

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ /
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1332-1341>

УДК 633.853.494:631.82

Оптимизация применения удобрений под яровой рапс в лесостепи Центрального федерального округа России© 2025. В. М. Лукомец^{1,2}, В. П. Савенков¹, А. С. Бушнев¹✉¹ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация,²ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко», г. Краснодар, Российская Федерация

Представлены результаты исследований 2023-2024 гг. по влиянию удобрений на урожайность маслосемян, сбор растительного масла, кормового белка ярового рапса сорта Форпост КЛ и экономическую эффективность технологии его возделывания в условиях Липецкой области (лесостепь Центрального федерального округа РФ). Варианты полевого опыта: контроль – без удобрений; N_{40} + некорневая подкормка (НП); N_{60} + НП; $N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{80}P_{80}K_{80}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + N_{40} ; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + N_{40} + НП; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + НП, $N_{80}P_{80}K_{80}$ + N_{40} + НП. Полное минеральное удобрение вносили осенью под вспашку, азотное – весной под предпосевную культивацию. Для некорневой подкормки в межфазный период «стеблевание – начало бутонизации» ярового рапса использовали Биостим Масличный в дозе 2,0 л/га. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. В среднем за годы исследований при возделывании ярового рапса без удобрений урожайность семян составила 1,80 т/га, которая статистически значимо увеличивалась на 0,26–0,74 т/га при внесении удобрений. Максимальные значения сформировались при агротехнологиях с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ (2,38 т/га); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + N_{40} + НП (2,42 т/га); $N_{80}P_{80}K_{80}$ + N_{40} + НП (2,54 т/га). В этих вариантах опыта также получен наибольший сбор с гектара масла (1049–1082 кг) и белка (611–668 кг). Более высокие чистый доход – 33720 руб/га и рентабельность – 94 %, низкую себестоимость 1 тонны маслосемян – 15446 руб. обеспечила технология возделывания ярового рапса (урожайность 2,32 т/га), где осенью под вспашку вносили $N_{40}P_{40}K_{40}$ и проводили некорневую подкормку органоминеральным удобрением Биостим Масличный.

Ключевые слова: *Brassica napus* L., макро- и микроудобрения, урожайность, химический состав семян, сбор масла и белка, экономическая эффективность

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-15-2025-246.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лукомец В. М., Савенков В. П., Бушнев А. С. Оптимизация применения удобрений под яровой рапс в лесостепи Центрального федерального округа России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(6):1332–1341. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1332-1341>

Поступила: 17.04.2025

Принята к публикации: 02.12.2025

Опубликована онлайн: 26.12.2025

Rational use of fertilizers for spring rapeseed in the forest-steppe of the Central Federal District of Russia© 2025. Vyacheslav M. Lukomets^{1, 2}, Valery P. Savenkov¹, Alexander S. Bushnev¹✉¹V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russian Federation,²National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Krasnodar, Russian Federation

The article presents the results of 2023-2024 study on the effect of fertilizers on the yield of oil seeds, vegetable oil and feed protein in spring rapeseed of the 'Forpost KL' cultivar as well as on the economic efficiency of its cultivation technology in the Lipetsk region (in the forest-steppe zone of the Central Federal District of the Russian Federation). The field experiment variants were as follows: control – without fertilizers; N_{40} + foliar fertilization (FF); N_{60} + FF; $N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{80}P_{80}K_{80}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + N_{40} ; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + N_{40} + FF; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + FF, $N_{80}P_{80}K_{80}$ + N_{40} + FF. Complete mineral fertilizer was applied in autumn before plowing; nitrogen fertilizer was applied in spring before pre-sowing cultivation. Biostim Maslichny at a dose of 2.0 l/ha was used for foliar fertilization during the period between spring rapeseed stem extension and the beginning of budding. The soil of the experimental plot was heavy loamy leached chernozem. On average, over the years of the research, the seed yield of spring rapeseed cultivated without fertilizers was 1.80 t/ha, increasing by a statistically significant 0.26–0.74 t/ha when fertilizers were applied. The maximum values were obtained through agricultural practices involving the application of $N_{80}P_{80}K_{80}$ (2.38 t/ha),

N₄₀P₄₀K₄₀ + N₄₀ + FF (2.42 t/ha) and N₈₀P₈₀K₈₀ + N₄₀ + FF (2.54 t/ha). These variants also yielded the highest oil and protein per-hectare yields (1049–1082 kg/ha and 611–668 kg/ha, respectively). However, the highest net income (33,720 rubles/ha), profitability (94 %) and low cost per ton of oil seeds (15,446 rubles) were achieved using a spring rapeseed cultivation technology with the yield of 2.32 t/ha, which involved applying N₄₀P₄₀K₄₀ in autumn before plowing and carrying out foliar fertilization with the organic-mineral fertilizer Biostim Maslichny.

