

Научная статья

УДК: 633.367:631.8

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ ЛЮПИНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ

Марина Феликсовна Газзаева¹, Лариса Жураповна Басиева², Асланбек Хасанович Козырев^{3✉},
Валентина Батырбековна Цугкиева⁴, Элеонора Александровна Цагараева⁵

^{1, 2, 4, 5} Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

³ Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра РАН, с. Михайловское, Россия

¹ marina.gazzaeva2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8573-0428>

² alagirka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-9056>

³ ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁴ tsugkieva.valya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>

⁵ eleonorazag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Резюме. Цель исследований – установить влияние различных технологических приемов выращивания на формирование высокопродуктивных агроценозов люпина. Исследования проведены в 2022–2024 гг. полевые эксперименты на черноземах выщелоченных в условиях предгорной зоны Центрального Предкавказья, характеризующейся как лесостепь с умеренно влажным климатом. Содержание гумуса в почвах опытного участка составляло 5,4%, легкогидролизуемого азота – 75 мг/кг, доступного фосфора – 90 мг/кг, подвижного калия – 150 мг/кг, уровень кислотности pH 5,8. В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации. Объектами исследований являлись сорта люпина Деснянский, Гамма и Снежить. Установлено, что оптимизация системы питания люпина на основе фосфорно-мolibденовых соединений и предпосевной обработки семян ризоторфином, демонстрирует значительное увеличение урожайности семян: сорт Деснянский достиг урожайности 4,11 т/га, сорт Гамма – 3,34 т/га, а сорт Снежить – 2,62 т/га, что превышает контрольные показатели на 42,4–46,3%. В разрезе сортоформ выделен сорт Деснянский, сформировавший в условиях предгорной зоны РСО-Алания урожай семян от 2,81 т/га при естественных условиях (контроль) и до 4,11 т/га – при оптимизации отдельных факторов среды. С урожаем семян люпина в контрольных вариантах было получено 614–989 кг/га белка в зависимости от сорта. В лучшем варианте прибавка по сорту Деснянский составила 502 кг/га или 50,8%, по сорту Гамма – 424 кг/га или 50,5%, по сорту Снежить – 293 кг/га или 47,7%. Выявлено, что наиболее энергоэффективными в условиях предгорной зоны РСО-Алания являются посевы люпина сорта Деснянский при оптимизации условий питания растений макро- и микроэлементами, а также предпосевной инокуляции семян ризоторфином. В этом случае чистый энергетический доход, коэффициент энергетической эффективности и биоэнергетический коэффициент достигают своих максимальных значений.

Ключевые слова: люпин, сорта, макро- и микроэлементы, ризоторфин, урожайность, белок, энергетическая эффективность

Для цитирования: Газзаева М. Ф., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х., Цугкиева В. Б., Цагараева Э. А. Продуктивность и качество сортов люпина в зависимости от условий питания // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 11–16.
DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16

Original article

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF LUPINE SEEDS DEPENDING ON NUTRITIONAL CONDITIONS

Marina F. Gazzaeva¹, Larisa Zh. Basieva², Aslanbek Kh. Kozyrev^{3✉}, Valentina B. Tsugkieva⁴, Eleonora A. Tsagaraeva⁵

^{1, 2, 4, 5} Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia.

³ North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, vil. Mikhailovskoe, Russia

¹ marina.gazzaeva2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8573-0428>

² alagirka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-9056>

³ ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁴ tsugkieva.valya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>

