

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-3-33-44>

УДК 633.34:[631.559:631.53.027]



Качество урожая и биоэнергетическая эффективность возделывания сои в зависимости от приёмов предпосевной обработки семян

А.Х. Козырев

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»;
с. Михайловское, Российская Федерация

✉ ironlag@mail.ru

Аннотация. Введение. Повышение эффективности производства зерновых бобовых культур является важным звеном в решении проблемы импортозамещения в различных сферах АПК России. **Цель исследования.** Разработка научно обоснованных приемов возделывания перспективных сортов сои и совершенствование компонентов адаптивной технологии её возделывания в условиях предгорной зоны РСО-Алания. **Объекты и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводились в условиях предгорной зоны РСО-Алания, характеризующейся как лесостепь с умеренно влажным климатом. Почвенный покров опытного участка был представлен чернозёмом выщелоченным, с диапазоном содержания гумуса 4,5...6,0%; реакцией среды рН_{сол} 5,9...6,3; концентрацией легкогидролизуемого азота 80 мг/кг, подвижного фосфора – 90 мг/кг, обменного калия – 150 мг/кг. Объектом исследований являлись скороспелые сорта сои Барс и Ирбис, а также различные микроэлементы и регуляторы роста растений. В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что максимальной белковой продуктивностью отличились агроценозы сои в варианте с использованием фитогормонального стимулятора роста «фон + эпин». Преимущество над контрольными посевами у сорта Барс достигало 2,05...3,40 т/га или 22,7...43,3%, у сорта Ирбис – 2,10...2,91 т/га или 31,4...38,3%. Эффект только от стимулятора роста эпин составил в среднем за 3 года исследований 1,58 т/га или 18,5% в посевах сорта Барс и 1,80 т/га или 25,1% в посевах сорта Ирбис. Среди изученных сортотипов сои в экологических условиях региона значимое преимущество по показателям продуктивности проявил сорт Барс, с урожайностью семян 1,80...2,46 т/га, что на 0,11...0,19 т/га или 4,7...10,3% больше в сравнении с сортом Ирбис. **Заключение.** Наиболее продуктивными агроценозами, с точки зрения биоэнергетической эффективности, являются посевы сои с предпосевной инокуляцией семян активным штаммом ризобий совместно с применением микроэлементов молибдена и марганца, а также фитогормонального стимулятора роста эпин.

Ключевые слова: соя, сорта, ризоторфин, регуляторы роста, микроэлементы, потребление, обработка семян, вынос элементов питания, белковая продуктивность, сбор белка, биоэнергетическая эффективность

Для цитирования: Козырев А.Х. Качество урожая и биоэнергетическая эффективность возделывания сои в зависимости от приёмов предпосевной обработки семян. *Новые технологии / New technologies.* 2025; 21(3): 33-44. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-3-33-44>

Crop quality and bioenergy efficiency of soybean cultivation depending on pre-sowing seed treatment methods

A.Kh. Kozyrev

*The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture – branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Mikhailovskoye village, the Russian Federation
✉ironlag@mail.ru*

Abstract. Introduction. Improving the efficiency of grain legume production is an important link in solving the problem of import substitution in various areas of the Russian agro-industrial complex. **The goal of the research** is to develop scientifically based methods for cultivating promising soybean varieties and improve the components of the adaptive technology for its cultivation in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania. **The objects and methods of research.** Experimental studies have been conducted in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania, which is characterized as a forest-steppe with a moderately humid climate. The soil cover of the experimental plot was represented by leached chernozem with a humus content range of 4.5...6.0%; pHsol reaction of the environment 5.9...6.3; concentration of easily hydrolyzed nitrogen of 80 mg/kg, mobile phosphorus - 90 mg/kg, exchangeable potassium - 150 mg/kg. The object of the research was the early maturing “Bars” and “Irbis” soybean varieties, as well as various microelements and plant growth regulators. Classical methods of organizing experiments, conducting phenological observations and statistical processing of the obtained information have been used in the research. **The Results and discussion.** It was found that soybean agrocenoses in the variant with the use of the phytohormonal growth stimulator “fon + epin” was distinguished by the maximum protein productivity. The advantage over the control crops of the Bars variety reached 2.05...3.40 t/ha or 22.7...43.3%, while for the Irbis variety it was 2.10...2.91 t/ha or 31.4...38.3%. The effect of the growth stimulator Epin alone was, on average, 1.58 t/ha or 18.5% in the Bars variety crops and 1.80 t/ha or 25.1% in the Irbis variety crops over 3 years of research. Among the studied soybean varieties in the ecological conditions of the region, the Bars variety showed a significant advantage in terms of productivity, with a seed yield of 1.80...2.46 t/ha, which was 0.11...0.19 t/ha or 4.7...10.3% more than the Irbis variety. **The Conclusion.** The most productive agrocenoses, in terms of bioenergetic efficiency, are soybean crops with pre-sowing seed inoculation with an active strain of rhizobia together with the use of molybdenum and manganese microelements, as well as Epin phytohormonal growth stimulator.

