

УДК 635.655: 631.811.98

UDC 635.655: 631.811.98

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
(биологические науки, сельскохозяйственные
науки)

4.1.1. General agriculture and plant growing
(biological sciences, agricultural sciences)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

EFFICIENCY OF USING NATURAL GROWTH REGULATORS AND MICROBIOLOGICAL FERTILIZERS IN SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY

Семенова Елена Александровна
д-р с.-х. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 2632-4960
ORCID 0000-0002-2221-9906
E-mail: elenasemen@yandex.ru

Semenova Elena Aleksandrovna
Doctor of agricultural sciences, associate professor
RSCI SPIN-code: 2632-4960
ORCID 0000-0002-2221-9906
E-mail: elenasemen@yandex.ru

Захарова Елена Борисовна
д-р. с.-х. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 7783-5540
Scopus ID 57362212100
WOS Research ID AAR-3200-2021
ORCID 0000-0001-5828-6791

Zakharova Elena Borisovna
Doctor of agricultural sciences, associate professor
RSCI SPIN-code: 7783-5540
Scopus ID 57362212100
WOS Research ID AAR-3200-2021
ORCID 0000-0001-5828-6791

Карасева Галина Игоревна
РИНЦ SPIN-код: 2504-8229
*Дальневосточный государственный аграрный
университет, Россия, 675005, Благовещенск,
ул. Политехническая, 86*

Karaseva Galina Igorevna
RSCI SPIN-code: 2504-8229
*FSBEI HE Far Eastern State Agricultural University,
Politeknicheskaya, 86, Blagoveshchensk, Amur
region, Russia, 675005*

Для увеличения урожайности и улучшения качества продукции в современном сельском хозяйстве применяются интенсивные методы, которые включают в себя использование средств для регулирования роста растений. Целью исследования было оценить эффективность совместного применения регуляторов роста и микробиологического удобрения БиоБеСтА для совершенствования приемов возделывания сои в Амурской области. Почва опытного участка – черноземовидная. Объект исследования – сорт сои Дебют. Семена обрабатывали микробиологическим удобрением БиоБеСтА и регуляторами роста ЭкоЛарикс, БиоЛарикс, ЭкстраКор. В фазе бутонизации растения еще раз обрабатывали регуляторами роста. В статье приводятся результаты исследований за 2022-2023 гг. с оценкой активности ферментов почвы и растений сои, урожайности и экономической эффективности. Совместное использование регуляторов роста и микробиологического удобрения не оказало негативного влияния на биологическую активность почвы, а наоборот, способствовало повышению активности уреазы и фосфатазы. Применяемые вещества активизировали биохимические процессы в растениях и одновременно замедляли их старение. Увеличение урожайности относительно контроля составляло 3,3-3,8 ц/га в вариантах с БиоБеСтА (25,8 ц/га) и совместном применении БиоЛарикс +

To increase yields and improve product quality, modern agriculture uses intensive methods that include the use of plant growth regulators. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the combined use of growth regulators and the microbiological fertilizer BioBeStA to improve soybean cultivation techniques in the Amur Region. The soil of the experimental plot is meadow chernozem-like soil. The object of the study is the soybean variety Debut. The seeds were treated with the microbiological fertilizer BioBeStA and the growth regulators EcoLarix, BioLarix, ExtraCor. During the soybean budding phase, the plants were treated with growth regulators again. The article presents the results of studies for 2022-2023 with an assessment of the soil and soybean plant enzymatic activities, yield and economic efficiency. The combined use of growth regulators and microbiological fertilizer did not have a negative impact on the biological activity of the soil, but on the contrary contributed to an increase in the activity of urease and phosphatase. The drugs used stimulated biochemical processes in plants and at the same time slowed down their aging. The increase in yield relative to the control was 3,3-3,8 c/ha in the variants with BioBeStA (25,8 c/ha) and the combined use of BioLarix + BioBeStA (26,0 c/ha), ExtraCor + BioBeStA (26,3 c/ha). The profitability of using these preparations is 164-168 %, which is 20-23 % higher than the control