⁵ eleonorazag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Abstract. The purpose of the research is to determine the effects of various fertilizers on lupine seed yield formation, quality, and energy efficiency of cultivation. Field experiments were conducted from 2022 to 2024 on leached chernozems in the foothill zone of Central Ciscaucasia, characterized as a forest-steppe with a moderately humid climate. The experimental site's soil contained 5.4% humus, 75 mg/kg of readily hydrolysable nitrogen, 90 mg/kg of available phosphorus, 150 mg/kg of mobile potassium, and had a pH level of 5.8. Classical methods of experimental design, phenological observations, and statistical data analysis were employed. The study focused on three lupine varieties: Desnyansky, Gamma, and Snezhnet. Results demonstrated that optimizing lupine nutrition through phosphorus-molybdenum compounds combined with pre-sowing seed inoculation using rhizotorphin significantly enhanced seed yields. The Desnyansky variety achieved 4.11 t/ha, Gamma 3.34 t/ha, and Snezhnet 2.62 t/ha, exceeding control values by 42.4–46.3%. Among cultivars, Desnyansky exhibited superior adaptability in the foothill conditions of the Republic of North Ossetia-Alania, producing yields ranging from 2.81 t/ha under natural conditions (control) to 4.11 t/ha with optimized environmental factors. Protein yield in control plots varied between 614–989 kg/ha depending on the cultivar. In the optimized treatment, protein increases reached 502 kg/ha (50.8%) for Desnyansky, 424 kg/ha (50.5%) for Gamma, and 293 kg/ha (47.7%) for Snezhnet. Energy efficiency analysis revealed that Desnyansky, under macronutrient and micronutrient optimization combined with rhizotorphin inoculation, achieved maximum values for net energy income (6.4 GJ/ha), energy efficiency coefficient (2.1), and bioenergy coefficient (4.7).

Keywords: lupine, cultivars, macronutrients, micronutrients, rhizotorphin, yield, protein, energy efficiency

For citation: Gazzayeva, M. F., Basiyeva, L. Zh., Kozyrev, A. Kh., Tsugkiyeva, V. B. & Tsagarayeva, E. A. (2025). Productivity and quality of lupine seeds depending on nutritional conditions. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 11-16. (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16)

Одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса России является создание прочной кормовой базы, для создания которой, в первую очередь, необходим посев высокоурожайных и высококачественных кормовых культур. Наиболее перспективными и эффективными, как с экономической, так и с агрономической, зоотехнической и экологической точек зрения, являются бобовые культуры [1, 2, 3].

Особое внимание уделяется люпину, который благодаря своей экологической пластичности и высокому адаптационному потенциалу занимает значимое место среди бобовых культур [4, 5, 6]. Люпин ценится за способность производить богатый белковый корм, превосходящий по питательным свойствам многие другие кормовые растения. Он содержит витамины, минералы, углеводы и микроэлементы, необходимые для полноценного питания сельскохозяйственных животных [7, 8, 9].

В последние годы растет интерес к методам земледелия, акцентирующим использование биологических механизмов питания растений. Одним из таких методов является повышение симбиотической фиксации азота клубеньковыми бактериями, что способствует снижению использования минеральных азотных удобрений. Это направление может стать альтернативой традиционным способам промышленного производства удобрений, что особенно актуально в условиях экологизации сельского хозяйства [10, 11, 12].

Цель исследований: установить влияние различных технологических приемов выращивания на формирование высокопродуктивных агроценозов люпина. На обсуждение в данной статье вынесены вопросы формирования урожайности семян люпина, их качества и энергетической эффективности возделывания в зависимости от макро- и микроудобрений и наличия активного штамма ризобий.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2022-2024 гг. в условиях предгорной зоны РСО-Алания, характеризующейся как лесостепь с умеренно влажным климатом. Агроклиматические условия в период исследований были в пределах среднесезонных данных, типичными для зоны и характеризовались следующим образом: вегетационный период 2022 года был избыточно увлажненным в первые месяцы, особенно в июне, а конец лета (август) был засушливым, что привело к росту растений и задержке вегетации культуры. Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливой весной и относительно умеренным летом. 2024 год был наиболее благоприятным для роста, развития и созревания люпина, так как гидротермические условия были близки к оптимальным и соответствовали средним многолетним значениям.

На экспериментальном участке почвы представлены чернозёмами выщелоченного типа, средней мощности, среднесуглинистые. Пахотный слой характеризуется содержанием гумуса на уровне 5,4%, легкогидролизуемого азота – 75 мг/кг, доступного фосфора – 90 мг/кг, подвижного калия – 150 мг/кг при уровне кислотности pH 5,8.

Объектами исследований являлись сорта люпина Деснянский, Гамма и Снежеть. Предмет исследований – урожайность, белковая продуктивность и энергетическая эффективность посевов люпина в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений, без обработки),
2. Ризоторфин (инокуляция семян препаратом ризоторфин Б),
3. Ризоторфин + P_2O_5 (оптимизация фосфорного питания),
4. Ризоторфин + P_2O_5 + Mo (оптимизация молибденового питания).

