

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МИКРОУДОБРЕНИЯ ОРАКУЛ МУЛЬТИКОМПЛЕКС ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЧР РФ

О.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник, аспирант, ORCID ID:0009-0005-7643-9831

E-mail: oxana_leukhina@mail.ru

ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В условиях значительного снижения применения минеральных удобрений при переходе к экологическому земледелию отечественное земледелие проявляет интерес в использовании альтернативных агротехнологий, направленных на обеспечение растений дополнительными источниками минерального питания. Отмечается важность микробиологических препаратов и микроудобрений, способных повысить стойкость сои к болезням и стрессам, компенсировать недостаток питательных элементов в критические фазы роста и развития, а также увеличить ее продуктивность.

Цель исследования состояла в изучении воздействия Ризоторфина и комплексного органоминерального микроудобрения Оракул мультикомплекс на урожайность и качество зерна новых перспективных сортов сои. В 2022-2024 году исследования проводились на сорте с детерминантным типом роста стебля Орлея селекции ФНЦ ЗБК и индетерминантном сорте Лидер 10 селекции ООО «АСТ».

Отмечено положительное влияние технологических приемов на рост и развитие новых сортов сои: высота растения в среднем за 3 года увеличивалась на 4,15-11,41% у сорта Орлея и 5,98-13,90% у сорта Лидер 10. Причем наибольший эффект 11,00 % и 14,00 % у обоих сортов наблюдался при совместном применении инокуляции и Оракула мультикомплекс. В зависимости от обработки длина корня возрастала по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%. На формирование сухой массы растений наиболее эффективно влияло применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса составила 2,13 г/растение у Орлея и 2,6 г/растение у Лидера 10, сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10). Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,00 мг/растение сформировано у Орлея в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно. В среднем за 3 года у исследуемых сортов количество продуктивных бобов росло на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28% в зависимости от варианта. Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов (52,40 шт.) и семян (112,68 шт.). Максимальная урожайность отмечена у сорта Орлея при использовании Ризоторфина 2,74 т/га. У сорта Лидер 10 максимальное содержание сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года.

Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между количеством клубеньков и урожайностью в 2022 году $r=0,85$ и 2023 году $r=0,52$, между сухой массой клубеньков и содержанием сырого протеина в семенах сои в 2022 году $r=0,79$, в 2023 году $r=0,52$. В 2024 году отмечена корреляция на среднем уровне между количеством клубеньков и содержанием сырого протеина $r=0,34$.

Ключевые слова: соя, некорневые подкормки, симбиотические признаки, сырой протеин, сырой жир, урожайность.

Для цитирования: Леухина О.В. Эффективность применения комплексного микроудобрения Оракул мультикомплекс при выращивании сои в условиях ЦЧР РФ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 4(52):76-86. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-76-86

EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX MICROFERTILISER ORACLE MULTICOMPLEX IN SOYBEAN CULTIVATION IN CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

O.V. Leukhina

FSBSI FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS

Abstract: *In the context of a significant reduction in the use of mineral fertilizers during the transition to ecological land use, domestic agriculture is interested in using alternative agricultural technologies aimed at providing plants with additional sources of mineral nutrition. The importance of microbiological preparations and microfertilizers that can increase soybean resistance to diseases and stress, compensate for the lack of nutrients in critical phases of growth and development, and increase its productivity is noted.*

The aim of the study was to study the effect of Rizotorfin and complex organomineral microfertilizer Oracle multicomplex on the yield and grain quality of new promising soybean varieties. In 2022-2024, the studies were carried out on the variety with a determinate type of stem growth Orleya bred by the Federal Scientific Center of Plant Breeding and the indeterminate variety Leader 10 bred by AST LLC.