Keywords: soybean, varieties, rhizotrofin, growth regulators, microelements, consumption, seed treatment, nutrient removal, protein productivity, protein collection, bioenergetic efficiency

For citation: Kozyrev A.Kh. Crop quality and bioenergetic efficiency of soybean cultivation depending on pre-sowing seed treatment techniques. *New technologies / Novye tehnologii*. 2025; 21(3): 33-44. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-3-33-44>

Введение. Повышение эффективности производства зернобобовых культур занимает ключевое место в стратегии обеспечения продовольственной безопасности агропромышленного комплекса Российской Федерации. Эти растения представляют собой ценнейший источник питательных веществ, востребованный как в пищевой индустрии, так и в кормопроизводстве [1, 2, 3]. Их роль выходит далеко за рамки про-

стого обеспечения сырьём – они напрямую влияют на устойчивость и продуктивность сельскохозяйственных систем.

Включение бобовых культур в севообороты не только способствует повышению белкового потенциала агроценозов, но и имеет серьёзное агротехническое значение. Благодаря симбиотическим взаимоотношениям с почвенными микроорганизмами, бобовые способны усваивать атмо-

сферный азот, превращая его в доступные для растений формы. Этот процесс позволяет получать экологически чистый белок при минимальных затратах, а также снижает потребность в минеральных азотных удобрениях, уменьшая тем самым химическую нагрузку на агроэкосистемы [4, 5, 6].

Современные условия хозяйствования требуют внедрения культур, сочетающих высокую продуктивность с универсальностью применения. Среди таких культур особое место занимает соя [7, 8]. Её ценность определяется высоким содержанием белка и жира, формируемых в значительной степени за счёт биологических процессов питания. К этому добавляется способность улучшать плодородие почв за счёт фиксации азота, а также широчайший спектр использования – от пищевой промышленности до переработки в различные промышленные продукты. Всё это делает совершенствование технологий возделывания сои важным направлением как для науки, так и для практического земледелия [9, 10].

Центральное Предкавказье отличается исключительным разнообразием природных условий. Здесь на сравнительно небольшой территории встречаются практически все природные зоны, характерные для России, что обусловлено изменением высотного пояса от севера к югу и формированием обратной вертикальной зональности. Такое разнообразие почвенно-климатических ресурсов требует разработки адаптированных агротехнических решений, учитывающих специфику каждого участка и обеспечивающих максимальную эффективность возделывания культур в данных условиях [11, 12].

Цель исследования. Разработка научно обоснованных приемов возделывания перспективных сортов сои и совершенствование компонентов адаптивной технологии её возделывания в условиях предгорной зоны РСО-Алания. На обсуждение в данной статье вынесены вопросы качества

урожая и биоэнергетическая эффективность возделывания сои в зависимости от приёмов предпосевной обработки семян препаратами различного происхождения.

Методы исследования. Экспериментальная работа проводилась в лесостепной зоне Центрального Предкавказья в 2022...2024 годах. Район характеризуется умеренно влажным климатом. Агроклиматические условия в период проведения исследований были весьма благоприятными для роста растений сои. В то же время в 2022 и 2023 годах погодные условия оказались недостаточно благоприятными. В первые месяцы 2022 года и, особенно в июне, наблюдался избыток влаги, что привело к чрезмерному росту растений и задержке их вегетации. В 2023 году ситуация была иной. Весна выдалась засушливой, а лето было относительно умеренным. Однако август был засушливым месяцем, что отразилось на состоянии растений. В условиях 2024 года климатические условия были близки к оптимальным, что соответствовало средним многолетним показателям.

Почвенный покров представлен чернозёмом выщелоченным, среднесуглинистым, среднесиловым. Почвы участка содержали гумус на уровне 4,5...6,0%, имели слабокислую реакцию среды (рН_{сол} 5,9...6,3), а также концентрацию легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия – 80 мг/кг, 90 мг/кг и 150 мг/кг соответственно.