Keywords: *Brassica napus* L., macro- and microfertilizers, yield, chemical composition of seeds, protein and oil yield, economic efficiency

Acknowledgments: the research was carried out with financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement No. 075-15-2025-246.

The authors thank the reviewers for their valuable contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of Interest: the authors declared no conflicts of interest.

For citations: Lukomets V. M., Savenkov V. P., Bushnev A. S. Rational use of fertilizers for spring rapeseed in the forest-steppe of the Central Federal District of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(6):1332–1341. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1332-1341>

Received: 17.04.2025 Accepted for publication: 02.12.2025 Published online: 26.12.2025

Яровой рапс одна из основных масличных и кормовых культур за рубежом и в Российской Федерации, в семенах которого накапливается до 48 % сырого жира и 30 % протеина [1, 2, 3]. При промышленной переработке семян получают ценное растительное масло для пищевых, технических, энергетических и других целей, а отходами являются жмыхи и шроты с высоким содержанием (до 40 % и более) кормового белка для сельскохозяйственных животных, хорошо переваримого и сбалансированного по незаменимым аминокислотам. Поэтому в настоящее время в нашей стране важной задачей является разработка и внедрение в сельскохозяйственное производство новых технологий возделывания ярового рапса, обеспечивающих наибольший сбор маслосемян, растительного масла и кормового белка [4, 5].

Яровой рапс характеризуется высокой потребностью в элементах питания, которых на формирование единицы урожая с учетом выхода побочной продукции потребляет в 1,5–2,0 раза больше, чем зерновые культуры. Поэтому при его возделывании необходимо применение оптимальных доз минеральных удобрений в соответствии с плодородием почвы [6, 7, 8]. Большинство проведенных исследований показало, что яровой рапс наиболее отзывчив на применение азотных удобрений и в меньшей мере – фосфорных и калийных [9, 10, 11]. Кроме того, для хорошего роста и развития этой культуры необходимы также макроэлементы – сера, кальций, магний и микроэлементы – бор, марганец, медь и другие. В связи с этим для формирования наибольшего урожая семян ярового рапса нужна сбалансированность его питания по макро- и микроэлементам [12, 13, 14].

Удобрения, повышая урожай маслосемян ярового рапса, оказывают определенное влияние

на его качество – содержание сырого жира и протеина. В большинстве исследований, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, установлено, что применение под эту культуру азотных удобрений, прежде всего в повышенных дозах, несколько снижает масличность семян и увеличивает накопление в них белковых веществ. В то же время внесение фосфорных, калийных и других макро- и микроудобрений оказывает малозначительное и нестабильное влияние на качество урожая семян ярового рапса. При этом выявлено, что содержание жира и протеина в семенах в основном обусловлено особенностями сорта или гибрида, агротехники, почвенно-климатических, погодных условий и другими факторами [15, 16, 17].

Для практического использования новых агротехнологий сельскохозяйственных культур необходимо, чтобы они были экономически высокоэффективны. Применение минеральных удобрений, особенно повышенных доз, под яровой рапс из-за высоких рыночных цен на них резко увеличивает производственные затраты на его возделывание. Эти дополнительные затраты не всегда окупаются стоимостью полученной прибавки урожайности культуры. Отсюда следует, что рациональное применение макро- и микроудобрений под яровой рапс должно обеспечивать не только высокие урожай и качество маслосемян, но и прежде всего наибольшую экономическую эффективность его технологии возделывания.

Анализ опубликованных научных работ показал, что влияние различных доз и сроков внесения минеральных удобрений, а также некорневой подкормки посевов органоминеральным препаратом Биостим Масличный на сбор семян, растительного масла и кормового белка ярового рапса и экономическую эффективность технологии его возделывания

в условиях лесостепи ЦФО России ранее изучалось недостаточно. Поэтому проведение таких исследований в этом регионе представляют большой научно-практический интерес и актуальность.

Цель исследований – изучить влияние различных доз и сроков внесения минеральных удобрений и некорневой подкормки органическим удобрением с росторегулирующим действием Биостим Масличный в межфазный период «стеблевание – начало бутонизации» на урожайность семян, сбор растительного масла и кормового белка ярового рапса, определить экономическую эффективность технологий его возделывания в почвенно-климатических условиях лесостепи ЦФО Российской Федерации.

Научная новизна – установлены оптимальные дозы минеральных удобрений и целесообразность проведения некорневой подкормки при возделывании нового сорта ярового рапса Форпост КЛ, устойчивого к имидазолиномам, в почвенно-климатических условиях Липецкой области.

Материал и методы. Исследования проводили в Липецком научно-исследовательском институте рапса – филиале ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» в отделе технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур.

В полевом опыте 2023-2024 гг. возделывали первый гербицидоустойчивый (к имидазолиномам) перспективный сорт ярового рапса отечественной селекции Форпост КЛ, который включен в Госреестр в 2022 г.