The positive influence of technological methods on the growth and development of new soybean varieties was noted: plant height increased by 4.15-11.41% on average for 3 years in the variety Orleya and 5.98-13.90% in the variety Leader 10. Moreover, the highest effect of 11.00 % and 14.00 % in both varieties was observed in the combined application of inoculation and Oracle multicomplex. Depending on the treatment, root length increased compared to the control in the variety Orlea by 5.74-9.72% and in the variety Leader 10 by 6.90-15.34%. The formation of plant dry mass was most effectively influenced by the application of Oracle multicomplex: the highest aboveground dry mass was 2.13 g/plant in Orlea and 2.6 g/plant in Leader 10, root dry mass was 0.42 g/plant (Orlea) and 0.52 g/plant (Leader 10). The maximum number of nodules 18.90 pcs/plant and the highest dry mass of nodules 37.00 mg/plant were formed in Orlea in the variant Rhizotorfin+Oracle multicomplex; in Leader 10 in the variant with inoculation - 18.97 pcs/plant and with foliar feeding - 48.64 mg/plant, respectively. On average for 3 years in the studied varieties the number of productive beans increased by 24.52-65.88%, the number of seeds - from 28.82% to 67.28% depending on the variant. Leader 10 in the variant Rhizotorfin+Oracle multicomplex was distinguished by the maximum number of productive beans (52.40 pieces) and seeds (112.68 pieces).

The maximum yield was observed in the variety Orlea when using Rizotorfin 2.74 tonnes/ha. The variety Leader 10 had maximum crude protein content in grain 45.83-46.33% on average for 3 years.

A high to medium level correlation was found between nodule number and yield in 2022 $r=0.85$ and 2023 $r=0.52$, between nodule dry weight and crude protein content of soybean seeds in 2022 $r=0.79$, in 2023 $r=0.52$. In 2024, a medium level correlation was observed between nodule number and crude protein content $r=0.34$.

Keywords: soybean, foliar top dressing, symbiotic signs, crude protein, crude fat, yield.

Введение

В последние годы повышенный интерес для сельского хозяйства представляют зернобобовые культуры, играющие важную роль в аграрном секторе и пищевой промышленности. Особое внимание уделяется сое, как одной из важнейших зернобобовых культур. Она вошла в мировое земледелие и обосновано позиционируется в качестве стратегически важной культуры в решении глобальной проблемы в области продовольственной безопасности [1-4].

Как высокобелковая культура соя занимает одно из приоритетных позиций в земледелии, ее важное продовольственное, кормовое и агротехническое значение трудно переоценить. Достоинство белка сои заключается в его качественном составе, содержание незаменимых

аминокислот в котором практически не уступает белкам животного происхождения. Белок в семенах сои колеблется в зависимости от сорта и условий выращивания в диапазоне от 35 до 46 % и характеризуется высокой усвояемостью, хорошей растворимостью в воде. Кроме того, семена сои содержат около 27 % жира, значительное количество углеводов и витаминов (А, D, С, Е, группы В) [5-7].

Высокое агрономическое значение сои обусловлено способностью создавать высокоэффективный бобово-ризобийный симбиоз с клубеньковыми бактериями, способствующий накоплению биологических форм азота за счет световой энергии, аккумулируемой растением и повышению уровня почвенного плодородия. Это свойство является ключевым при переходе к экологически сбалансированному земледелию (sustainable) и биологизации производства, и поэтому заслуживает повышенного внимания. В условиях значительного снижения применения минеральных удобрений отечественное земледелие проявляет интерес к использованию альтернативных агротехнологий, направленных на обеспечение растений дополнительными источниками минерального питания [6-10].

Одним из наиболее эффективных подходов к решению проблем, связанных с получением стабильных урожаев и максимальной реализацией потенциала сои в настоящее время является оптимизация условий питания растений, включающего не только макро-, но и микроэлементы. Большое значение приобретает использование микроудобрений, которые позволяют компенсировать недостаток питательных элементов в критические фазы роста и развития, повышают устойчивость сои к патогенам и стрессовым условиям, оказывают положительное влияние на количество и качество урожая. В связи с этим вопрос изучения воздействия некорневых подкормок микроудобрениями на растения новых сортов сои с учетом их биологических особенностей, с целью создания благоприятных условий для роста и развития является актуальным [11-13].