В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации. Полевые опыты проводились в 4-х кратной повторности с рандомизированным размещением вариантов. Посев семян проводился широкорядным способом (45 см), норма высева 600 тыс. всхожих семян/га, глубина посева 3...4 см, общая площадь делянки 36 м², учётная – 20,4 м². Предшествующей культурой была озимая пшеница.

Под основную обработку почвы вносили суперфосфат в количестве 150 кг/га. Семена предварительно обрабатывали раствором молибденово-кислого аммония из расчета 15 г молибдена на гектарную норму. Дополнительно семена инокулировали ризоторфином, используя дозировку 300 г на гектар.

Полевые опыты проводились согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft.

Результаты исследований. В сельскохозяйственном производстве эффективность и целесообразность применения того или иного агротехнического приема определяется показателями продуктивности культуры, и, прежде всего, урожайностью хозяйственно-ценной части.

Результаты экспериментов подтверждают эффективность предпосевной инокуляции семян ризоторфином. Этот метод позволил увеличить урожайность сорта Деснянский на 0,59 т/га (20,9%), сорта Гамма – на 0,49 т/га (21,3%), а сорта Снежеть – на 0,39 т/га (21,2%). Значительный положительный эффект от инокуляции семян ризоторфином следует объяснить тем, что в выщелоченных черноземах опытного участка отсутствуют высококонкурентные штаммы ризобий, а местные аборигенные расы не обладают достаточной активностью и вирулентностью. Повышая размеры и активность симбиотического аппарата люпина, и, как следствие, улучшая обеспеченность растений биологически связанным азотом, данный агротехнический прием способствовал существенному улучшению условий формирования генеративных органов растений, т.е. семенной продуктивности (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность семян люпина (среднее за 3 года), т/га

№	Варианты (фактор В)	Сорта (фактор А)		
		Деснянский	Гамма	Снежеть
1	Контроль	2,81	2,30	1,84
2	Ризоторфин	3,40	2,79	2,23
3	Ризоторфин + P ₂ O ₅	3,42	2,83	2,24
4	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Мо	4,11	3,34	2,62
		HCP ₀₅ (A) = 0,32; HCP ₀₅ (B) = 0,29; HCP ₀₅ (AB) = 0,48		

Оптимизация фосфорного питания давала несущественную прибавку к урожайности семян люпина – всего 0,01...0,04 т/га в зависимости от сорта, в то время как совместный эффект на фоне инокуляции семян составил 0,63; 0,53 и 0,40 т/га или 22,4; 23,0 и 21,7 % соответственно сортам Деснянский, Гамма и Снежеть. Сравнительная эффективность различных вариантов питания показала, что инокуляция семян намного превосходит использование только фосфорных удобрений, благодаря способности корней люпина усваивать труднодоступные соединения фосфора и дополнительное его внесение не вносит существенных изменений в режим питания растений.

Микроэлемент молибден, напротив, оказал значительное влияние на формирование урожайности семян люпина. Прибавка только от действия молибденовых удобрений составила по различным сортам 17,0-20,2% в сравнении с вариантом без его применения (3 вариант). Высокий эффект молибденовых удобрений объясняется, прежде всего, недостаточным содержанием его доступных форм в почвах опытного участка и связан с острой необходимостью симбиотическим систем бобовых растений в этом элементе. При нехватке молибдена нарушается синтез свободных аминокислот, подавляется образование леглобина в клубеньках, снижается активность биологической азотфиксации, что в итоге приводит к недобору урожая бобовых.

Максимальная эффективность изучаемых факторов отмечалась в варианте с совокупным их действием (4 вариант), где прибавки урожая семян в сравнении с контрольными вариантами составили: 1,30 т/га по сорту Деснянский, 1,04 т/га по сорту Гамма и 0,78 т/га по сорту Снежеть или 46,3; 45,2 и 42,4% в относительных величинах.