Исследования были проведены на опытном поле учебно-научно-производственного отдела Горского государственного аграрного университета, что обеспечило комплексность и системность в оценке признаков и потенциала перспективных сортов. Объектом исследований являлись скороспелые сорта сои «Барс» и «Ирбис» (оригинатор – Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта), а также различные микроэлементы и регуляторы роста растений.

Для достижения поставленных задач методология работы включала проведение полевых экспериментов по схеме двухфакторного опыта.

Схема опыта: а) сорт Барс; б) сорт Ирбис; 1) Контроль (без обработки); 2) Ризоторфин + Мо + Мп (фон); 3) Фон + эпин; 4) Фон + пектин; 5) Фон + селен.

Семена сои перед посевом обрабатывали: ризоторфином на основе активных штаммов ризобий 6436 в количестве 200 г на гектарную норму семян; микроэлементами Мо, Мп и Se в концентрации 0,5% в.р. в виде сульфата марганца, молибдата аммония и селената натрия; эпином – с концентрацией 0,0025% в.р.; пектином – с концентрацией 0,05% в.р. Все водные растворы использовались в норме 2 л/ц семян.

Эпин представляет собой фитогормональный стимулятор роста и проводник аминокислот, макро- и микроэлементов (АНО «НЭСТ М», г. Москва).

Пектин (м.м. 20 000 у.е.), выделен из растения *Amaranthus cruentus* в Институте органической и физической химии имени А.Е. Арбузова Казанского научного центра РАН.

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 се-

мян проводился рядовым способом (45 см), общая площадь делянки – 36 м², учётная – 20,4 м². Предшествующей культурой была озимая пшеница.

Предмет исследований – белковая продуктивность посевов и биоэнергетическая эффективность возделывания агроценозов сои в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Полевые опыты проводились согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Office 2010.

Результаты. В аграрном производстве химический состав сельскохозяйственной продукции играет ключевую роль при выборе и оценке эффективности агротехнических методов. Степень усвоения минеральных элементов растениями тесно связана с объемом накопленного абсолютно сухого вещества, а также с содержанием в нем конкретных питательных элементов. Определение максимальных значений потребления макроэлементов имеет важное значение при построении рациональной системы удобрения в севообороте, поскольку позволяет установить, сколько питательных веществ необходимо растениям для формирования единицы урожая [13]. Для бобовых культур первостепенное значение имеют показатели содержания азота, фосфора и калия (табл. 1).

Таблица 1. Максимальное потребление и вынос питательных веществ с урожаем сои, 2022-2024 гг.

Table 1. Maximum nutrient intake and depletion from soybean crops, 2022-2024

Варианты		Максимальное потребление, кг/га			Вынос, кг/т		
Сорт фактор А	Обработка семян фактор В	Н	Р	К	Н	Р	К
Барс	Контроль	89,1	22,0	40,6	74,0	17,5	17,9
	Ризоторфин+Мо+Мп (фон)	100,8	24,9	45,8	84,1	19,6	20,3
	Фон + эпин	122,7	29,1	52,2	99,0	22,5	24,4
	Фон + пектин	109,2	27,1	48,3	88,1	20,1	21,6
	Фон + селен	104,1	24,9	47,1	86,9	20,0	21,6

Окончание табл. 1/ End of Table 1

Ирбис	Контроль	77,3	18,4	34,8	68,8	17,0	17,7
	Ризоторфин+Мо+Mn (фон)	84,3	21,0	42,6	74,7	18,6	19,2
	Фон + эпин	97,1	24,4	49,6	81,4	20,1	21,1
	Фон + пектин	93,0	22,9	47,0	80,7	20,1	20,4
	Фон + селен	90,0	22,6	46,3	78,7	19,5	20,4
НСР ₀₅ А	4,15	1,17	3,37	2,80	0,75	0,88	
НСР ₀₅ В	2,32	0,72	2,84	1,06	0,49	0,65	
НСР ₀₅ АВ	5,74	1,68	5,26	3,11	1,81	1,04	

В ходе проведённых наблюдений было установлено, что интенсивность потребления и выноса элементов минерального питания у посевов сои напрямую зависит от наличия в зоне корней активных штаммов клубеньковых бактерий, уровня обеспеченности растений микроэлементами и применения различных стимуляторов роста. Улучшение условий минерального питания способствовало повышению этих показателей у обоих исследуемых сортов.