Цель исследований – изучение воздействия Ризоторфина и комплексного органоминерального микроудобрения Оракул мультикомплекс на урожайность и качество зерна новых перспективных сортов сои.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в полевых условиях на экспериментальном участке Селекционно-семеноводческого центра сои ФНЦ зернобобовых и крупяных культур. Материалом для исследований служили сорт детерминантного типа роста стебля Орлея (включен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2024 году по Центральному и Центрально-Черноземному регионам, оригинатор ФНЦ ЗБК) и индетерминантный сорт Лидер 10 (внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2020 году по Центрально-Черноземному региону, оригинатор ООО «АСТ»).

Почва опытного участка темно-серая лесная, среднесуглинистого механического состава средне окультуренная, с содержанием гумуса 4-6%, мощностью гумусового горизонта 30-35 см, рН солевой вытяжки – 5,3-6,0 (слабокислые), с содержанием обменного калия 7-15 мг/100 г почвы и подвижного фосфора 6,8-16,5 мг/100 г почвы. Агротехника общепринятая для региона.

Сорта сои высевали широкорядным способом (ширина междурядий 45 см) с рендомизированным размещением делянок площадью 10 м². Норма посева – 600 тыс. всхожих семян на гектар. Посев опытных делянок был проведен в 2022 году - 25 мая, в 2023 - 12 мая и 18 мая в 2024 году сеялкой Клен-1,5. Уборку сои проводили прямым комбайнированием, поделяночно комбайном Zürn 150 в фазу полной спелости 8 октября в 2022 году, 22 сентября - в 2023 и 15 сентября – в 2024 году. Урожайность учитывали поделяночно.

Схема опыта:

Фактор А – сорт: Орлея, Лидер 10.

Фактор В – технологические приемы:

1. инокуляция семян сои препаратом Ризоторфин, содержащим штаммы ризобий 634а, 250 г на гектарную норму семян в день посева;

2. листовые подкормки органо-минеральным удобрением Оракул мультикомплекс 2,0 л/га в фазы 3-5 тройчатых листьев, бутонизации, формирования бобов;

3. инокуляция семян сои Ризоторфином (штаммы ризобий 634а, 250 г на гектарную норму семян в день посева) + листовые подкормки Оракул мультикомплекс (2,0 л/га в фазы 3-5 тройчатых листьев, бутонизации, формирования бобов).

Применяемое при листовой подкормке органо-минеральное удобрение Оракул мультикомплекс обеспечивает растения важными питательными компонентами, необходимые для их наилучшего роста и развития. Оно включает в себя как макро-, так и микроэлементы в хелатной и других формах, которые легко усваиваются растениями. В состав микроудобрения входит: N – 100 г/л, P – 66 г/л, K – 44 г/л, B – 6 г/л, Cu – 8 г/л, Fe – 6 г/л, Mn – 6 г/л, Zn – 8 г/л, Mo – 0,12 г/л, S – 36 г/л, Co – 0,05 г/л.

В проведённых исследованиях осуществлялись учёт и наблюдения, соответствующие действующим методическим указаниям: отбор проб для анализа в период бутонизация-цветение, фазу налива бобов и фазу полной спелости проводился по Методике агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами [14], изучение симбиотической деятельности - по Посыпанову Г.С, 1991, определение нитрогеназной активности симбиотических азотфиксирующих бактерий осуществляли на портативном хроматографе ФГХ-1. Биохимический анализ семян сои осуществлялся на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа SO 090711) (FOSS, Denmark), учет урожайности осуществляли согласно Методики ВИР, Ленинград, 1988.

Закладка опыта и математическая обработка полученных данных проводилась с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel по методике полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований (Доспехов Б. А., 2011).