Схема полевого опыта:

1. Контроль – без удобрений.
2. N₄₀ весной + некорневая подкормка (НП).
3. N₆₀ весной + НП.
4. N₄₀P₄₀K₄₀ осенью.
5. N₈₀P₈₀K₈₀ осенью.
6. N₄₀P₄₀K₄₀ осенью + N₄₀ весной.

7. N₄₀P₄₀K₄₀ осенью + N₄₀ весной + НП.

8. N₄₀P₄₀K₄₀ осенью + НП.

9. N₈₀P₈₀K₈₀ осенью + N₄₀ весной + НП.

При выборе доз и сроков внесения удобрений основывались на обеспеченности почвы и потребности культуры в элементах питания. Изучаемые дозы полного минерального удобрения (нитроаммофоска, марка 15:15:15) вносили осенью под вспашку, азотного (аммиачная селитра, N = 34,6 %) – весной под предпосевную культивацию, некорневую подкормку осуществляли в межфазный период «стеблевание – начало бутонизации» ярового рапса органическим удобрением с росторегулирующим действием Биостим Масличный в дозе 2,0 л/га (ЗАО «Щелково Агрохим»), которое содержит свободные аминокислоты растительного происхождения, макро- и микроэлементы – азот (1,9 %), серу (8,0 %), магний (3,0 %), медь (0,01 %), бор (0,7 %), цинк (0,2 %) и некоторые другие¹.

Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки 60 м², учетная – 40 м². Сорт ярового рапса Форпост КЛ является устойчивым к имидазолиномам, поэтому для защиты его посевов от сорняков в межфазный период 3-5 настоящих листьев применяли гербицид Илион, МД (1,2 л/га). В полевом опыте использовали технологию возделывания ярового рапса (за исключением применения изучаемых удобрений), рекомендованную для лесостепи ЦФО Российской Федерации².

Полевые исследования проводили по общепринятой методике³. При посеве делянок ярового рапса использовали селекционную сеялку СУ-10. Уборку урожая с делянок осуществляли в фазу полной спелости семян культуры комбайном Сампо-130. Сразу после обмолота определяли массу, влажность и чистоту семян⁴. Урожайные данные приводили к стандартной 7%-й влажности и 100%-й чистоте. Определяли содержание сырого жира по Сокслету⁵ и протеина – по Кьельдалю⁶ в семенах ярового рапса.

¹Биостим масличный. [Электронный ресурс]. URL: https://betaren.ru/catalog/spetsialnye-udobreniya/aminokislotnye-biostimulyatory/biostim_masli/ (дата обращения 01.07.2025)

²Карпачев В. В., Савенков В. П., Горшков В. И., Харламов С. А., Ревякин Е. Л., Гоголев Г. А. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового рапса: методические рекомендации. М.: Росинформагротех, 2008. 60 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30287953>

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.

⁴ГОСТ 12037-81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. М.: Стандартинформ, 2011. 20 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294838/4294838876.pdf>

⁵ГОСТ 13496-15-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира. М.: Стандартинформ, 2016. 12 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751219.pdf>

⁶ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ, 2011. 17 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294837/4294837763.pdf>

При математической обработке использовали дисперсионный анализ данных однофакторного полевого опыта с однолетними культурами⁷.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый тяжелосуглинистый с агрохимической характеристикой слоя 0–20 см: гумус по методу Тюринга – 6,3–6,9 %; $pH_{\text{кол.}}$ – 4,8–5,1; гидролитическая кислотность – 6,27–7,77 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижных форм (по Чирикову) фосфора – 86–106 и калия – 98–122 мг/кг почвы.

Полевые исследования проводили в Липецком районе Липецкой области, то есть в условиях умеренно-континентального климата лесостепи ЦФО Российской Федерации. По среднесиловым данным Липецкого ЦГМС, здесь в мае, июне, июле и августе среднесуточная температура воздуха составляет 14,4; 17,9; 19,2 и 17,9 °С, сумма осадков – 49, 62, 71 и 54 мм осадков, гидротермический коэффициент по Селянинову⁸ (ГТК) – 1,10; 1,15; 1,19 и 0,97 соответственно. При этом в целом за май – август при среднесуточной температуре воздуха 17,3 °С выпадает 236 мм осадков (ГТК = 1,11). В годы проведения исследований гидротермические условия вегетационного периода ярового рапса значительно различались. Так, в 2023 г. за май – август осадков выпало на 19 % больше нормы, среднесуточная температура воздуха (17,6 °С) несколько превышала норму, ГТК – 1,29. При этом значительный набор осадков отмечали лишь в начальные фазы роста и развития ярового рапса (третья декада мая; первая, вторая декада июня). В последующий период осадков выпало в 1,8 раза больше среднесиловых значений, а температурный режим был повышенным лишь в период налива и созревания семян (август). Поэтому погодные условия для роста и развития рапса в этом году сложились благоприятными, что положительно сказалось на его урожайности.