Анализируя урожайные данные в разрезе сортов, следует выделить сорт Деснянский, сформировавший в условиях предгорной зоны РСО-Алания урожай семян от 2,81 т/га при естественных условиях (контроль) и до 4,11 т/га – при оптимизации отдельных факторов среды, лимитирующих рост растений люпина.

Следовательно, улучшение питания растений люпина с применением фосфорно-молибденовых соединений в сочетании с предпосевной обработкой семян ризоторфином существенно повышает урожайность культуры. Этот приём позволяет увеличить сбор семян сорта Деснянский до 4,11 т/га, сорта Гамма до 3,34 т/га, а сорта Снежеть до 2,62 т/га, что соответствует приросту урожайности на 42,4-46,3% по сравнению с контрольными вариантами каждого сорта.

Изучаемые в исследованиях факторы оказывали существенное влияние и на качество получаемых семян. Так, если в контрольных вариантах содержание белка в семенах составило по сортам от 33,4 до 36,5%, то предпосевная инокуляция семян ризоторфином значимо увеличивала концентрацию белка на 0,6-0,7%. Данный эффект вызван за счёт улучшения питания растений биологически связанными формами азота (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на концентрацию белка в семенах люпина (среднее за 3 года), %

№	Варианты (фактор В)	Сорта (фактор А)		
		Деснянский	Гамма	Снежеть
1	Контроль	35,2	36,5	33,4
2	Ризоторфин	35,8	37,2	34,0
3	Ризоторфин + P ₂ O ₅	35,9	37,4	34,1
4	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Мо	36,3	37,8	34,6
		HCP ₀₅ (A) = 0,64; HCP ₀₅ (B) = 0,38; HCP ₀₅ (AB) = 0,74		

Улучшение фосфорного питания способствовало приросту концентрации белка всего на 0,1-0,2%, что не подтвердило своей значимости согласно статистической обработке полученных данных. Напротив, улучшение молибденового питания существенно повысило концентрацию белка на 0,4-0,5%.

Максимальных показателей по содержанию белка в семенах изучаемые сорта люпина достигли при совокупном действии всех изучаемых факторов (4 вариант) – 36,3; 37,8; 34,6%, соответственно сортам Деснянский, Гамма и Снежеть. В разрезе сортотипов по качеству семян во всех вариантах отличился сорт Гамма с концентрацией белка от 36,5 до 37,8%.

Одним из ключевых показателей, характеризующих эффективность возделывания бобовых культур, является белковая продуктивность посевов, являющаяся функцией урожая и концентрации в нём белка (рис.).

Установлено, что в естественных чистых посевах (контроль) с урожаем семян люпина было получено 614-989 кг/га белка в зависимости от сорта. Предпосевная инокуляция семян ризоторфином увеличила сбор белка на 23,1-23,7%, применение фосфорных удобрений увеличило эффективность ещё на 0,4-0,8%. Максимальной белковой продуктивности удалось добиться в варианте с оптимизацией фосфорно-молибденового питания и обработкой семян активным штаммом ризобий. Прибавка белка составила 502 кг/га (50,8%) для сорта Деснянский, 424 кг/га (50,5%) для сорта Гамма и 293 кг/га (47,7%) для сорта Снежеть. Изучаемые факторы, за исключением фосфорных удобрений, показали значимый эффект.