У сорта Барс максимальное потребление азота посевами колебалось в пределах 89,1...122,7 кг/га. Активизация симбиотической деятельности совместно с применением микроэлементов Мо и Mn увеличивала потребление азота на 11,7 кг/га или на 13,1%. Дополнительное внесение селена увеличило показатель еще на 3,7%. Использование пектина по фону увеличило потребление азота посевами до 109,2 кг/га или на 22,6% выше контрольного варианта. Эффект от применения пектина составил 9,4%. Максимальный эффект был зафиксирован при использовании эпина по фону – 122,7 кг/га, что на 37,7% выше показателей контрольного варианта, при этом эффект только от эпина достигал 24,6%.

По сорту Ирбис потребление азота по вариантам опыта имело схожую тенденцию, однако отклонения от контрольного варианта были менее значимыми. Так, активизация симбиотической деятельности совместно с применением микроэлементов Мо и Mn увеличивала потребление азота на 9,1%, внесение селена увеличило показате-

тель еще на 7,3%, использование пектина увеличило потребление азота посевами на 10,2%. Использование эпина также проявило максимальный эффект, что на 16,5% выше фонового эффекта.

Вынос азота с урожаем различных вариантов опыта имел аналогичную закономерность с общим потреблением данного элемента, однако объемы были ниже и составили от 80,7 до 83,5% от потребления по сорту Барс и от 83,1 до 89,0% по сорту Ирбис.

Максимальное потребление фосфора агроценозами сои уступало потреблению азота в среднем в 4 раза и находилось в диапазоне 22,0...29,1 кг/га у сорта Барс и 18,4...24,4 кг/га у сорта Ирбис. Минимальные показатели у обоих сортов отмечались в контрольных вариантах, максимальные – в варианте с использованием эпина на фоне применения активных штаммов ризобий и микроэлементов. По показателю выноса фосфора с урожаем семян сои результаты варьировали от 17,0 до 22,5 кг/т, при этом существенные различия отмечались по вариантам обработки семян (фактор В), в то время как не было значимых различий между сортами (фактор А).

Потребление калия посевами сои занимало промежуточное положение между потреблением азота и фосфора и варьировало в пределах 40,6...52,2 кг/га у сорта Барс и 34,8...49,6 кг/га у сорта Ирбис. Фоновое применение препаратов (Ризоторфин + Мо + Mn) увеличивало потребление калия на 12,8 и 22,4% соответственно сортам Барс и Ирбис. При дополнительном использова-

нии селена потребление калия увеличивалось на 16,1...33,0%, с пектином результаты были выше на 19,0...35,2%, а наибольший эффект проявился при совместном применении фона и эпина – 28,6...42,5%. Вынос калия с урожаем семян находился в диапазоне 17,7...24,4 кг/т с небольшим преимуществом сорта Барс.

Накопление элементов питания в репродуктивных органах ко времени достижения полной спелости у обоих сортов в целом имело одинаковую тенденцию. При этом в варианте с использованием фон + эпин наблюдалось наиболее активное потребление элементов. Изменения в потреблении элементов обуславливались прежде всего формированием благоприятных условий для симбиотической активности бобовых агроценозов.

Современная модель развития сельского хозяйства, ориентированная на повышение эффективности, предполагает не только рост объемов производства, но и получение продукции с высокими показателями питательной ценности. Для зернобобовых культур определяющим фактором качества является их биохимический состав, особенно содержание сырого белка и его выход с единицы площади. Белковая продуктивность выступает важнейшим

критерием оценки технологических приёмов, направленных на решение проблемы дефицита растительного белка и повышение общей урожайности и продуктивности растениеводства (табл. 2).

Как показали результаты исследований, белковая продуктивность агроценозов сои в контрольных вариантах в различные по тепло- и влагообеспеченности годы находилась в пределах 7,85...9,41 т/га у сорта Барс и 6,68...7,59 т/га у сорта Ирбис, при этом, согласно дисперсионному анализу, сорт Барс отличался достоверно лучшими результатами. Фоновое применение различных препаратов (Ризоторфин + Мо + Mn) увеличивало сбор белка на 10,1...13,6% в посевах сорта Барс. Посевы сорта Ирбис отличались большей вариативностью показателей в разные годы, а эффект фона колебался в пределах 6,9...13,8%.

При использовании селена прибавка в сборе белка увеличилась в среднем за 3 года исследований на 1,1...1,2 т/га или 14,1% у сорта Барс и 15,1% – у сорта Ирбис. Однако при сравнительной оценке вариантов «фон» и «фон + селен» выяснилось, что эффект от действия селена составлял 0,25...0,35 т/га, или менее 5%, а дисперсионный анализ полученных результатов не подтвердил значимости эффекта.