Вегетационный период в 2024 г. сложился в целом жарким и засушливым, за май – август осадков выпало на 27 % меньше среднесиловых, среднесуточная температура воздуха превышала норму на 1,3 °С, ГТК – 0,76. В результате такие погодные условия периода вегетации отрицательно сказались на формировании урожая семян ярового рапса.

Результаты и их обсуждение. Яровой рапс является влаголюбивой культурой с интенсивным типом минерального питания, урожай-

ность которой в значительной степени зависит от применения макро- и микроудобрений, а их эффективность от погодных условий вегетации. В среднем по вариантам опыта урожайность рапса в первый год составила 2,79 т/га, а во второй – 1,69 т/га, то есть при большем недоборе осадков и повышенном температурном режиме воздуха получили в 1,7 раза меньше. В 2023 г. по вариантам опыта урожайность семян ярового рапса изменялась в пределах 2,21–3,12 т/га, наибольшая зафиксирована при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка органоминеральным удобрением Биостим Масличный. Однако преимущество этого варианта опыта относительно других, где вносили $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью или $N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка было недостоверным. Следует отметить, что в вариантах с применением удобрений наибольший прирост урожайности ярового рапса составил 0,78–0,91 т/га, или 35–41 %, умеренный – 0,37–0,67 т/га, или 17–30 % (табл. 1).

В 2024 г. урожайность семян ярового рапса в варианте без удобрений составила 1,38 т/га, при их применении она увеличилась на 0,16–0,57 т/га, что в 1,6–2,3 раза меньше, чем в 2023 г. Более высокая урожайность рапса ярового сформировалась при агротехнологиях с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью; $N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка; $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка, преимущество которых относительно других вариантов не всегда достигало существенных значений. Несмотря на значительные изменения урожайности ярового рапса по годам исследований, закономерности влияния на нее изучаемых доз и сроков применения удобрений в целом сохранились.

В среднем за 2023–2024 гг. в варианте опыта без удобрений урожайность семян ярового рапса составила 1,80 т/га, а при изучаемых дозах и сроках их внесения увеличивалась на 0,26–0,74 т/га, или 19–54 %. При этом наиболее высокую получили при агротехнологиях с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью; $N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка и $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка. Хотя преимущество по урожайности изучаемой культуры в этих вариантах опыта относительно других не всегда достигало существенных значений.

⁷Доспехов Б. А. Указ. соч.

⁸Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. М.: Гидрометеиздат, 1977. 220 с.

Таблица 1 – Урожайность семян ярового рапса сорта Форпост КЛ при оптимизации доз и сроков внесения удобрений, т/га /
Table 1 – Yield of spring rapeseed of the ‘Forpost KL’ cultivar with optimization of doses and dates of fertilizers application, t/ha

Вариант / Variant	2023 г.		2024 г.		Среднее за два года / Two-year average	
	урожай- ность /yield	прибавка / increase	урожай- ность /yield	прибавка / increase	урожай- ность /yield	прибавка / increase
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	2,21	-	1,38	-	1,80	-
N ₄₀ весной + НП* / N ₄₀ in spring + FF*	2,58	0,37	1,54	0,16	2,06	0,26
N ₆₀ весной + НП / N ₆₀ in spring + FF*	2,69	0,48	1,57	0,19	2,13	0,33
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn	2,75	0,54	1,67	0,29	2,21	0,41
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn	2,98	0,78	1,78	0,40	2,38	0,58
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + N ₄₀ весной / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + + N ₄₀ in spring	2,88	0,67	1,75	0,37	2,32	0,52
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + + N ₄₀ весной + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + N ₄₀ in spring + FF	2,99	0,78	1,84	0,46	2,42	0,62
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + FF	2,87	0,66	1,76	0,38	2,32	0,52
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью + N ₄₀ весной + НП / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn + + N ₄₀ in spring + FF	3,12	0,91	1,95	0,57	2,54	0,74
Среднее по вариантам / Average by variants	2,79	-	1,69	-	2,24	-
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,20	-	0,19	-	0,20	-

* НП – некорневая подкормка в межфазный период «стеблевание – начало бутонизации» ярового рапса жидким аминокислотным удобрением-биостимулятором Биостим Масличный (2,0 л/га) /

* FF – Foliar fertilization of spring rapeseed was carried out in the interstage period between stem extension and the beginning of budding with the liquid amino acid fertilizer-biostimulant Biostim Maslichny (2.0 l/ha)

Для оценки эффективности применения удобрений под яровой рапс важно учитывать достигнутые показатели химического состава семян, в первую очередь по содержанию сырого жира и протеина. По данным таблицы 2 видно, что масличность и белковость семян этой культуры в годы исследований несколько различались, что обусловлено погодными условиями в период их налива и созревания.