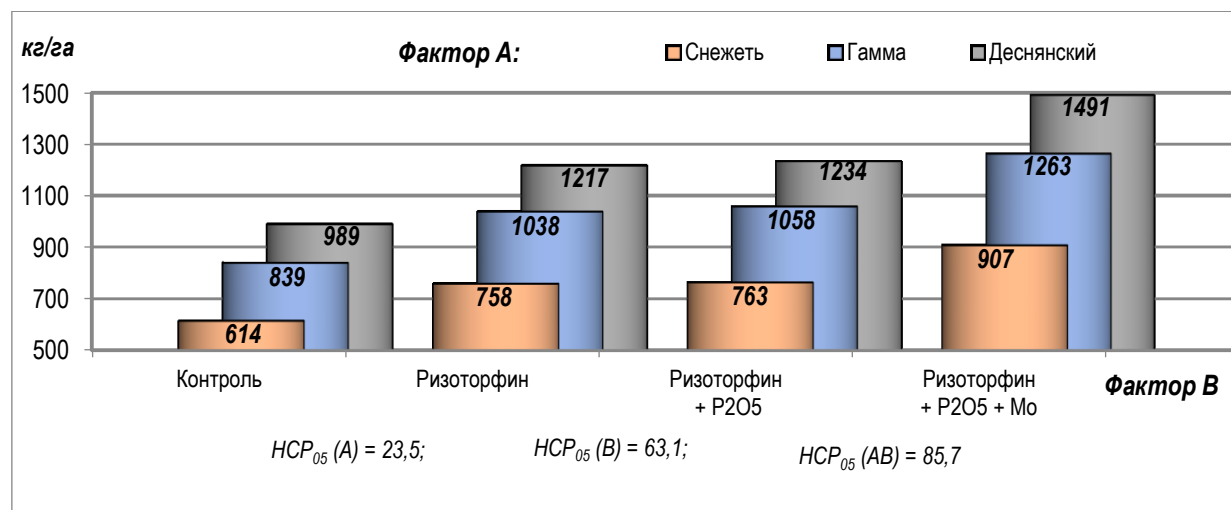


Рис. Влияние удобрений на сбор белка с урожаем люпина (в ср. за 3 года), кг/га

Анализируя данные белковой продуктивности в разрезе сортотипов люпина, следует отметить, что наиболее адаптированным к экологическим условиям предгорной зоны РСО-Алания оказался сорт Деснянский, обеспечивший сбор от 989 кг/га белка в контрольном варианте, что лучше показателей сорта Гамма на 17,9% и сорта Снежить на 61,1%, и до 1491 кг/га белка, что выше показателей указанных сортов на 18,1 и 64,4% соответственно.

От качественных характеристик урожая сельскохозяйственных культур зависит его энергосодержание и показатели эффективности производства, рассчитываемые в энергетических единицах (табл. 3).

Таблица 3

Энергетическая эффективность возделывания сортов люпина (среднее за 3 года)

Показатели	Варианты			
	Контроль	Ризо-торфин	Ризоторфин + P ₂ O ₅	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Мо
сорт Деснянский				
Урожайность, т/га	2,81	3,40	3,44	4,11
Получено энергии, ГДж/га	59,57	72,08	72,93	87,13
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	39,00	51,50	52,27	66,45
**КЭЭ	1,89	2,50	2,53	3,21
***БЭК посева	2,89	3,50	3,53	4,21
****ЭС семян, ГДж/т	7,32	6,05	6,00	5,03
сорт Гамма				
Урожайность, т/га	2,30	2,79	2,83	3,34
Получено энергии, ГДж/га	48,76	59,15	60,00	70,81
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	28,19	38,57	39,34	50,13
**КЭЭ	1,37	1,84	1,90	2,42
***БЭК посева	2,37	2,87	2,90	3,42
****ЭС семян, ГДж/т	8,94	7,74	7,30	6,19
сорт Снежить				
Урожайность, т/га	1,84	2,23	2,24	2,62
Получено энергии, ГДж/га	37,35	45,27	45,47	53,19
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	16,78	24,69	24,81	32,51
**КЭЭ	0,82	1,19	1,20	1,57
***БЭК посева	1,82	2,19	2,20	2,57
****ЭС семян, ГДж/т	11,18	9,23	9,22	7,98

*ЧЭД – чистый энергетический доход; **КЭЭ – коэффициент энергетической эффективности; ***БЭК – биоэнергетический коэффициент; ****ЭС – энергетическая себестоимость

Суммарное энергосодержание в единице урожая семян, согласно справочным данным (для белого люпина – 52%, 38% и 10%, а для узколистного – 58%, 36% и 6% от АСВ), составило на уровне 20,3-21,2 ГДж/т. Проведенные расчеты показали, что с урожаем семян люпина было получено 59,57-87,13 ГДж/га энергии у сорта Деснянский, 48,76-70,81 ГДж/га энергии у сорта Гамма и 37,35-53,19 ГДж/га энергии у сорта Снежить.

