiments were conducted on grey forest soil with the evaluation of yield, fat content in seeds and biometric parameters. The results of the research showed that the maximum yield of spring rape plant was achieved at doses N90, N120 with an increase of 17–31% compared to the control, while for winter rape plant the optimal dose was N60, providing a yield of 2.1 t/ha. Increase of nitrogen dose up to N120 caused significant lodging of winter rape plants (by 3–4 points) and yield reduction. The fat content in seeds increased by 3.0–3.1% at doses N60, N90, but decreased with further increase of nitrogen nutrition. Biometric indices showed similar patterns of change at different doses of nitrogen nutrition in both forms of rape plant, which indicates low genotypic variability of the crop in relation to nitrogen nutrition. Optimal nitrogen doses (N60–N90) provide a balance between yield, seed quality and environmental stability.

Keywords: rape plant, nitrogen fertilisers, yield, fat content.

Введение

По прогнозам ООН, к 2050 году население мира составит 9,3 миллиарда человек, что потребует увеличения мирового производства сельскохозяйственных культур на 70–100%, чем производится в настоящее время [8]. Большая часть производства продуктов питания зависит от использования азотных удобрений. Использование азотных

удобрений настолько широко распространено, что, по оценкам Erisman et al. [5], около 40% населения мира питается культурами, выращенными с использованием минеральных азотных удобрений. Чтобы удовлетворить растущий спрос на продовольствие, неизбежно увеличение применения азотных удобрений. К сожалению, как производство, так и использование азотных удобрений, приводят к ряду экологических проблем, включая эвтрофикацию, закисление почвы, использование энергии и выбросы парниковых газов [4], [6]. В этой связи селекционеры признают необходимость повышения потенциала урожайности при одновременном снижении воздействия удобрений на окружающую среду за счет разработки азот-эффективных генотипов [7], которые можно выявить только при сопоставлении результатов испытаний на разных дозах питания и формах применяемого азота.

Рапс требовательная к плодородию почвы культура, высоких урожаев можно достичь лишь при удовлетворении растений в удобрениях в нужном количестве и оптимальном соотношении. Азотные удобрения оказывают наиболее значительное влияние на рост и развитие растений рапса. Рапс имеет низкую эффективность использования азота (NUE), при этом отношение содержания азота в растениях к поступающему азоту часто не превышает 60% [3]. В настоящее время низкий NUE стал одним из важных лимитирующих факторов для повышения урожайности рапса. Пути повышения эффективности использования азота, сокращения использования азотных удобрений и увеличения урожайности рапса являются научными проблемами, которые не решены [9]. Имеется много работ по влиянию азотных удобрений на современные озимые и яровые сорта рапса, при этом можно отметить, что потребность в азоте у этих форм различна, что, по-видимому, связано с различиями в биологии развития.

Цель исследования — изучить характер формирования продуктивности и его качества на различных фонах азотного питания у озимого и ярового рапса, что позволяет предполагать различия и сходства в системе поглощения и метаболизма азота у этих форм, с целью использования этих данных в селекции азот-эффективных сортов рапса.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние различных доз азотных удобрений (N0, N60, N90, N120 кг/га) на урожайность озимого и ярового рапса.
2. Оценить изменение качества семян (содержание жира) в зависимости от уровня азотного питания.
3. Проанализировать изменение морфофизиологических показатели растений (высота, количество ветвей, стручков, густота стояния) под действием разных доз азота.
4. Сравнить реакции озимого и ярового рапса на азотные удобрения для выявления сходств и различий в их метаболизме азота.
5. Определить оптимальные дозы азотных удобрений, обеспечивающие баланс между урожайностью, качеством семян.
6. Выявить корреляционные связи между урожайностью и структурными элементами урожая для обеих форм рапса.