В среднем за 2023 и 2024 гг. в варианте опыта без удобрений в маслосеменах накапливалось 40,8 % сырого жира и 26,2 % протеина. При внесении удобрений масличность семян снизилась, а белковость увеличивалась. Однако эти изменения достигали существенных значений только в вариантах опыта с внесением повышенных доз минеральных удобрений:

N₈₀P₈₀K₈₀ осенью; N₄₀P₄₀K₄₀ осенью + N₄₀ весной; N₄₀P₄₀K₄₀ осенью + N₄₀ весной + некорневая подкормка; N₈₀P₈₀K₈₀ + N₄₀ весной + некорневая подкормка, при которых одноразовая или суммарная доза азотного удобрения составляла 80 или 120 кг/га.

Исследования показали, что в вариантах полевого опыта из-за изменений урожайности и химического состава семян сбор масла и белка с гектара значительно различался. Так, в среднем по опыту в 2023 г. сбор растительного масла и кормового белка составил 992 и 651 кг/га соответственно на 40 и 53 % больше, чем в 2024 г. Применение изучаемых доз удобрений увеличивало показатели продуктивности ярового рапса (табл. 3).

Таблица 2 – Содержание сырого жира и протеина в семенах ярового рапса сорта Форпост КЛ в зависимости от применения удобрений, % на абсолютно сухое вещество /

Table 2 – Raw fat and protein content in the seeds of the spring rapeseed 'Forpost KL' cultivar depending on the application of fertilizer, % of the absolute dry matter

Вариант / Variant	Сырой жир / Crude fat			Протеин / Protein		
	2023 г.	2024 г.	среднее / average	2023 г.	2024 г.	среднее / average
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	39,3	42,2	40,8	26,3	26,1	26,2
N ₄₀ весной + НП* / N ₄₀ in spring + FF	38,8	41,5	40,2	26,7	26,4	26,6
N ₆₀ весной + НП / N ₆₀ in spring + FF	38,7	41,6	40,2	26,8	26,5	26,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn	38,9	41,5	40,2	26,8	26,7	26,8
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn	37,9	40,9	39,4	27,5	27,8	27,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + N ₄₀ весной / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + N ₄₀ in spring	37,6	41,2	39,4	27,8	27,3	27,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + N ₄₀ весной + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + N ₄₀ in spring + FF	37,7	41,6	39,7	27,9	27,1	27,5
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + FF	38,8	41,5	40,2	26,9	26,8	26,9
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью + N ₄₀ весной + НП / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn + N ₄₀ in spring + FF	37,3	40,3	38,8	28,3	28,4	28,4
Среднее по вариантам / Average by variants	38,3	41,4	39,9	27,2	27,0	27,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,46	0,73	1,10	1,24	0,75	1,00

*См. табл. 1. / Refer to table 1

Таблица 3 – Влияние доз и сроков применения удобрений на сбор растительного масла и кормового белка ярового рапса сорта Форпост КЛ, кг/га /

Table 3 – Effect of doses and dates of fertilizer application on vegetable oil and fodder protein yield of spring rapeseed of the 'Forpost KL' cultivar, kg/ha

Вариант / Variant	Растительное масло / Vegetable oil			Кормовой белок / Fodder protein		
	2023 г.	2024 г.	среднее / average	2023 г.	2024 г.	среднее / average
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	809	542	676	541	335	438
N ₄₀ весной + НП* / N ₄₀ in spring + FF*	931	595	763	641	379	510
N ₆₀ весной + НП / N ₆₀ in spring + FF	969	608	789	671	388	530
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn	996	646	821	686	415	551
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn	1050	676	863	762	460	611
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + N ₄₀ весной / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + N ₄₀ in spring	1007	672	840	745	445	595
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + N ₄₀ весной + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + N ₄₀ in spring + FF	1049	711	880	777	463	620
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ осенью + НП / N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ in autumn + FF	1037	677	857	719	437	578
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ осенью + N ₄₀ весной + НП / N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀ in autumn + N ₄₀ in spring + FF	1082	731	907	821	515	668
Среднее по вариантам / Average by variants	992	651	822	707	426	567
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	70,4	71,1	70,8	50,5	46,8	48,7

*См. табл. 1. / Refer to table 1

От внесения под предпосевную культивацию N_{40} или N_{60} с некорневой подкормкой Биостим Масличный существенно повышался сбор масла и кормового белка с гектара. Эффективность одностороннего основного внесения полного минерального удобрения в дозах $N_{40}P_{40}K_{40}$ или $N_{80}P_{80}K_{80}$ была более высокой. В других вариантах эти показатели продуктивности ярового рапса также повышались и наибольших значений достигали при агротехнологии с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка, но преимущество которой не всегда достоверно. Следует отметить, что некорневая подкормка органоминеральным удобрением Биостим Масличный

несколько увеличивала сбор масла и белка ярового рапса, но этот прирост не достигал существенных значений.