Структура энергозатрат при возделывании различных сортов люпина составила 20,57...20,68 ГДж/га в зависимости от применяемых агроприемов, в том числе: обработка почвы, посев, уборка урожая – 17,92; семена – 0,24; инокуляция семян – 0,01; обработка семян, Мо – 0,02; живой труд – 0,03; внесение P₂O₅ – 0,08; транспортные расходы – 2,38 ГДж/га.

Чистый энергетический доход по вариантам опыта в наших экспериментах варьировал в пределах 16,78 ГДж/га в контрольном варианте сорта Снежеть, до 66,45 ГДж/га в варианте совместного применения макро- и микроэлементов на фоне инокуляции семян ризоторфином у сорта Деснянский.

Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ), отражающий отношение энергетической части прибыли к затратной, составил 0,82-1,57 в агроценозах сорта Снежеть, 1,37-2,42 – у сорта Гамма и 1,89-3,21 – у сорта Деснянский, увеличиваясь от первого варианта к четвертому, т.е. по мере улучшения условий питания растений.

Биоэнергетический коэффициент посева, отражающий степень окупаемости энергозатрат, наименьшим был в агроценозах сорта Снежеть – 1,82-2,57. В посевах сорта Гамма БЭК посева увеличился на 0,55-0,85 единиц. Максимального уровня БЭК достиг в агроценозах сорта Деснянский – 2,89-4,21, что в 1,2 и 1,6 раз превосходит показатели сортов Гамма и Снежеть.

Следует также отметить, что биоэнергетический коэффициент посева возрастал при улучшении условий произрастания растений люпина: на 0,75 единиц у сорта Снежеть, на 1,05 единиц – сорта Гамма и 1,42 единицы – у сорта Деснянский.

Важным показателем энергетической оценки приемов возделывания сельскохозяйственных растений является энергетическая себестоимость единицы получаемой продукции. Максимальная себестоимость семян люпина была получена в контрольных вариантах каждого сорта и составила 7,32...11,18 ГДж/т. Кроме того, предпосевная обработка семян ризоторфином оказалась экономически выгодной, снизив себестоимость семян: на 13,4% для сорта Гамма, на 17,3% для сорта Деснянский и на 17,4% для сорта Снежеть. Оптимизация фосфорного питания дополнительно уменьшила затраты на 0,1-0,9%. Минимальная себестоимость получаемых семян люпина была отмечена в варианте совместного действия фосфорных и молибденовых удобрений на фоне инокуляции ризоторфином – 5,03-7,98 ГДж/т, что на 28,6-31,3% меньше показателей контрольных вариантов. При анализе энергетической себестоимости семян в разрезе сортов выделился сорт Деснянский, показавший энергетически наиболее выгодную себестоимость.

Сравнительная оценка энергетической эффективности технологических приемов возделывания различных сортов люпина показала, что наиболее энергоэффективными являются посевы сорта Деснянский при оптимизации условий питания растений макро- и микроэлементами (Р и Мо), а также предпосевной инокуляции семян активными штаммами ризобий. В варианте «Ризоторфин + P_2O_5 + Мо» достигнуты максимальные значения чистого энергетического дохода (66,45 ГДж/га), коэффициента энергетической эффективности (3,21) и биоэнергетического коэффициента (4,21), а энергетическая себестоимость семян снизилась до минимальных 5,03 ГДж/т.

Заключение. Оптимизация агротехнологических приемов, включая предпосевную обработку семян активным штаммом ризобий и улучшение системы питания, позволяет существенно повысить урожайность семян люпина. Наиболее высокие результаты были получены для сорта Деснянский, который в условиях предгорной зоны Республики Северная Осетия-Алания увеличил урожай с 2,81 т/га (контроль) до 4,11 т/га при оптимизации условий.

С урожаем семян люпина в контрольных вариантах было получено 614-989 кг/га белка в зависимости от сорта. Наибольшая белковая продуктивность была достигнута при оптимизации питания и инокуляции семян. В частности, сорт Деснянский продемонстрировал увеличение белковой урожайности на 502 кг/га (50,8%), сорт Гамма – на 424 кг/га (50,5%), а сорт Снежеть – на 293 кг/га (47,7%). При этом наиболее значимый эффект зафиксирован от использования активного штамма ризобий.