Методы и принципы исследования

Опытные посевы размещались в селекционном севообороте ТатНИИСХ. Почва — серая-лесная, хорошо окультуренная, типичная для зоны. Почвы на участке ярового рапса средне гумусированны, близкие к нейтральным, содержание подвижных форм фосфора — высокое, калия — повышенное. Почвы на участке озимого рапса низко гумусированны, слабокислые, содержание щелочногидролизующего азота — высокое, подвижных форм фосфора — очень высокое, калия — низкое. Фосфорные и калийные удобрения были внесены на планируемый урожай 30 ц/га (на основании расчетно-балансового метода). Подкормку азотными удобрениями (аммиачная селитра) на озимом рапсе проводили весной вручную, после схода снега, на яровом рапсе азотные удобрения были внесены под весеннюю культивацию. Содержание жира в семенах определяли по ГОСТ 10857-64. Способ размещения делянок систематический в четырехкратной повторности, площадь учетной делянки озимого рапса 46 м², ярового рапса 18 м². Оценивался урожай озимого рапса, полученный в 2007 году, а ярового рапса в 2009 году. В эти годы получен максимальный урожай этих культур. Испытывался сорт озимого рапса — Галицкий (Украина), ярового рапса — Ратник (оригинатор ВНИИМК, создан в Липецком институте рапса). Варианты опыта: N0, N60, N90, N120 кг д.в./га. Закладку полевых опытов, биометрические измерения, определение структурных элементов урожая (методом разбора снопового материала) проводили по методике ВНИИМК [2]. Статистическую обработку результатов исследований проводили на основании методики полевого опыта [1].

Основные результаты

Яровой рапс демонстрирует линейную зависимость продуктивности от дозы азота в исследованном диапазоне. С увеличением фона азотного питания, у ярового рапса сорта Ратник повышается урожайность. Максимальная урожайность достигнута на варианте N90 и N120, разница в урожайности между этими вариантами не достоверна. Урожайность озимого рапса сорта Галицкий также изменялась под влиянием азотной подкормки, но если увеличение урожайности у ярового рапса при внесении азотных удобрений изменялось от 17 до 31%, то у озимого рапса от 3 до 12% (рисунок 1).

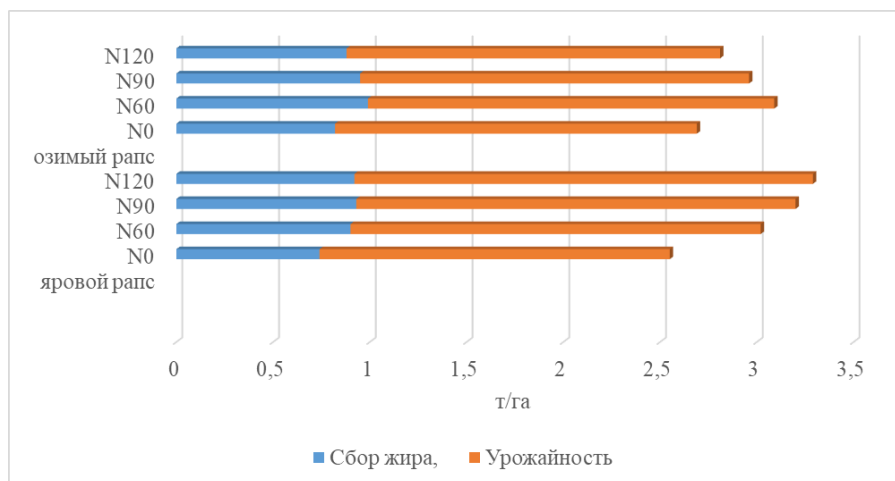


Рисунок 1 - Урожайность и сбор масла при разном фоне азотного питания
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3.1>

Снижение влияния азотных удобрений у озимого рапса связано с тем, что использование азотного удобрения растениями находится в тесной связи с погодными условиями, температура воздуха в третьей декаде апреля, в первой декаде мая была на 33% ниже, а сумма осадков за этот период на 60% больше нормы, что привело к инфильтрации азота в почве. Максимальная урожайность у озимого рапса была достигнута на варианте N60 — 21,0 ц/га, достоверных различий в урожайности варианта N120 по сравнению с контролем не отмечается, снижение урожайности на вариантах N90 и N120, по сравнению с вариантом N60 связано со снижением устойчивости к полеганию на 3–4 балла. Сбор масла у ярового рапса увеличивается при внесении азотных удобрений, у озимого рапса сбор масла достоверно увеличивается на варианте N60, по сравнению с вариантом N0. Динамика сбора жира тесно коррелирует с урожайностью для обеих форм. Максимальное содержание жира достигается при тех же дозах, что и максимальная урожайность.

Внесение азотных удобрений у ярового рапса привело к увеличению содержания масла в семенах на фоне азота N60 и N90 по сравнению с контролем на 3,0 и 3,1% (рисунок 2).