Следовательно, применение удобрений является важным агроприемом повышения урожайности, сбора растительного масла и кормового белка ярового рапса. Однако для внедрения в сельскохозяйственное производство основное значение имеет экономическая эффективность технологий его возделывания. Согласно проведенным расчетам, стоимость полученного урожая маслосемян этой культуры в контрольном варианте без удобрений составила 54000 руб/га, а при их внесении увеличилась на 7800–2200 руб/га (табл. 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность технологии возделывания ярового рапса сорта Форпост КЛ при различных дозах и сроках внесения удобрений (в среднем за 2023–2024 гг.) /
Table 4 – Economic efficiency of spring rapeseed of the ‘Forpost KL’ cultivar cultivation technology at different doses and dates of fertilizer application (average for 2023–2024)

<i>Вариант / Variant</i>	<i>Стоимость урожая семян, руб/га / Cost of seed yield, rub/ha</i>	<i>Производственные затраты, руб/га / Production costs, rub/ha</i>	<i>Себестоимость 1 т семян, руб. / Cost price of 1 t of seeds, rub</i>	<i>Чистый доход, руб/га / Net income, rub/ha</i>	<i>Рентабельность, % / Profitability, %</i>
Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers)	54000	24607	13671	29393	119
N_{40} весной + НП* / N_{40} in spring + FF*	61800	29755	14444	32045	108
N_{60} весной + НП / N_{60} in spring + FF	63900	31348	14717	32552	104
$N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью / $N_{40}P_{40}K_{40}$ in autumn	66300	34054	15409	32246	95
$N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью / $N_{80}P_{80}K_{80}$ in autumn	71400	42977	18058	28423	66
$N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной / $N_{40}P_{40}K_{40}$ in autumn + N_{40} in spring	69600	37308	16081	32292	87
$N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной + НП / $N_{40}P_{40}K_{40}$ in autumn + N_{40} in spring + FF	72600	39118	16164	33482	86
$N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + НП / $N_{40}P_{40}K_{40}$ in autumn + FF	69600	35880	15466	33720	94
$N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + НП / $N_{80}P_{80}K_{80}$ in autumn + N_{40} in spring + FF	76200	47957	18881	28243	59

*См. табл. 1. / Refer to table 1

Наши исследования показали, что применение изучаемых доз удобрений увеличило производственные затраты на возделывание ярового рапса в 1,2–2,0 раза. Наиболее низкие затраты получили в варианте опыта с внесе-

нием под предпосевную культивацию N_{40} и некорневой подкормкой удобрением Биостим Масличный, а наибольшие при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью под вспашку, N_{40} весной под предпосевную культивацию + некорневая

подкормка Биостим Масличный. В результате при агротехнологиях возделывания ярового рапса с внесением удобрений увеличилась себестоимость 1 тонны маслосемян и снизилась рентабельность их производства. В то же время чистый доход повысился, самый высокий получили, когда при возделывании ярового рапса применяли $N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью под вспашку и некорневую подкормку удобрением Биостим Масличный. В этом варианте опыта себестоимость маслосемян была практически в два раза меньше ее рыночной стоимости и рентабельность составила 94 %.

Заключение. Исследования 2023-2024 гг., проведенные в почвенно-климатических условиях Липецкой обл. (лесостепь ЦФО Российской Федерации), показали, что применение удобрений под яровой рапс нового сорта Форпост КЛ увеличивало урожайность семян

на 14–31 %. Высокие показатели (2,38–2,54 т/га) получили в вариантах опыта: $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью; $N_{40}P_{40}K_{40}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка; $N_{80}P_{80}K_{80}$ осенью + N_{40} весной + некорневая подкормка, которые обеспечили также самый большой сбор растительного масла (863–907 кг/га) и кормового белка (611–668 кг/га). Но из-за значительных производственных затрат они оказались экономически малоэффективными. Выявлено, что наибольший чистый доход гарантировала агротехнология возделывания ярового рапса с внесением осенью под вспашку $N_{40}P_{40}K_{40}$ + некорневая подкормка органоминеральным удобрением с росторегулирующим действием Биостим Масличный в межфазный период «стеблевание – начало бутонизации», где урожайность составила 2,32 т/га, себестоимость 1 тонны маслосемян – 15446 руб. и рентабельность – 94 %.