В мае 2022 года температура ниже на 2-3°C относительно среднесезонных значений, при этом объем осадков составил 121-156% от нормы (табл.1). Это привело к задержке всходов растений сортов сои. С июня по конец августа в генеративный период условия для развития сои значительно улучшились: температура на 1,5-6,0°C превысила среднесезонную норму, а влажность находилась в оптимальных пределах.

Тем не менее, в сентябре, в период созревания, гидротермические условия изменились в худшую сторону: температура была ниже нормы на 1,0-4,5°C, а количество осадков превысило норму на 300%. Это негативно отразилось на урожайности и качестве зерна.

Таблица 1

Гидротермические условия вегетационного периода сои в годы исследований, г. Орел

Показатели	Месяцы				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средняя температура воздуха за месяц, °C					
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7
2022 г.	11,5	19,1	19,1	21,8	9,9
2023 г.	11,6	17,1	19,2	20,3	15,3
2024 г.	12,9	19,5	22,1	21,3	18,1
Количество осадков за месяц, мм					
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0	67,0
2022 г.	51,1	52,5	63,5	32,2	111,0
2023 г.	16,8	55,9	77,3	43,9	0,0
2024 г.	65,9	67,4	79,5	39,2	10,0

В 2023 году в мае и 1 декаде июня (посев, всходы, 1 настоящий лист) сложились неблагоприятные условия: температура ниже нормы на 0,5-1,0°C, осадки отсутствовали или составляли от 4,0% до 50,0% нормы. В 1 и 2 декаде июля (цветение – начало плодообразования) количество осадков составило 25,0% от нормы. В третью декаду июля (налив бобов) температура ниже нормы на 0,9°C, осадков выпало 204,0% нормы. В период

налива бобов сое требуется теплые погодные условия и пониженная влагообеспеченность. То есть в 2023 году климатические условия для сои были не самыми благоприятными.

В 2024 году в течение вегетации осадки распределялись неравномерно. В мае, в 1-2 декаде июня, в 1 декаде июля их количество было в пределах нормы или выше. В 3 декаде июня (бутонизация), во 2 декаде июля (начало плообразования) выпало 44,0-64,0 % осадков от климатической нормы. В 3 декаду июля и в 1 декаду августа (налив бобов) температура ниже нормы на 0,7-1,4°C.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2022-2024 годах изучено влияние Ризоторфина, микроудобрения Оракул мультикомплекс и совместного применения препаратов на рост и развитие новых сортов сои. Анализ биометрических показателей растений сои свидетельствует о положительном воздействии технологических приемов.

В межфазный период бутонизация-начало цветения в среднем за 3 года длина стебля у растений сои колебалась от 20,57 см у сорта Лидер 10 в контрольном варианте до 27,63 см у сорта Орлея в варианте с предпосевной обработкой Ризоторфином и листовыми подкормками по вегетирующим растениям Оракулом мультикомплекс; среднее значение по сортам этого признака составило 24,32 см (табл. 2). Обработки повышали длину стебля во всех вариантах на 4,20-11,41% у сорта Орлея и на 6,00-13,90% у сорта Лидер 10 от контроля. Причем наибольший эффект 11,0 % и 14,0% у обоих сортов наблюдался при совместном применении Ризоторфина и Оракула мультикомплекс.

Длина корня варьировала от 22,17 см у Лидера 10 в контроле до 25,57 см у этого же сорта в варианте с листовыми подкормками Оракул мультикомплекс. У Орлея этот показатель изменялся от 22,63 см в контроле до 24,83 см в варианте с инокуляцией.

В зависимости от обработки корень увеличивался по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%.

Таблица 2

Хозяйственно ценные признаки сортов сои. Бутонизация – начало цветения. Расчет на 1 растение. 2022-2024 г.