БиоБеСтА (26,0 ц/га), ЭкстраКор + БиоБеСтА (26,3 ц/га). Рентабельность применения данных препаратов – 164-168 %, что по сравнению с контролем выше на 20-23 %

Ключевые слова: СОЯ, РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ УДОБРЕНИЕ, ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: SOYBEAN, GROWTH REGULATORS, MICROBIOLOGICAL FERTILIZER, ENZYMATIC ACTIVITY, YIELD, ECONOMIC EFFICIENCY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-202-027>

Введение

Одна из важнейших задач, стоящих в настоящее время перед сельским хозяйством, – обеспечение потребностей человечества в пищевом и кормовом белке. Решить её невозможно без развития соеводства. Соя – ценная зернобобовая культура. В её зерне содержится до 40-48 % белка со всеми незаменимыми аминокислотами и 20-25 % масла. Это экономически выгодная и высокодоходная культура, которая находит применение в ряде отраслей промышленности.

Для получения стабильных урожаев сои применяют интенсивные технологии, предусматривающие использование современных биологически активных веществ, обладающих широким спектром действия. В практике сельскохозяйственного производства всё большее распространение получают рострегулирующие препараты природного происхождения, в том числе препараты на основе дигидрокверцетина.

В Амурской области лиственница даурская (*Larix gmelinii*) является сырьём дигидрокверцетина, на основе которого компания «Аметис» производит регуляторы роста нового поколения: ЭкоЛарикс, БиоЛарикс, ЭкстраКор. Данные препараты обладают широким спектром действия: активизируют метаболические процессы в растении, антиоксидантную систему, что способствует повышению иммунитета, устойчивости к вредным воздействиям окружающей среды. Кроме того, они повышают продуктивность растений и улучшают качество семян [1].

<http://ej.kubagro.ru/2024/08/pdf/27.pdf>

Интенсификация сельскохозяйственного производства оказывает неблагоприятное воздействие на почвенные микроорганизмы, которые выполняют существенную почвообразующую функцию. Современные микробиологические препараты направлены на оздоровление почвы, усиление симбиотической деятельности, стимуляции роста растений, их защиты от болезней, вредителей, сорняков.

Изучение микробиологического удобрения БиоБеСтА и регуляторов роста показали их положительное влияние на физиолого-биохимические показатели сои. Однако определение эффективности совместного применения природных регуляторов роста и микробиологического удобрения не проводилось, а это очень важно знать, так как взаимодействие применяемых препаратов может оказать как синергический, так и ингибирующий эффект.

Цель исследования – оценить эффективность совместного применения регуляторов роста и микробиологического удобрения БиоБеСтА для совершенствования приёмов возделывания сои в Амурской области.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования были осуществлены в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области в период 2022-2023 годов. Почва – чернозёмовидная, средней мощности, слабокислая. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика чернозёмовидной почвы опытного участка*

Год	рН _{сол}	Гумус, %	Содержание элементов, мг/кг почвы		
			N _{мин}	P ₂ O ₅	K ₂ O
2022	5,2	2,7	10,7	36	155
2023	5,5	2,9	16,3	73	192

*Примечание: таблица составлена на основании собственных исследований

Погодные условия во время исследований складывались по-разному (табл. 2). В 2022 году условия для роста и развития сои были в целом благоприятными. Вегетационный период 2023 года отличался засушливыми условиями в июле, сумма осадков составила – 37 % климатической нормы, наблюдалось слабое увлажнение почвы. Однако частые дожди в августе обусловили избыток увлажнения. Флуктуации влажностного режима почвы не сказались на урожайности сои.

Таблица 2 – Метеорологические показатели вегетационного периода в южной зоне Амурской области, 2022-2023 гг.

Месяц	Средняя температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм		
	2022	2023	среднемого-летняя	2022	2023	среднемого-летние
Май	11,9	13,4	13,2	66	44	80
Июнь	19,5	18,8	19,4	84	132	91
Июль	23,4	22,5	22,2	106	52	141
Август	18,8	20,4	19,9	127	131	112
Сентябрь	13,1	13,1	13,0	33	67	68

Объект исследования – сорт культурной сои (*Glycine max (L.) Merrill*) Дебют. Посев производился рядовым способом с междурядьями 15 см, повторность 4-кратная, расположение делянок систематическое, количество высеянных семян на 1 га – 450 тыс. шт./га.