Список литературы

1. Артемьев Ан. А., Артемьев Ал. А. Влияние минеральных удобрений на ростовые и структурные показатели растений ярового рапса. Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3(6)):5–9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36759585> EDN: VRCGPI
2. Байкалова Л. П., Бобровский А. В., Крючков А. А. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на элементы структуры и урожайность ярового рапса. Вестник КрасГАУ. 2020;(3(156)):3–10. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10> EDN: GZOXGQ
3. Пилук Я. Э., Храмченко С. Ю., Лукашевич Т. Н. Влияние сроков сева, доз азотных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество маслосемян рапса ярового. Земледелие и селекция в Беларуси. 2023;(59):162–170. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59460746> EDN: AMQIPP
4. Вафина Э. Ф., Хакимов Е. И. Реакция ярового рапса Аккорд на удобрения урожайностью и качеством семян. Пермский аграрный вестник. 2018;(4(24)):40–47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119536> EDN: YZVOLR
5. Лупова Е. И., Виноградов Д. В. Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса. Вестник аграрной науки. 2020;(3(84)):31–37. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.31> EDN: JSAEFF
6. Гаврилова Г. В., Иванов И. Н., Смирнов И. В. Эффективность калийных удобрений в посевах ярового рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(4):2–6. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41595768> EDN: ECMBWH
7. Зубкова Т. В. Продуктивность ярового рапса при использовании многокомпонентных удобрений. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022;17(1):7–19. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19> EDN: NUHBSM
8. Кузнецова Г. Н., Полякова Р. С. Применение гуминовых и минеральных удобрений в посевах рапса ярового. International Agricultural Journal. 2021;64(5):217–228. DOI: <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10368> EDN: AFHKNZ
9. Кошелева Е. Д., Смышляев А. А. Сравнительная оценка влияния удобрений на формирование урожайности ярового рапса. Мир Инноваций. 2022;(2(21)):11–15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561231> EDN: AXIINB
10. Мокрушина А. В., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Семенная продуктивность сортов ярового рапса в зависимости от доз минеральных удобрений в условиях Среднего Предуралья. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019;14(1(52)):46–52. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5ccedbad613de0.29214441 EDN: HWTBTC
11. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue Ch., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapessed. A review. Agronomy for Sustainable Development. 2016;36(2):38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0> EDN: TREEID
12. Григорьев Е. В., Постовалов А. А. Реакция ярового рапса на обработку посевов жидкими минеральными удобрениями. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(1(41)):60–63. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-1-60-63> EDN: YWXASG

13. Нурлыгаянов Р. Б., Исмагилов Р. Р., Исмагилов К. Р. Влияние минеральных удобрений на урожайность семян ярового рапса (*Brassica napus* L.). Проблемы агрохимии и экологии. 2019;(2):70–74. DOI: <https://doi.org/10.26178/AE.2019.19.91.011> EDN: PHQVGB
14. Ma B.-L., Zheng Zh., Whalen J. K., Caldwell C., Vanasse A., Pageau D. et al. Uptake and nutrient balance of nitrogen, Sulphur, and boron for optimal canola production in eastern Canada. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2019;182(2):252–264. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700615>
15. Кормин В. П. Эффективность применения минеральных удобрений и регулятора роста «Зеребра Агро» под яровой рапс на семена в условиях лесостепи Омской области. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023;(1(49)):35–40. DOI: https://doi.org/10.48136/2222-0364_2023_1_35 EDN: HKGWJP
16. Пироговская Г. В., Сороко В. И., Хмелевский С. С., Исаева О. И., Некрасова И. Н., Голоскок Е. Н. Влияние серосодержащих удобрений на урожайность и качество озимого и ярового рапса на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Почвоведение и агрохимия. 2019;(2(63)):114–125. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42209822> EDN: ZLXBCB
17. Хайруллин А. М., Багаутдинов Ф. Я., Гайфуллин Р. Р., Валитов А. В., Ахияров Б. Г. Влияние форм азотных удобрений на урожайность и биохимический состав семян рапса ярового. Пермский аграрный вестник. 2019;(2(26)):101–109. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40481945> EDN: QLSKWS