Вариант	Высота растения, см	Длина корня, см	Сухая масса, г		Количество клубеньков, шт.	Сухая масса клубеньков, мг/растение
			надземная	корня		
Орлея						
Контроль	24,80	22,63	1,70	0,35	12,13	18,36
Ризоторфин	27,30	24,83	1,79	0,40	16,00	23,65
Оракул мультикомплекс	25,83	23,93	2,13	0,42	16,33	29,44
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	27,63	24,47	1,72	0,32	18,90	37,00
Лидер 10						
Контроль	20,57	22,17	1,96	0,42	11,43	25,51
Ризоторфин	21,80	23,70	2,15	0,44	18,97	38,45
Оракул мультикомплекс	23,13	25,57	2,57	0,52	18,40	48,64
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	23,43	25,43	2,23	0,48	13,17	26,24
\bar{x}	24,32	24,09	2,03	0,42	15,67	30,91

Обработка семян и некорневые подкормки в большинстве вариантов приводили к росту массы сухого вещества у всех сортов: показатели надземной массы увеличивались в среднем по вариантам на 15,29% (Орлея) и 18,20% (Лидер 10), сухой массы корня – на 17,15% (Орлея)

и 14,29% (Лидер 10). Максимальные показатели отмечены у Лидер 10 с применением листовой подкормки (25,57 см), минимальные – в контроле (22,17 см). Наиболее эффективным оказалось применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса у обоих сортов составила 2,13 г/растение (Орлея) и 2,6 г/растение (Лидер 10), сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10).

В опытных вариантах сорта сои характеризовались высокой массой и количеством клубеньков. Количество клубеньков сортов сои колебалось от 11,43 шт. (Лидер 10, контроль) до 18,97 шт. (Лидер 10, Ризоторфин). Сухая масса клубеньков была в пределах 18,36 мг/растение (Орлея, контроль) – 38,45 мг/растение (Лидер 10, Ризоторфин).

Инокуляция семян сортов сои Ризоторфином и листовая подкормка Оракулом мультикомплекс способствовала формированию более развитого и активного симбиотического аппарата по сравнению с контролем без обработки: за 3 года исследования количество клубеньков возрастало у Орлеи на 31,90-55,81%, у Лидера 10 – на 15,22-65,97%. Сухая масса клубеньков была в пределах 18,36 мг/растение (Орлея, контроль) – 48,64 мг/растение (Лидер 10, вариант с обработкой Оракул мультикомплекс). Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,0 мг/растение сформировано у Орлеи в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и в варианте с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно.

Для полной оценки эффективности технологических приемов в 2022-2024 годы в фазу полной спелости исследовали показатели структурных элементов урожая (табл.3).

В ходе 3-х летних исследований наблюдалось, что с ранних стадий развития у детерминантного сорта Орлея отмечалось активное увеличение стебля в длину. В то же время, сорт Лидер 10 с индетерминантным типом роста стебля в начальные стадии развития отставал по данному показателю, однако к моменту полной спелости превзошел сорт Орлея. Максимальная длина стебля зафиксирована у Лидера 10 при совместном применении препаратов 99,87 см, минимальная – у Орлеи в варианте с листовой подкормкой 82,20 см. В среднем по сортам и вариантам длина стебля составила 90,66 см.

В среднем за 2022-2024 гг. расстояние до 1-го боба в вариантах с технологическими приемами снижалось на 0,33-1,66 см. У сорта Орлея данный показатель уменьшался в варианте с совместным применением инокуляции и листовых подкормок до 11,67 см, у сорта Лидер 10 – до 10,73 см в варианте с инокуляцией.

Таблица 3

**Хозяйственно ценные признаки сортов сои.
Полная спелость. Расчет на 1 растение. 2022-2024 г.**

Вариант	Высота растения, см	Расстояние до 1-го боба, см	Количество, шт.	
			продуктивных бобов	семян
Орлея				
Контроль	86,87	13,33	21,04	46,92
Ризоторфин	90,47	13,00	26,20	60,44
Оракул мультикомплекс	82,20	11,73	33,39	75,28
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	79,27	11,67	33,84	78,49
Лидер 10				
Контроль	91,92	12,13	31,59	70,04
Ризоторфин	96,67	10,73	41,79	93,16
Оракул мультикомплекс	98,00	11,80	42,89	93,41
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	99,87	11,40	52,40	112,68
х	90,66	11,97	35,39	78,80

В среднем за 3 года обработка семян ризобиями и листовые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс увеличивали количество продуктивных бобов на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28%, в зависимости от варианта.

Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов и семян, которое составило 52,40 шт. и 112,68 шт. соответственно.

Необходимо отметить, что инокуляция совместно с листовыми подкормками более эффективно влияла на рост хозяйственно ценных признаков у всех исследуемых сортов.

Инокуляция и некорневые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс оказывали положительное влияние на урожай зерна (табл. 4).

По 3-х летним данным у Орлея зерновая продуктивность в вариантах с технологическими приемами возрастала на 4,00-7,00%, достигая 2,66-2,74 т/га. У Лидера 10 урожайность выросла в вариантах с инокуляцией и листовой подкормкой на 5,00-6,00%, что составило 2,44-2,47 т/га. В случае совместного применения инокуляции и микроудобрения урожайность в 2022 г. ниже контроля, что произошло вследствие оттока ассимилятов на развитие мощной листовой поверхности и формирование высокой массы вегетативных органов в условиях с достаточным увлажнением. В результате средняя урожайность за 3 года в этом варианте на уровне контроля. Это можно объяснить тем, что в 2022 году в фазу налива бобов в среднем по сортам площадь листьев составляла 114,41 тыс.м²/га, что выше чем в 2023 году и 2024 году на 22,90 тыс.м²/га и 18,66 тыс.м²/га; сухая надземная масса составляла 13,83 т/га – выше на 1,75 т/га и 0,94 т/га соответственно. Максимальная урожайность в среднем за 3 года отмечена у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином 2,74 т/га.

Таблица 4

Урожайность зерна сортов сои, т/га

Вариант	2022	2023	2024	\bar{x}
Орлея				
Контроль	1,72	2,51	3,44	2,56
Ризоторфин	1,79	2,76	3,68	2,74
Оракул мультикомплекс	1,85	2,56	3,63	2,68
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	1,82	2,70	3,45	2,66
Лидер 10				
Контроль	1,29	2,48	3,22	2,33
Ризоторфин	1,44	2,76	3,21	2,47
Оракул мультикомплекс	1,38	2,62	3,31	2,44
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	1,22	2,51	3,28	2,34
\bar{x}	1,56	2,61	3,40	3,52
НСР ₀₅	0,29	0,26	0,35	

Установлена корреляция на высоком уровне по количеству клубеньков и урожайности в 2022 году $r=0,85$ и на среднем уровне в 2023 году $r=0,52$. В 2024 году корреляция между этими показателями отсутствовала.

В 2022-2024 годах был проведен анализ биохимических показателей, включающий содержание сырого протеина и сырого жира в зерне сои (табл. 5,6).

Сорт Лидер 10 отличался высоким содержанием сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года, в то время как у сорта Орлея данное значение колебалось в диапазоне 41,77-42,30%. Максимальная концентрация сырого протеина в среднем за 2022-2024 год

наблюдалась у сорта Лидер 10 в случае применения листовой подкормки Оракул мультикомплекс, достигая 46,47%, минимальное значение – у сорта Орлея с использованием Ризоторфина, что составляло 41,77%. Обработка микроудобрением Оракул мультикомплекс и его совместное применение с инокуляцией приводили к увеличению содержания протеина у сорта Орлея на 1,12-1,20% и у сорта Лидер 10 на 0,65-0,96%. Сбор сырого протеина в семенах зависит от двух основных факторов: урожайности семян и содержания протеина в них. В среднем за 3 года наблюдалась изменчивость в сборе сырого протеина, который составлял 978,89 кг/га у сорта Орлея в контрольном варианте и 1049,56 кг/га в варианте с инокуляцией, у сорта Лидер 10 – 983,28 кг/га в контроле, 1038,24 кг/га в варианте с листовой подкормкой.