Таблица 2. Сбор белка с урожаем семян сои, т/га
Table 2. Protein collection with soybean seed harvest, t/ha

Варианты		Годы исследований			Среднее за 3 года
Сорт (A)	Обработка семян (B)	2022	2023	2024	
Барс	Контроль	8,32	7,85	9,41	8,53
	Ризоторфин+Мо+Mn (фон)	9,16	8,92	10,36	9,48
	Фон + эпин	10,37	11,25	11,55	11,06
	Фон + пектин	10,07	9,73	10,73	10,18
	Фон + селен	9,54	9,50	10,14	9,73
Ирбис	Контроль	6,68	7,35	7,59	7,21
	Ризоторфин+Мо+Mn (фон)	7,60	7,86	8,39	7,95
	Фон + эпин	8,78	9,98	10,50	9,75
	Фон + пектин	7,80	9,04	9,80	8,88
	Фон + селен	7,69	8,61	8,59	8,30
НСР ₀₅ A					1,09
НСР ₀₅ B					0,77
НСР ₀₅ AB					1,46

Совместное действие пектина и фонового применения различных препаратов (Ризоторфин + Мо + Мп) на белковую продуктивность агроценозов сои было существенным и достигало в разные годы от 14,0 до 23,9% у сорта Барс и от 16,8 до 29,1% у сорта Ирбис. Сравнительная оценка вариантов «фон» и «фон + пектин» выявила значимый эффект воздействия пектина на агроценозы сои, который составил в среднем за годы исследований 8,2 и 12,9% соответственно сортам Барс и Ирбис. Положительное действие пектина на бобовые агроценозы связано, вероятнее всего, с его ролью в качестве хорошего прилипателя и питательной среды для ризосферных микроорганизмов, в том числе и азотфиксирующих.

Максимальная эффективность в увеличении белковой продуктивности агроценозов сои отмечалась в варианте с использованием фитогормонального стимулятора роста «фон + эпин». Преимущество над контрольными посевами у сорта Барс достигало 2,05...3,40 т/га или 22,7...43,3%, у

сорта Ирбис – 2,10...2,91 т/га или 31,4...38,3%, в разные по тепло- и влагообеспеченности годы. Эффект только от стимулятора роста эпин составил в среднем за 3 года исследований 1,58 т/га, или 18,5%, в посевах сорта Барс и 1,80 т/га или 25,1% в посевах сорта Ирбис.

Итогом всех биологических процессов в агроценозах является урожай. Эксперименты по изучению влияния различных по происхождению препаратов на формирование соевых посевов показали, что такие воздействия положительно сказываются на основных физиологических процессах растений. Под их влиянием активизировалось симбиотическое взаимодействие с микроорганизмами, улучшались условия минерального питания, что, в свою очередь, способствовало более интенсивному росту, развитию и формированию урожая (рис. 1).

В ходе исследований было выявлено, что в естественных условиях (контрольный вариант) посеvy сорта Ирбис сформировали урожайность семян 1,65 т/га, сорта Барс – на 0,15 т/га или 9,1% больше.