References

1. Artemjev An. A., Artemjev Al. A. The influence of mineral fertilizers on the growth and structural parameters of plants of spring rape. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik Chuvash State Agricultural Academy. 2018;3(6):5–9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36759585>
2. Baykalova L. P., Bobrovsky A. V., Kryuchkov A. A. The influence of mineral fertilizers and plant protection means on the structure elements and spring rapeseed productivity. *Vestnik KraSGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2020;(3(156)):3–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10>
3. Pilyuk Ya. E., Khrumchenko S. Yu., Lukashevich T. N. Effect of sowing periods, nitrogen fertilizers doses and growth regulators on the yield and quality of spring rape oil seeds. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus. 2023;(59):162–170. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59460746>
4. Vafina E. F., Khakimov E. I. Response of yield capacity and seed quality of the Accord spring rape to fertilizers. *Permsky agrarny vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2018;(4(24)):40–47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37119536>
5. Lupova E. I., Vinogradov D. V. Influence of humic fertilizer and mineral fertilizers doses on the productivity of spring rape. *Vestnik agrarnoy nauki* = Bulletin of agrarian science. 2020;(3(84)):31–37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.31>
6. Gavrilova G. V., Ivanov I. N., Smirnov I. V. The effectiveness of potash fertilizers in spring rapeseed crops on sod-podzolic sandy loam soil. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2019;(4):2–6. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41595768>
7. Zubkova T. V. Influence of multicomponent fertilizers on spring rapeseed productivity. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družbi narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2022;17(1):7–19. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-1-7-19>
8. Kuznetsova G. N., Polyakova R. S. Application of humic and mineral fertilizers on spring rapeseed sowings. *International Agricultural Journal*. 2021;64(5):217–228. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10368>
9. Kosheleva E. D., Smishlyaev A. A. Comparative assessment of fertilizer effect on spring rapeseed yield formation. *Mir Innovatsy* = World of innovation. 2022;(2(21)):11–15. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48561231>
10. Mokrushina A. V., Bogatireva A. S., Akmanayev E. D. Semennaya produktivnost sortov yarovogo rapsa v zavisimosti ot doz mineral-nikh udobreny v usloviyakh Srednego Preduralya. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2019;14(1(52)):46–52. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.12737/article_5ccedbad613de0.29214441
11. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue Ch., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2016;36(2):38. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0> EDN: TREEID
12. Grigorev E. V., Postovalov A. A. Reaction of spring rape on liquid mineral fertilizer treatment. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2018;(1(41)):60–63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-1-60-63>
13. Nurligayanova R. B., Ismagilov R. R., Ismagilov K. R. Influence of mineral fertilizers on yield and seed oil content of spring rape (*Brassica napus* L.). *Problemy agrokhimii i ekologii* = Problemy agrokhimii i ekologii. 2019;(2):70–74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26178/AE.2019.19.91.011>

14. Ma B.-L., Zheng Zh., Whalen J. K., Caldwell C., Vanasse A., Pageau D. et al. Uptake and nutrient balance of nitrogen, Sulphur, and boron for optimal canola production in eastern Canada. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2019;182(2):252–264. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700615>

15. Kormin V. P. The effectiveness of the use of mineral fertilizers and the growth regulator “Zerebra Agro” for spring rapeseed seeds in the conditions of the forest-steppe of the Omsk region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of Omsk SAU*. 2023;(1(49)):35–40. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.48136/2222-0364_2023_1_35

16. Pirogovskaya G. V., Soroko V. I., Khmelevsky S. S., Isaeva O. I., Nekrasova I. N., Goloskok E. N. Effect of sulfur-containing fertilizers on productivity and quality of winter and spring rape seeds on sod-podsolic loamy sand soil. *Pochvovedenie i agrokhimiya* = *Soil Science and Agrochemistry*. 2019;(2(63)):114–125. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42209822>

17. Khayrullin A. M., Bagautdinov F. Ya., Gayfullin R. R., Valitov A. V., Akhiyarov B. G. Influence of the nitrogen fertilizers forms on yield and biochemical composition of the spring rape seeds. *Permsky agrarny vestnik* = *Perm Agrarian Journal*. 2019;(2(26)):101–109. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40481945>

Сведения об авторах

Лукомец Вячеслав Михайлович, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, директор ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко», Центральная Усадьба КНИИСХ, 1, г. Краснодар, Краснодарский край, Российская Федерация, 350012, e-mail: kniish@kniish.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9162-0317>

Савенков Валерий Петрович, доктор с.-х. наук, доцент, главный научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур, Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», Боевой проезд, д. 26, г. Липецк, Липецкая область, Российская Федерация, 398037, e-mail: info@lniir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6774-9590>

✉ **Бушнев Александр Сергеевич**, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехники агротехнологического отдела, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9037-7965>, e-mail: vniimk-agro@mail.ru

Information about the authors

Vyacheslav M. Lukomets, DSc in Agricultural Science, professor, academician of RAS, research supervisor, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov st., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, director of National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko, Central Estate of KNIISKh, 1, Krasnodar, Krasnodar region, Russian Federation, 350012, e-mail: kniish@kniish.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9162-0317>

Valery P. Savenkov, DSc in Agricultural Science, associate professor, chief researcher, the Department of Cultivation Technologies for Rapeseed and Other Crops, Lipetsk Rapeseed Research Institute – branch of V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Boevoy proezd, 26, Lipetsk, Lipetsk region, Russian Federation, 398037, e-mail: info@lniir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6774-9590>

✉ **Alexander S. Bushnev**, leading researcher, the Laboratory of Agricultural Practices, the Department of Agrotechnology, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov st., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: vniimk@vniimk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9037-7965>, e-mail: vniimk-agro@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author