Обработка семян и растений сои проводилась согласно схеме опыта (табл. 3).

Таблица 3 – Схема опыта

№ п/п	Вариант	Действующее вещество и его содержание	Способ обработки	Норма расхода	
				препарата	рабочей жидкости
1	Контроль	Обработка водой	Предпосевная обработка семян	-	10 л/т
2	БиоБеСтА – фон	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> , штаммы АмБ-21 и АмБ-22	Предпосевная обработка семян	1 л/т	10 л/т
3	ЭкоЛарикс, ВРП + фон	Дигидрокверцетин (250 г/л)	Предпосевная обработка семян	20 г/т	10 л/т
			Обработка растений в фазе бутонизации	8 г/т	300 л/га
4	БиоЛарикс, ВРК + фон	Дитерпеновые спирты, углеводороды (250 г/л), дигидрокверцетин (50 г/л)	Предпосевная обработка семян	40 мл/т	10 л/т
			Обработка растений в фазе бутонизации	16 мл/га	300 л/га
5	ЭкстраКор, ВРП + фон	Проантоцианиды (650 г/кг), параоксибензойные кислоты (140 г/кг), дигидрокверцетин (160 г/кг)	Предпосевная обработка семян	40 г/т	10 л/т
			Обработка растений в фазе бутонизации	16 г/га	300 л/га

В лабораторных условиях проводили определение активности уреазы, фосфатазы, инвертазы в почвенных образцах и активности каталазы и пероксидазы в растениях сои по общепринятым методикам [3, 5]. Отбор почвенных и растительных образцов производился в фазах первого (V1) и третьего (V3) тройчатого листа, цветения (R2), образования бобов (R4), налива семян (R6), созревания (R8).

Для анализа структуры урожая с каждой повторности всех вариантов опыта отбирались образцы с площади 1 м².

Содержание белка в семенах сои определяли методом Кьельдаля, масла – спектрометрическим методом на спектрометре NIRFlex N500.

Данные по содержанию белка представлены в расчёте на абсолютно сухую массу семян.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждения

В ходе проведённых исследований была определена активность почвенных ферментов (уреазы, фосфатазы, инвертазы), участвующих в трансформации – азота, фосфора, углерода. Динамика ферментативной активности зависела как от фазы развития сои, так и от применяемых препаратов. Погодные условия не отразились на общей закономерности изменения активности изучаемых ферментов.

Ранее нами было установлено, что чернозёмовидная почта характеризуется слабой ферментативной активностью уреазы, фосфатазы и инвертазы [2], что возможно связано с низким содержанием гумуса, азота и фосфора.