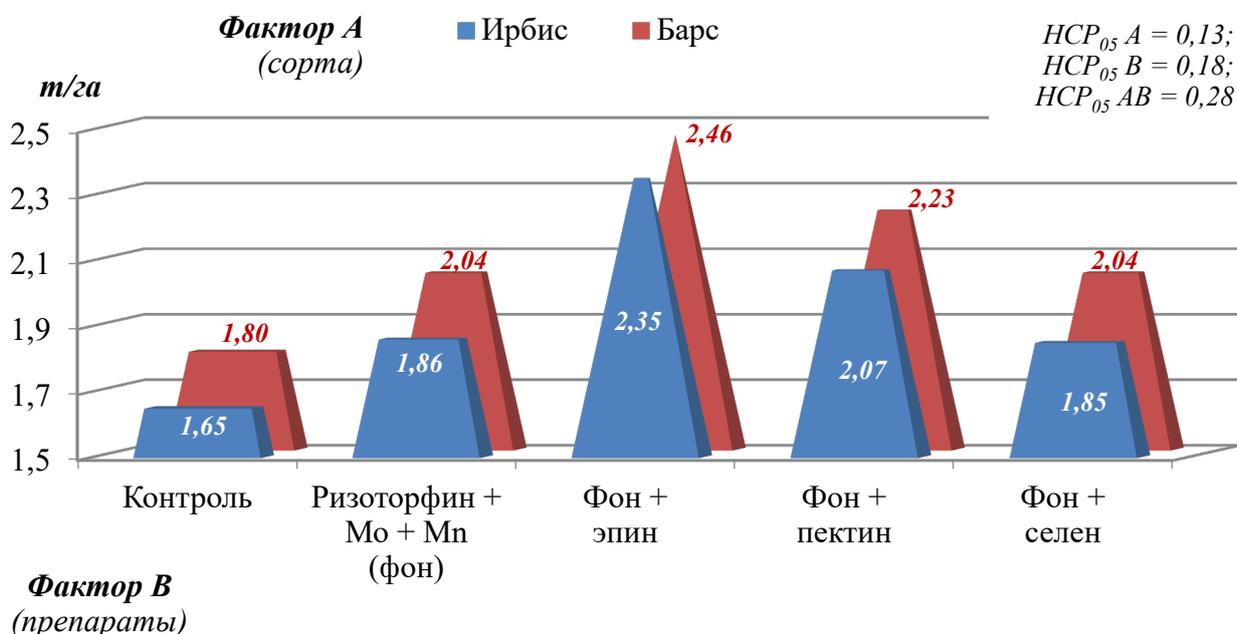


Рис. 1. Биологическая урожайность семян сои в зависимости от предпосевной обработки (среднее за 2022...2024 гг.), т/га

Fig. 1. Biological yield of soybean seeds depending on pre-sowing treatment (average for 2022...2024), t/ha

Предпосевная инокуляция семян активным штаммом ризобий с совместным использованием микроэлементов молибдена и марганца (2-й вариант) увеличила сбор семян на 0,21...0,24 т/га или 12,7...13,3%. Дополнительное использование селена (5-й вариант) не проявило эффекта в увеличении урожая семян в среднем за 3 года исследований, а несущественные различия с фоновым вариантом наблюдались лишь в отдельные годы.

Существенный прирост к биологической урожайности семян у обоих сортов был получен при использовании пектина на фоне предпосевной инокуляции семян ризоторфином и применения микроэлементов молибдена и марганца. Пектин способствовал росту продуктивности в среднем на 0,42...0,43 т/га или 23,9 и 25,5% в сравнении с контролем, соответственно сортам Барс и Ирбис.

Максимальной продуктивности агроценозов сои в исследованиях позволил достигнуть фитогормональный стимулятор роста эпин. Так, в варианте «фон + эпин» был получен урожай семян 2,35...2,46 т/га, что на 36,7...42,4% выгодно отличало его от контрольных вариантов.

Среди сортоотипов сои значимое преимущество проявил сорт Барс, показавший на 0,11...0,19 т/га или 4,7...10,3% большую семенную продуктивность в сравнении с сортом Ирбис.

В условиях современного агропромышленного комплекса особое значение приобретает биоэнергетический анализ. Этот метод позволяет оценивать технологические подходы с точки зрения максимальной отдачи энергии при минимальных затратах на её получение. В условиях дефицита энергетических ресурсов такая оценка становится особенно актуальной, так как она обеспечивает возможность комплексного анализа природных и эко-

номических ресурсов в единой энергетической системе [15].

Биоэнергетический метод базируется на сравнении затраченной и полученной энергии. Основным показателем является биоэнергетический коэффициент (БЭК), который рассчитывается как отношение энергии, заключённой в полученной биомассе, к суммарным энергозатратам на её производство. Значение коэффициента выше единицы свидетельствует о положительном энергетическом балансе и высокой эффективности технологии.

Анализ возделывания сои по различным технологическим вариантам показал, что общие энергозатраты оставались относительно стабильными из-за низкой стоимости применяемых препаратов, а различия в суммарных показателях были обусловлены затратами на уборку дополнительной продукции. Наибольшая часть затрат приходилась на предпосевную обработку почвы, сам посев и уборку урожая. Расходы, связанные с применением стимуляторов и биопрепаратов, составляли около 1% от общих затрат. Максимальные значения энергопотребления были зафиксированы в третьем варианте (фон + эпин) и достигли 18,34 ГДж/га для сорта Барс и 17,59 ГДж/га для сорта Ирбис (табл. 3).

В ходе исследований было выявлено, что в процессе возделывания сои сортов Барс и Ирбис все варианты опыта обладают достаточно хорошими энергетическими показателями и подтверждают высокорентабельность производства сои в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Наименьшую эффективность производства сои в данных экологических условиях продемонстрировал вариант без обработки семян (контрольный), обеспечивший получение урожая с 45,96 и 38,65 ГДж/га энергии при биоэнергетическом коэффициенте 2,60 и 2,29 соответственно сортам Барс и Ирбис.