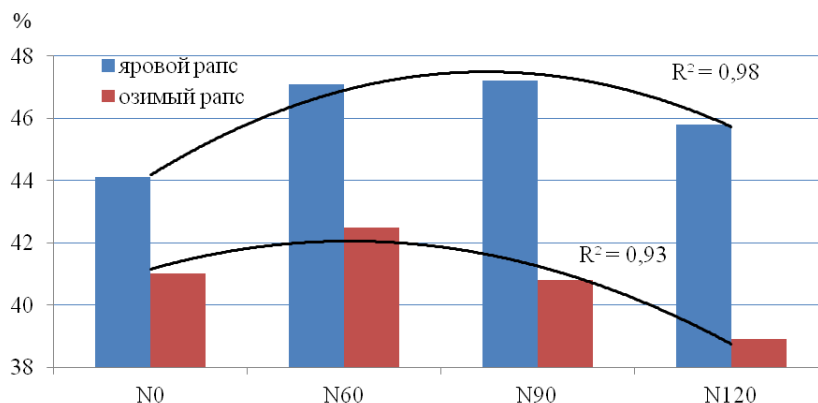


Рисунок 2 - Содержание жира в семенах
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3.2>

Азотные удобрения у озимого рапса повысили содержание масла в семенах только на варианте N60. Как у ярового, так и у озимого рапса отмечается снижение содержания масла при увеличении дозы азотной подкормки с N90 до N120. Высокий коэффициент детерминации (R^2) близкий к 1 указывает, что вариация содержания жира в семенах преимущественно объясняется изменением доз азота, и не существенны влияния других факторов (погодные условия, почвенные характеристики и т.д.).

Озимый и яровой рапс имеют различия по формированию ценоза к уборке, изживанию стеблестоя в течение вегетации, минимальное количество растений отмечено на вариантах без азотных удобрений, как у озимого, так и ярового рапса. Оптимальные дозы азота (N60–N90) обеспечивают максимальную густоту стояния для обеих форм рапса. Превышение дозы N120 приводит к снижению количества растений, особенно у озимого рапса (–22% по сравнению с N90) (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты биометрических наблюдений и определения элементов структуры урожая

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3.3>

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Высота растений, см	Количество ветвей, шт.	Количество стручков, шт./растение	Масса 1000 семян, г
яровой рапс					
N0	80	96	2,5	33,8	3,5
N60	124	108	3,5	57,6	3,4
N90	156	111	4,0	55,7	3,3
N120	112	116	3,5	45,2	3,4
HCP ₀₅	16	5	1,0	6,4	0,15
озимый рапс					
N0	110	124	5,3	187	2,6
N60	160	141	6,6	209,7	2,5
N90	244	147	6,9	200,8	2,6
N120	194	154	6,0	192,8	2,2
HCP ₀₅	40	5	1,1	12,2	0,59

При увеличении дозы азотных удобрений у ярового и озимого рапса происходит увеличение высоты растений, но у озимого рапса при N120 наблюдается чрезмерный рост (154 см), повышающий риск полегания. Выявлено достоверное увеличение количества ветвей у растений уже на варианте N60 по сравнению с вариантом без азотных удобрений. Количество ветвей достигает максимума при N90 для ярового (4,0 шт.) и озимого (6,9 шт.) рапса.

При изменении фона азотного питания очевидны изменения в количестве сформировавшихся стручков, максимальное количество на вариантах N60, N90, что подтверждает их роль в формировании урожая.

Масса 1000 семян остается стабильной у ярового рапса, но снижается у озимого при N120 (–15,4% к контролю), что может быть следствием перераспределения ресурсов в пользу вегетативной массы.

Озимый рапс формирует более мощный стеблестой и большее количество стручков, но сильнее реагирует на избыток азота (полегание, снижение массы семян). Яровой рапс демонстрирует устойчивый рост продуктивности до N120, но с меньшей абсолютной урожайностью.

Проведенный корреляционный анализ взаимосвязи урожайности с изученными показателями показал, что при изменении фона азотного питания у ярового рапса все морфометрические показатели (кроме массы семян) имеют сильную связь с урожайностью, у озимого рапса отмечаются более сложные нелинейные зависимости (таблица 2).