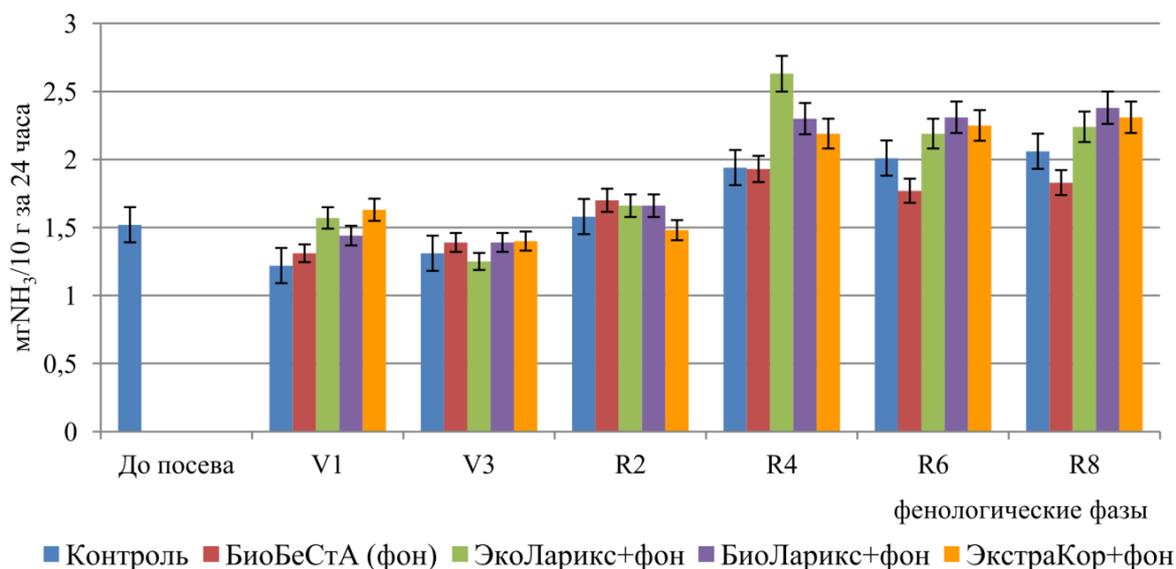


Рисунок 1 – Динамика активности уреазы чернозёмовидной почвы, среднее за 2022-2023 гг.

Активность уреазы увеличивалась начиная с фазы цветения и продолжалась до полного созревания семян. Наивысшие показатели активности уреазы были зарегистрированы в варианте ЭкоЛарикс+БиоБеСтА в период цветения (рис. 1).

Наиболее выраженные биохимические процессы, связанные с высвобождением органического фосфора из почвы, наблюдались при сочетании регулятора роста ЭкстраКор и микроудобрения БиБеСтА во время цветения, бобобразования и созревания семян (рис. 2).

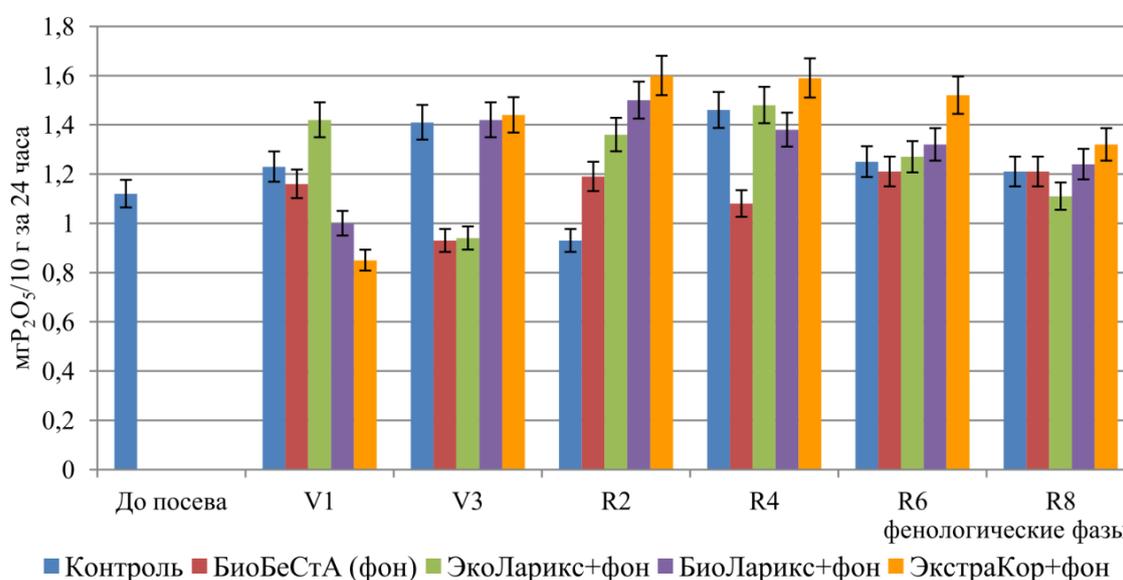


Рисунок 2 – Динамика активности фосфатазы чернозёмовидной почвы, среднее за 2022-2023 гг.

Обработка регуляторами роста и микробиологическим удобрением не приводила к существенному изменению ферментативной активности инвертазы почвы, значения были близкие, независимо от того, какой препарат применялся. Изменение активности в большей степени зависело от фазы развития сои (рис. 3).