Таблица 3. Биоэнергетическая эффективность приёмов возделывания сои в зависимости от способов предпосевной обработки семян, 2022-2024 гг.

Table 3. Bioenergetic efficiency of soybean cultivation methods depending on pre-sowing seed treatment methods, 2022-2024

Варианты		Урожайность, т/га	Затраты энергии, ГДж/га	Энергия урожая, ГДж/га	БЭК*
Сорт	Обработка семян				
Барс	Контроль	1,80	17,67	45,96	2,60
	Ризоторфин+Мо+Мп (фон)	2,04	17,92	48,20	2,69
	Фон + эпин	2,46	18,34	55,64	3,03
	Фон + пектин	2,23	18,11	51,57	2,85
	Фон + селен	2,04	17,92	48,20	2,69
Ирбис	Контроль	1,65	16,87	38,65	2,29
	Ризоторфин+Мо+Мп (фон)	1,86	17,09	42,19	2,47
	Фон + эпин	2,35	17,59	51,03	2,90
	Фон + пектин	2,07	17,31	46,08	2,66
	Фон + селен	1,85	17,09	42,19	2,47

*БЭК – биоэнергетический коэффициент

При анализе данных биоэнергетической эффективности были выявлены два наиболее перспективных подхода к возделыванию сои. Первый из них заключается в применении эпина, который обеспечивает получение валовой энергии с урожаем в размере 55,64 ГДж/га для сорта Барс и 51,03 ГДж/га для сорта Ирбис. Второй подход предполагает использование пектина, который демонстрирует энергоёмкость полученного урожая в размере 51,57 ГДж/га для сорта Барс и 46,08 ГДж/га для сорта Ирбис. Оба подхода обладали высокими показателями биоэнергетического коэффициента – 2,90...3,03 при использовании эпина и 2,66...2,85 – при использовании пектина.

Заключение. Наиболее активное потребление элементов питания наблюдалось в варианте с использованием фон + эпин. Изменения в потреблении элементов обуславливались, прежде всего, формированием благоприятных условий для симбиотической активности бобовых агроценозов.

Максимальной белковой продуктивностью отличились агроценозы сои в варианте с использованием фитогормонального стимулятора роста «фон + эпин». Преимущество над контрольными посевами у

сорта Барс достигало 2,05...3,40 т/га или 22,7...43,3%, у сорта Ирбис – 2,10...2,91 т/га или 31,4...38,3%. Эффект только от стимулятора роста эпин составил в среднем за 3 года исследований 1,58 т/га, или 18,5%, в посевах сорта Барс и 1,80 т/га, или 25,1%, в посевах сорта Ирбис.

Среди изученных сортоотипов сои в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания значимое преимущество по показателям продуктивности проявил сорт Барс, обеспечивший урожайность семян 1,80...2,46 т/га, что на 0,11...0,19 т/га, или 4,7...10,3%, больше в сравнении с сортом Ирбис.

Наиболее продуктивными агроценозами, с точки зрения биоэнергетической эффективности, являются посевы сои с предпосевной инокуляцией семян активным штаммом ризобий совместно с применением микроэлементов молибдена и марганца, а также фитогормонального стимулятора роста эпин. Данное технологическое решение обеспечивает получение валовой энергии с урожаем в размере 55,64 и 51,03 ГДж/га при биоэнергетическом коэффициенте 3,03 и 2,90 соответственно сортам Барс и Ирбис.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The author declares that no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов С.И., Зеленов А.В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1(73). С. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>.
2. Юлдыбаев И.Р., Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Сравнительная оценка урожайности зерна и зеленой массы зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>.
3. Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на структуру урожая и урожайность зернобобовых культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 5(401). С. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553.
4. Постников П.А., Цепилова М.В. Продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов с различным насыщением зерновыми и зернобобовыми культурами // Пермский аграрный вестник. 2024. № 1(45). С. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33.
5. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses. IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies-AGRITECH-IV – 2020 (Krasnoyarsk, November 18-20, 2020). Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>.
6. Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта Георгия в Рязанской области / М.Н. Захарова [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>.
7. Галиченко А.П., Фокина Е.М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7(222). С. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>.
8. Тедеева В.В., Тедеева А.А. Урожайность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189>.
9. Тедеева В.В., Тедеева А.А. Влияние минеральных удобрений на симбиотическую активность посевов сои // Вестник КрасГАУ. 2024. № 3(204). С. 51-58. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-3-51-58>.
10. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. Vol. 4, No. 4. P. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.
11. Симбиотическая активность в посевах и продуктивность сои в зависимости от обработки семян биопрепаратами на черноземе обыкновенном / О.Г. Шабалдас [и др.] // Земледелие. 2023. № 8. С. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>.