В предгорной зоне Республики Северная Осетия-Алания наиболее энергоэффективным решением является выращивание люпина сорта Деснянский при комплексной оптимизации макро- и микроэлементного питания и обработке семян ризоторфином. Этот подход обеспечивает максимальные показатели энергетической эффективности: чистый энергетический доход составил 66,45 ГДж/га, коэффициент энергетической эффективности достиг 3,21, а биоэнергетический коэффициент – 4,21. Кроме того, себестоимость энергии на единицу продукции снизилась до 5,03 ГДж/т, что делает данный метод агротехнически и экономически выгодным.

Список источников

1. Пимохова Л. И., Мисникова Н. В., Яговенко Г. Л. [и др.] Мониторинг патогенной микрофлоры в посевном материале сортов люпина белого и узколистного в условиях Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 6. С. 47-54. DOI: [10.53859/02352451_2022_36_6_47](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_47) EDN: CURVWC
2. Наумкин В. Н., Лукашевич М. И., Киселева С. Г., Блинник А. С., Артемова О. Ю. Урожайность и качество новых сортов и сортообразцов люпина белого в условиях Белгородской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 3(47). С. 90-95. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-3-90-95](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-90-95) EDN: MJCPYJ
3. Ястребова А. В., Рябова Т. Н., Коконов С. И. Урожайность зерна люпина узколистного в зависимости от развития клубеньковых бактерий // Кормопроизводство. 2023. № 8. С. 7-9. DOI: [10.25685/krm.2023.8.2023.002](https://doi.org/10.25685/krm.2023.8.2023.002) EDN: EAMLYI
4. Лыбенко Е. С., Емелев С. А. Зеленая масса сортов люпина узколистного как источник почвенного плодородия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19, № 4. С. 618-630. DOI: [10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630) EDN: AXCTRL
5. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И. [и др.] Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в центрально-чернозёмном регионе // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3(43). С. 41-49. DOI: [10.24412/2309-348X-2022-3-41-49](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-3-41-49) EDN: SXDCVU
6. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И. [и др.] Оценка коллекции сортов и образцов люпина белого по адаптивности, урожайности и качеству семян // Кормопроизводство. 2022. № 6. С. 27-33. DOI: [10.25685/krm.2022.2022.6.004](https://doi.org/10.25685/krm.2022.2022.6.004) EDN: UNRVGL
7. Агеева П. А., Матюхина М. В., Почутина Н. А., Громова О. М. Результаты оценки сортов узколистного люпина по хозяйственно ценным признакам и адаптивности в условиях Брянской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 5. С. 15-17. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/15-17](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/15-17) EDN: GWBRGL
8. Новик Н. В., Якуб И. А., Лебедев А. А. Сорт Фрегат как результат реализации зелено-укосного направления в селекции люпина желтого // Кормопроизводство. 2024. № 8. С. 3-8. DOI: [10.30906/1562-0417-2024-8-3-8](https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-8-3-8) EDN: MVOBFF

9. Ступницкий Д. Н., Бопп В. Л., Мистратова Н. А. Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 86-92. DOI: [10.53914/issn2071-2243_2021_4_86](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86) EDN: ASIMIE
10. Агеева П. А., Почутина Н. А., Мисникова Н. В. Изучение современного генофонда узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 2. С. 41-52. DOI: [10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52) EDN: KJFWUL
11. Агеева П. А., Почутина Н. А. Перспективный кормовой сорт люпина Узколистный 53 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55, № 1(314). С. 52-59. DOI: [10.26898/0370-8799-2025-1-6](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-1-6) EDN: RKJWQA
12. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Слесарева Т. Н. [и др.] Использование новых форм удобрений для повышения урожайности и качества зерна люпина белого // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 89-94. DOI: [10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94](https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94) EDN: LVIYVJ