Таблица 2 - Коэффициенты корреляции между урожайностью и элементами структуры урожая

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3.4>

Вариант	Количество растений	Высота	Количество ветвей	Количество стручков	Масса 1000 семян
яровой рапс					
Урожайность	0,80***	0,85***	0,90***	0,94***	0,12
озимый рапс					
Урожайность	0,75**	-0,78...0,82**	0,86***	0,91***	-0,35

Примечание: $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Сильная корреляционная зависимость между урожайностью с количеством стручков на растении ($r = 0,91 - 0,94$) и количеством ветвей ($r = 0,86 - 0,90$) выявлена у обеих форм рапса, что подтверждает предположения о ключевой роли азота в процессах репродуктивного развития рапса [10]. Слабая корреляционная зависимость с массой 1000 семян ($r = -0,35 \dots 0,12$) свидетельствует о независимости этого параметра от азотного питания у изученных сортов как у озимого, так и ярового рапса. У ярового рапса выявлена сильная линейная корреляционная связь между урожайностью и высотой ($r = 0,85^{***}$), тогда как у озимого рапса дифференцированная зависимость, сильная положительная при N0, N60 ($r = 0,82^{**}$) и сильная отрицательная при N120 ($r = -0,78^{**}$).

Как уже было отмечено, характер изменения морфологических признаков и структуры посева под действием азотных подкормок на растения ярового и озимого рапса имеет схожий характер. Наглядно это можно представить в виде соотношения на варианте N0 и вариантах с применением азотных удобрений (таблица 2).

Таблица 3 - Влияние азотных удобрений на биометрические показатели и структурные элементы урожая

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.61.3.5>

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Высота растений, см	Количество ветвей, шт.	Количество стручков, шт./растение	Масса 1000 семян, г
яровой рапс					
N60	55,0	12,5	40,0	70,4	-0,9
N90	95,0	15,6	60,0	64,8	-5,5
N120	40,0	20,8	40,0	33,7	-1,4
озимый рапс					
N60	45,5	13,7	24,5	12,1	-3,8
N90	121,8	18,5	30,2	7,4	0,0
N120	76,4	24,2	13,2	3,1	-15,4

Примечание: в % к варианту N0

Обе формы рапса демонстрируют одинаковую направленность изменений. Линейное увеличение высоты растений (максимум +20,8% у ярового и +24,2% у озимого). Куполообразную динамику количества ветвей (пик +60% и +30,2% соответственно при N90). Выявлены параллельные изменения структуры ценоза, оптимальная густота достигается при N90 (+95% и +121,8% соответственно). Сходная редукция продуктивности при перенасыщении азотом (N120).

Заключение

1. Максимальная урожайность ярового рапса достигалась при дозах N90 и N120 (прирост 17–31% по сравнению с контролем). Для озимого рапса оптимальной оказалась доза N60 (урожайность 2,1 т/га), тогда как увеличение дозы до N120 приводило к полеганию растений и снижению урожайности.

2. Содержание жира в семенах увеличивалось на 3,0–3,1% при дозах N60 и N90 для ярового рапса и при N60 для озимого. Дальнейшее увеличение дозы азота (N120) снижало содержание жира.

3. Увеличение дозы азота приводило к росту высоты растений, но у озимого рапса при N120 наблюдалось чрезмерное удлинение стебля (154 см), повышающее риск полегания. Количество ветвей и стручков достигало максимума при N90 для обеих форм рапса.

4. Обе формы демонстрировали схожие тенденции в изменении урожайности, содержания жира и биометрических показателей. Различия были связаны с особенностями онтогенеза: озимый рапс сильнее реагировал на избыток азота (полегание, снижение массы семян), тогда как яровой рапс сохранял устойчивый рост продуктивности до N120.

5. Оптимальные дозы азота: N60–N90 для обеих форм рапса. Эти дозы обеспечивали баланс между урожайностью, качеством семян и экологической устойчивостью.

6. Сильная корреляционная зависимость урожайности отмечалась с количеством стручков ($r=0,91-0,94$) и ветвей ($r=0,86-0,90$) у обеих форм. Слабая зависимость от массы 1000 семян ($r=-0,35-0,12$). У ярового рапса выявлена линейная связь урожайности с высотой растений, у озимого — нелинейная.

Результаты исследования подтверждают гипотезу о низкой генотипической вариабельности рапса в отношении азотного питания. Различия в реакции сортов, вероятно, связаны с особенностями их онтогенеза и внешними условиями, такими как погодные факторы. Полученные данные подчёркивают важность оптимизации доз азотных удобрений для достижения баланса между урожайностью, качеством семян и экологической устойчивостью.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ТатНИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН и Гранта Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out within the state assignment of the Tatar Research Institute of Agriculture — Kazan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; Ministry of Agriculture and Food of the RT.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — Москва: ЁЁ Медиа, 2024. — 349 с.

2. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / ВНИИМК; под ред. В.М. Лукомца. — Краснодар: ВНИИМК, 2007. — 112 с.
3. Bouchet A.S. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review / A.S. Bouchet, A. Laperche, C. Bissuel-Belaygue [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. — 2016. — Vol. 36. — № 38. — DOI: 10.1007/s13593-016-0371-0.
4. Erismann J.W. How ammonia feeds and pollutes the world / J.W. Erismann // *Science*. — 2021. — Vol. 374. — P. 685–686. — DOI: 10.1126/science.abm3492.
5. Erismann J.W. Reduced nitrogen in ecology and the environment / J.W. Erismann, M.A. Sutton // *Environmental Pollution*. — 2008. — Vol. 154. — P. 357–358. — DOI: 10.1016/j.envpol.2008.05.001.
6. Galloway J.N. The Human Creation and Use of Reactive Nitrogen: A Global and Regional Perspective / J.N. Galloway, A. Bleeker, J.W. Erismann // *Annual Review of Environment and Resources*. — 2021. — Vol. 46. — P. 255–288. — DOI: 10.1146/annurev-environ-012420-045120.
7. Sandhu N. Biochemical and Genetic Approaches Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Crops: A Review / N. Sandhu, M. Sethi, A. Kumar [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. — 2021. — Vol. 12. — P. 657629. — DOI: 10.3389/fpls.2021.657629.
8. Tian X. Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand? / X. Tian, B.A. Engel, H. Qian [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2021. — Vol. 294. — Art. 126285. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126285.
9. Zhan N. Research Progress in High-Efficiency Utilization of Nitrogen in Rapeseed / N. Zhan, K. Xu, G. Ji [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — № 9. — Art. 7752. — DOI: 10.3390/ijms24097752.
10. Zhu J. Research Progress on the Effect of Nitrogen on Rapeseed between Seed Yield and Oil Content and Its Regulation Mechanism / J. Zhu, W. Dai, B. Chen [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — № 19. — P. 14504. — DOI: 10.3390/ijms241914504.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dosphehov. — Moscow: JoJo Media, 2024. — 349 p. [in Russian]
2. Metodika provedeniya polevykh agrotehnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami [Field cultivation methods for oilseeds] / VNIIMK; ed. by V.M. Lukomc. — Krasnodar: VNIIMK, 2007. — 112 p. [in Russian]
3. Bouchet A.S. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review / A.S. Bouchet, A. Laperche, C. Bissuel-Belaygue [et al.] // *Agronomy for Sustainable Development*. — 2016. — Vol. 36. — № 38. — DOI: 10.1007/s13593-016-0371-0.
4. Erismann J.W. How ammonia feeds and pollutes the world / J.W. Erismann // *Science*. — 2021. — Vol. 374. — P. 685–686. — DOI: 10.1126/science.abm3492.
5. Erismann J.W. Reduced nitrogen in ecology and the environment / J.W. Erismann, M.A. Sutton // *Environmental Pollution*. — 2008. — Vol. 154. — P. 357–358. — DOI: 10.1016/j.envpol.2008.05.001.
6. Galloway J.N. The Human Creation and Use of Reactive Nitrogen: A Global and Regional Perspective / J.N. Galloway, A. Bleeker, J.W. Erismann // *Annual Review of Environment and Resources*. — 2021. — Vol. 46. — P. 255–288. — DOI: 10.1146/annurev-environ-012420-045120.
7. Sandhu N. Biochemical and Genetic Approaches Improving Nitrogen Use Efficiency in Cereal Crops: A Review / N. Sandhu, M. Sethi, A. Kumar [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. — 2021. — Vol. 12. — P. 657629. — DOI: 10.3389/fpls.2021.657629.
8. Tian X. Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand? / X. Tian, B.A. Engel, H. Qian [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2021. — Vol. 294. — Art. 126285. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126285.
9. Zhan N. Research Progress in High-Efficiency Utilization of Nitrogen in Rapeseed / N. Zhan, K. Xu, G. Ji [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — № 9. — Art. 7752. — DOI: 10.3390/ijms24097752.
10. Zhu J. Research Progress on the Effect of Nitrogen on Rapeseed between Seed Yield and Oil Content and Its Regulation Mechanism / J. Zhu, W. Dai, B. Chen [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. — 2023. — Vol. 24. — № 19. — P. 14504. — DOI: 10.3390/ijms241914504.