12. Головина Е.В., Леухина О.В. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность и продуктивность новых сортов сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023. № 1(45). С. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>.
13. Потенциал зернобобовых культур как высокобелкового компонента в кормопроизводстве / И.А. Сазонова [и др.] // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 8. С. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>.
14. Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество сои в Нечерноземье // *Плодородие*. 2024. № 4 (139). С. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>.
15. Агроэнергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав / Ш.М. Абасов [и др.] // *Нива Поволжья*. 2025. № 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004.

REFERENCES

1. Voronov S.I., Zelenev A.V. Modern technologies of adaptive landscape farming in the implementation of the genetic potential of grain and leguminous crops // *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. No. 1 (73). P. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>. [In Russ.]
2. Yuldybaev I.R., Davletov F.A., Gainullina K.P. Comparative assessment of the yield of grain and green mass of leguminous crops in the conditions of the Southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // *Grain Economy of Russia*. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>. [In Russ.]
3. Muralev S.G., Volodina E.N., Belkin Ya.G. Effect of liquid complex mineral fertilizers containing macro- and microelements on the yield structure and productivity of leguminous crops // *International Agricultural Journal*. 2024. No. 5(401). P. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553. [In Russ.]
4. Postnikov P.A., Tsepilova M.V. Productivity and energy efficiency of crop rotations with different saturation with grain and leguminous crops // *Perm Agrarian Bulletin*. 2024. No. 1(45). P. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33. [In Russ.]
5. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses. IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies-AGRITECH-IV – 2020 (Krasnoyarsk, November 18-20, 2020). Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>. [In Russ.]
6. Influence of technology elements on the yield of soybean variety Georgiya in the Ryazan region / M.N. Zakharova [et al.] // *Bulletin of Russian agricultural science*. 2023. No. 5. P. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>. [In Russ.]
7. Galichenko A.P., Fokina E.M. Influence of meteorological conditions on the formation of the yield of soybean varieties bred by the All-Russian Soybean Research Institute // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No. 7 (222). P. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>. [In Russ.]
8. Tedeeva V.V., Tedeeva A.A. Soybean crop yield depending on the use of biopreparations // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024. No. 110. P. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189> [In Russ.]
9. Tedeeva V.V., Tedeeva A.A. Effect of mineral fertilizers on the symbiotic activity of soybean crops // *Bulletin of KrasSAU*. 2024. No. 3(204). P. 51-58. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-3-51-58>. [In Russ.]

10. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. Vol. 4, No. 4. P. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.

11. Symbiotic activity in crops and soybean productivity depending on seed treatment with biopreparations on ordinary chernozem / O.G. Shabalda [et al.] // Agriculture. 2023. No. 8. P. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>. [In Russ.]

12. Golovina E.V., Leukhina O.V. Effect of foliar feeding on photosynthetic activity, symbiotic activity and productivity of new soybean varieties // Legumes and cereal crops. 2023. No. 1 (45). P. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>. [In Russ.]

13. Potential of grain legumes as a high-protein component in forage production / I.A. Sazonova [et al.] // Agrarian scientific journal. 2024. No. 8. P. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>. [In Russ.]

14. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Chernogaev V.G. Influence of biopreparations on the productivity and quality of soybeans in the Non-Black Earth Region // Fertility. 2024. No. 4 (139). P. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>. [In Russ.]

15. Agroenergetic assessment of cultivation of perennial legumes / Sh.M. Abasov [et al.] // Niva Povolzhya. 2025. No. 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the author

Козырев Асланбек Хасанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», 363110, Российская Федерация, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: ironlag@mail.ru

Aslanbek Kh. Kozyrev, Dr Sci. (Agr.), Professor, Chief Researcher of the Department of Adaptive Landscape Agriculture, the North Caucasus Research Institute of Mountain and Foot-hill Agriculture - branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 363110, the Russian Federation, RNO-Alania, Prigorodny district, Mikhailovskoye village, 1 Williams str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: ironlag@mail.ru

Поступила в редакцию 02.07.2025

Поступила после рецензирования 12.08.2025

Принята к публикации 03.09.2025

Received 02.07.2025

Revised 12.08.2025

Accepted 03.09.2025