References

1. Pimokhova, L. I., Misnikova, N. V., Yagovenko, G. L. et al. (2022). Monitoring of pathogenic microflora in the inoculum of white and narrow-leaved lupine varieties in the Bryansk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of science and technology of the agro-industrial complex)*, 36(6), 47-54. DOI: [10.53859/02352451_2022_36_6_47](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_47) EDN: CURVWC (In Russian).
2. Naumkin, V. N., Lukashevich, M. I., Kiselyova, S. G., Blinnik, A. S., & Artemov, O. Yu. (2023). Yield and quality of new varieties and varieties of white lupine in the Belgorod region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Legumes and cereals)*, 3(47), 90-95. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-3-90-95](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-90-95) EDN: MJCPYJ (in Russian).
3. Yastrebova, A. V., Ryabova, T. N. & Kokonov, S. I. (2023). Yield of narrow-leaved lupine grain depending on the development of nodular bacteria. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 8, 7-9. DOI: [10.25685/krm.2023.8.2023.002](https://doi.org/10.25685/krm.2023.8.2023.002) EDN: EAMLYI (in Russian).
4. Lybenko, E. S. & Emelev, S. A. (2024). Green mass of narrow-leaved lupine varieties as a source of soil fertility. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo (Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry)*, 19(4), 618-630. DOI: [10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630) EDN: AXCRTL (in Russian).
5. Blinnik, A. S., Demidova, A. G., Lukashevich, M. I. et al. (2022). Comparative testing of varieties and samples of white lupine selected by the All-Russian Research Institute of Liu-Ping in the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Leguminous and cereal crops)*, 3(43), 41-49. DOI: [10.24412/2309-348X-2022-3-41-49](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-3-41-49) EDN: SXDCVU (in Russian).
6. Blinnik, A. S., Demidova, A. G., Lukashevich, M. I. et al. (2022). Evaluation of the collection of varieties and samples of white lupine by adaptability, yield and quality of seeds. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 6, 27-33. DOI: [10.25685/krm.2022.6.004](https://doi.org/10.25685/krm.2022.6.004) EDN: UNRVGL (in Russian).
7. Ageeva, P. A., Matyukhina, M. V., Pochutina, N. A. & Gromova, O. M. (2021). Results of evaluation of narrow-leaved lupine varieties according to economically valuable features and adaptability in the conditions of the Bryansk region. *Vestnik rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki (Bulletin of Russian Agricultural Science)*, 5, 15-17. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/15-17](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/15-17) EDN: GWBRGL (in Russian).
8. Novik, N. V., Yakub, I. A. & Lebedev, A. A. (2024). Variety Frigate as a result of the implementation of the green-slant direction in the selection of yellow lupine. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 8, 3-8. DOI: [10.30906/1562-0417-2024-8-3-8](https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-8-3-8) EDN: MVOBFF (in Russian).
9. Stupnitsky, D. N., Bopp, V. L. & Mistratova, N. A. (2021). Assessment of the productivity of single-species and binary crops with lupine for organic farming. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Voronezh State State Agrarian University)*, 14, 4 (71), 86-92. DOI: [10.53914/issn2071-2243_2021_4_86](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86) EDN: ASIMIE (in Russian).
10. Ageeva, P. A., Pochutina, N. A. & Misnikova, N. V. (2023). Study of the modern gene pool of narrow-leaved lupine by productivity elements and morphobiological properties. *Agrarnyj vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals)*, 23(2), 41-52. DOI: [10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52) EDN: KJFWUL (in Russian).
11. Ageeva, P. A. & Pochutina, N. A. (2025). Promising fodder variety of lupine Narrow-leaved 53. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki (Siberian Bulletin of Agricultural Science)*, 55, 1 (314), 52-59. DOI: [10.26898/0370-8799-2025-1-6](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-1-6) EDN: RKJWQA (in Russian).
12. Yagovenko, G. L., Yagovenko, T. V., Slesareva, T. N. et al. (2022). The use of new forms of fertilizers to increase the yield and quality of white lupine grain. *Zernovoe khozyajstvo Rossii (Grain farming in Russia)*, 1(79), 89-94. DOI: [10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94](https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94) EDN: LVIYVJ (in Russian).

Информация об авторах:

М. Ф. Газзаева – аспирант;
 Л. Ж. Басиева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 А. Х. Козырев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 В. Б. Цугкиева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 Э. А. Цагараева – доктор биологических наук, доцент.

Information about the authors:

M. F. Gazzaeva – Graduate Student;
 L. Zh. Basieva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 A. Kh. Kozyrev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 V. B. Tsugkieva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 E. A. Tsagaraeva – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.07.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 22.07.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.