Исследования показывают, что применение регуляторов роста может значительно увеличить активность антиоксидантных ферментов (каталазы и пероксидазы). Эти ферменты играют ключевую роль в защитных

механизмах растений, нейтрализуя свободные радикалы и предотвращая окислительный стресс, вызванный такими факторами, как засуха, переувлажнение, низкие или высокие температуры, токсичные соединения и т.п.

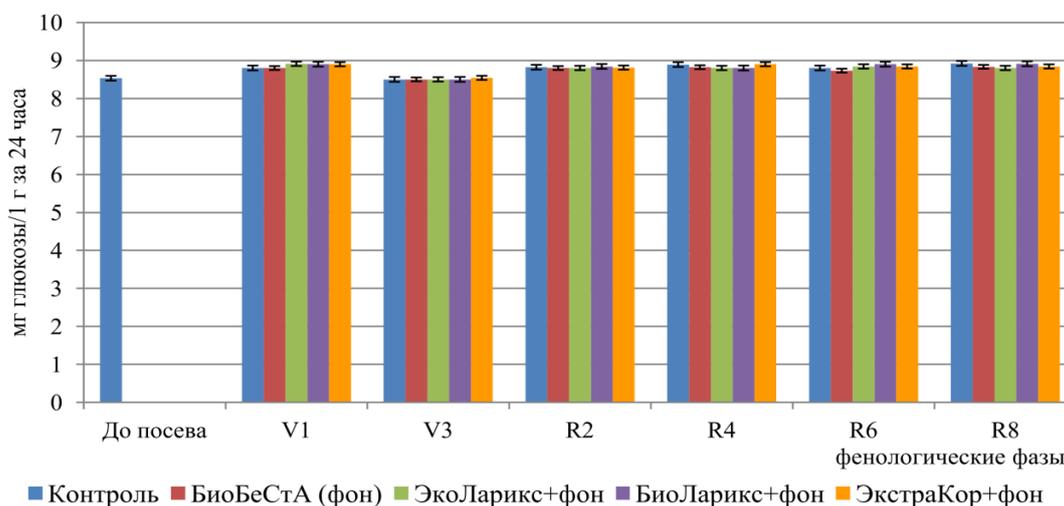


Рисунок 3 – Динамика активности инвертазы чернозёмовидной почвы, среднее за 2022-2023 гг.

Динамика удельной активности каталазы сильно зависела от фазы развития сои. Пик активности приходится на фазу цветения, это совпадает с данными ранее проведённых исследований [4]. Максимальная удельная активность фермента отмечалась в варианте с применением ЭкоЛарикс + БиоБеСта (99×10^{-4} ед/мг белка) (рис. 4).

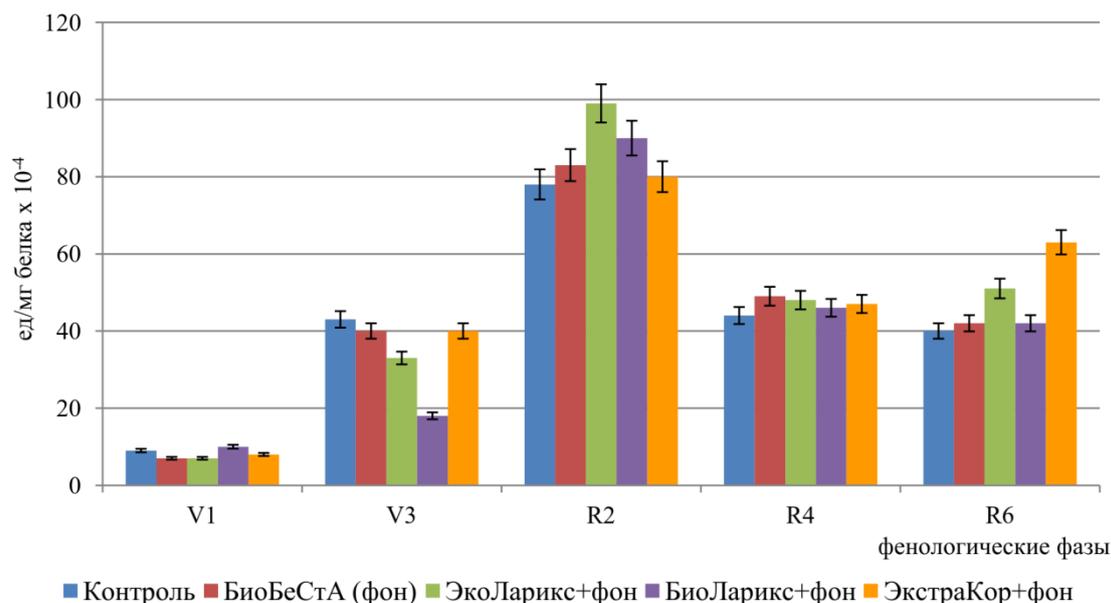


Рисунок 4 – Динамика удельной активности каталазы в листьях сои, среднее за 2022-2023 гг.

В течение вегетационного периода наблюдалось снижение каталазной активности, так как происходит старение листьев, сопряжённое с разрушением хлорофилла и снижением интенсивности дыхания. Однако активность фермента была выше в опытных вариантах, особенно в варианте с регулятором роста ЭкстраКор.

Изменение удельной активности пероксидазы происходило иначе, чем у каталазы (рис. 5). В листьях уровень пероксидазной активности возрастает с их старением, что согласуется с результатами других исследователей [6]. В начале вегетационного периода наблюдается повышенная активность пероксидазы при применении регуляторов роста ЭкоЛарикс и ЭкстраКор, что указывает на их потенциал в улучшении стрессоустойчивости растений.

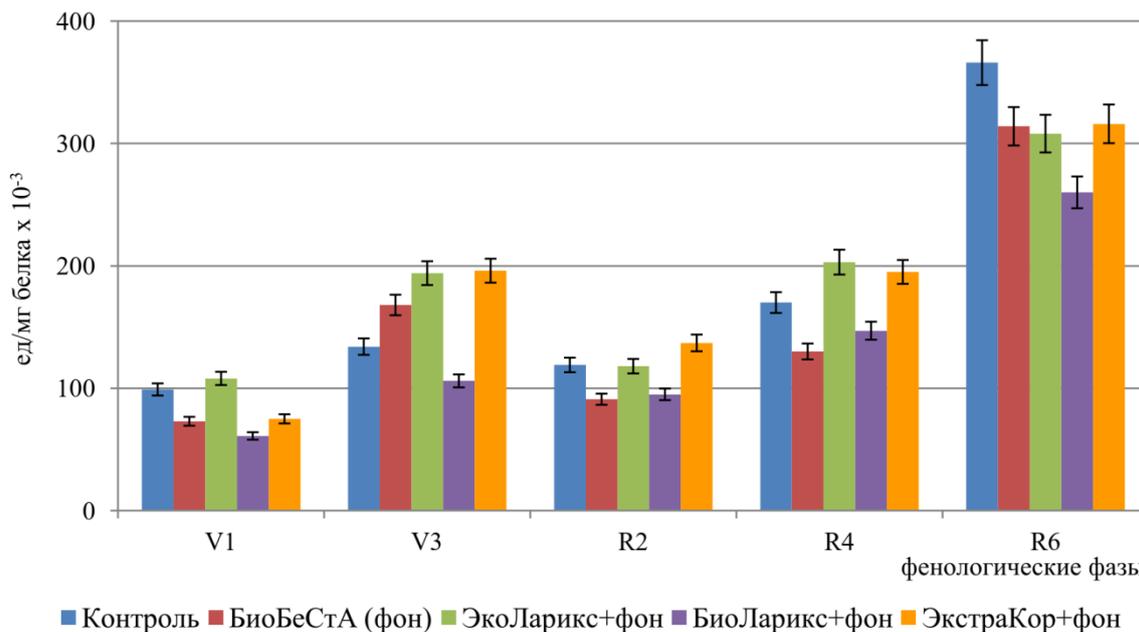


Рисунок 5 – Динамика удельной активности пероксидазы в листьях сои, среднее за 2022-2023 гг.

Максимальная активность фермента отмечена в фазе налива семян. В опытных вариантах она была ниже, чем в контроле. Это может быть связано с ингибированием регуляторами роста окисления липидов и замедлением процесса старения.

Биологическая урожайность сои зависела от погодных условий и применяемых препаратов. В условиях более засушливого 2022 года урожайность была немного ниже, чем в более благоприятном 2023 году. Однако закономерность влияния препаратов на урожайность была одинаковой.

Согласно данным, представленным в таблице 4, наблюдается рост урожайности в варианте, где семена обрабатываются микробиологическим удобрением БиоБеСтА, на 3,3 ц/га относительно контроля. Также зафиксирован прирост урожайности в варианте с одновременным использованием БиоЛарикс и БиоБеСтА. В течение двух лет максимальные показатели урожайности были зафиксированы при

использовании ЭкстраКор вместе с БиоБеСтА, что привело к увеличению на 3,8 и 0,5 ц/га по сравнению с контрольными и фоновыми данными.

Таблица 2 – Биологическая урожайность и качество семян сои

Вариант	Биологическая урожайность, ц/га			Отклонение ±, ц/га		Белок, %	Масло, %
	2022	2023	Ср.	контроль	фон		
1	20,3	22,8	21,5	-	-	39,0	20,7
2	23,6	28,1	25,8	+ 3,3	-	37,1	20,0
3	20,2	24,8	22,5	+ 1,0	- 3,3	37,0	19,0
4	23,6	28,4	26,0	+ 3,5	+ 0,2	37,2	20,3
5	24,2	28,5	26,3	+ 3,8	+ 0,5	37,3	20,0
НСР ₀₅	1,2	0,5	0,9			0,2	0,2

Уникальной характеристикой сои является её умение накапливать в семенах большое количество протеина и жира, что открывает возможности повышения продуктивности не только за счёт роста объёма семян, но и за счёт увеличения производства продуктов переработки. В опытах содержание белка в семенах колебалось от 37,0 до 39,0 %, а масла – от 19,0 до 20,7 % (табл. 4). Применение регуляторов роста не оказало достоверного влияния на эти показатели.

Основными обобщающими показателями экономической эффективности производства сои является прибыль и рентабельность, которые связаны с себестоимостью производимой продукции. Расчёт экономической эффективности от применения микробиологического удобрения БиоБеСтА показал, что дополнительные затраты составили 480 руб./га, при этом доход увеличился на 6409 руб/га, рентабельность составила 164 % (рис. 6). Расчёт экономической эффективности произведён исходя из цены реализации сои – 3400 руб./ц.

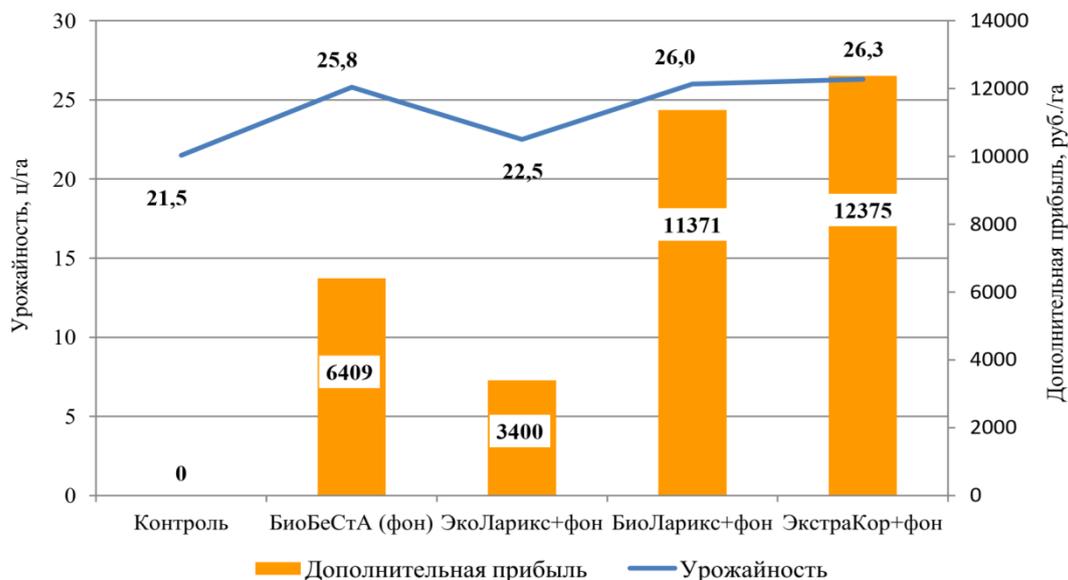


Рисунок 6 – Экономическая эффективность применения регуляторов роста и микробиологического удобрения при выращивании сои (1 га)

Совместное применение регуляторов роста БиоЛарикс и ЭкстраКор совместно с БиоБеСтА обеспечило не только повышение урожайности, но и получение дополнительной прибыли – 11371 и 12375 руб./га соответственно, рентабельность составила 165 и 168 %.

Одной из характерных особенностей регуляторов роста является применение в чрезвычайно низких дозах, поэтому при увеличении затрат на 1 % урожайность повышается на 13-15 %. Следовательно, варианты БиоЛарикс + БиоБеСтА и ЭкстраКор + БиоБеСтА можно считать экономически выгодными и целесообразными.

Заключение

Таким образом, с целью оптимизации соеводства в Амурской области целесообразно обрабатывать семена микроудобрением БиоБеСтА в сочетании с регуляторами роста БиоЛарикс и ЭкстраКор, что позволит увеличить урожайность сои на 3,3-3,8 ц/га. Это стимулирует биохимические процессы в растениях, и при этом тормозит процессы старения. Не оказывает негативного влияния на биологическую активность

почвы и даже способствует увеличению ферментативной активности, а, следовательно, сохранению и повышению почвенного плодородия.

Литература

1. Иваченко, Л. Е. Роль биологически активных веществ сои в адаптации к условиям выращивания: монография / Л. Е. Иваченко, А. С. Кони́чев. – Москва: ИИУ МГОУ, 2016. – 153 с.
2. Калашников, Р. П. Влияние минеральных удобрений на ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы / Р. П. Калашников, Е. А. Семенова, С. А. Фокин, Е. Б. Захарова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 3(55). – С. 26-34. – DOI 10.24411/1999-6837-2020-13030.
3. Методы биохимических исследований растений / под ред. А. И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
4. Семенова, Е. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование роли адаптации сои в повышении урожайности: специальность 06.01.01 «Общее земледелие, растениеводство»: диссертация на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук / Семенова Елена Александровна, 2019. – 470 с.
5. Хази́ев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хази́ев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
6. Meyer, H.-U. Activities and multiplicity of phenolase from spinach chloroplasts during leaf ageing / H.-U. Meyer, B. Biehl // *Phytochemistry*. – 1980 – Vol. 19, № 11. – P. 2267-2272

References

1. Ivachenko, L. E. Rol' biologicheskii aktivnykh veshchestv soi v adaptacii k uslovijam vyrashhivaniya: monografija / L. E. Ivachenko, A. S. Konichev. – Moskva: IIU MGOU, 2016. – 153 s.
2. Kalashnikov, R. P. Vlijanie mineral'nykh udobrenij na fermentativnuju aktivnost' chernozjomovidnoj pochvy pod posevami kukuruzy / R. P. Kalashnikov, E. A. Semenova, S. A. Fokin, E. B. Zaharova // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – 2020. – № 3(55). – S. 26-34. – DOI 10.24411/1999-6837-2020-13030.
3. Metody biohimicheskikh issledovanij rastenij / pod red. A. I. Ermakova. – L.: Agropromizdat, 1987. – 430 s.
4. Semenova, E. A. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie roli adaptacii soi v povyshenii urozhajnosti: special'nost' 06.01.01 «Obshhee zemledelie, rastenievodstvo»: dissertacija na soiskanie uchjonoj stepeni doktora sel'skohozjajstvennykh nauk / Semenova Elena Aleksandrovna, 2019. – 470 s.
5. Haziev, F. H. Metody pochvennoj jenzimologii / F. H. Haziev. – M.: Nauka, 2005. – 252 s.
6. Meyer, H.-U. Activities and multiplicity of phenolase from spinach chloroplasts during leaf ageing / H.-U. Meyer, B. Biehl // *Phytochemistry*. – 1980 – Vol. 19, № 11. – P. 2267-2272