Таблица 5

Содержание сырого протеина в зерне сои, 2022-2024 г.

Вариант	Сырой протеин, %				Сбор белка, кг/га			
	2022	2023	2024	х	2022	2023	2024	х
Орлея								
Контроль	42,90	41,50	41,00	41,80	686,97	950,30	1299,40	978,89
Ризоторфин	42,60	41,60	41,10	41,77	710,69	1049,07	1388,91	1049,56
Оракул мультикомплекс	43,70	42,30	40,90	42,30	753,48	988,99	1365,90	1036,12
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	43,40	42,60	40,80	42,27	735,38	1049,79	1295,41	1026,86
Лидер 10								
Контроль	45,90	46,10	46,10	46,03	550,07	1038,10	1361,66	983,28
Ризоторфин	46,10	45,90	45,50	45,83	616,04	1150,29	1338,30	1034,88
Оракул мультикомплекс	45,90	47,00	46,50	46,47	588,45	1114,42	1411,86	1038,24
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	45,70	47,20	46,10	46,33	517,40	1073,36	1386,12	992,29
\bar{x}	44,53	44,28	43,50		644,81	1051,79	1355,95	

Содержание сырого жира в зерне в среднем за 3 года варьировало от 17,64% (Лидер 10, Ризоторфин+Оракул мультикомплекс) до 20,67% (Орлея, контроль). В вариантах, где использовался Оракул мультикомплекс, содержание жира незначительно снижалось по сравнению с контролем. Максимальный сбор масла был зафиксирован у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином и составил 522,54 кг/га. У Лидера 10 высокое значение этого показателя также наблюдалось в варианте с инокуляцией, что составило 415,60 кг/га.

В 2022 году концентрация сырого жира ниже на 0,58-1,17% по сравнению с 2023 и 2024 годами. В 2024 году сбор протеина и жира оказался выше, чем в 2022 и 2023 годах на 711,14 и 304,16 кг/га, 345,10-162,45 кг/га соответственно. Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между сухой массой клубеньков и содержанием сырого протеина в семенах сои в 2022 году $r=0,79$, в 2023 году $r=0,52$, в 2024 году – на среднем уровне между количеством клубеньков и содержанием сырого протеина $r=0,34$.

Содержание сырого жира в зерне сои, 2022-2024 г.

Вариант	Сырой жир, %				Сбор масла, кг/га			
	2022	2023	2024	х	2022	2023	2024	х
Орлея								
Контроль	20,20	20,90	20,90	20,67	323,47	478,58	662,38	488,14
Ризоторфин	20,30	20,90	20,77	20,66	338,66	527,06	701,89	522,54
Оракул мультикомплекс	19,10	20,10	20,80	20,00	329,32	469,95	694,64	497,97
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	19,30	20,10	20,87	20,09	327,02	495,32	662,63	494,99
Лидер 10								
Контроль	17,20	17,90	18,50	17,87	206,13	403,08	546,44	385,22
Ризоторфин	18,10	18,00	18,83	18,31	241,87	451,09	553,85	415,60
Оракул мультикомплекс	17,00	17,60	18,40	17,67	217,94	417,31	558,67	397,97
Ризоторфин+Оракул мультикомплекс	17,00	17,40	18,53	17,64	192,47	395,69	557,16	381,77
х	18,53	19,11	19,70		272,11	454,76	617,21	

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительном влиянии Ризоторфина и некорневых подкормок микроудобрением Оракул мультикомплекс на рост и развитие новых сортов сои. Высота растения в среднем за 3 года увеличивалась на 4,15-11,41% у сорта Орлея и 5,98-13,90% у сорта Лидер 10. Причем наибольший эффект 11,00% и 14,00% у обоих сортов наблюдался при совместном применении инокуляции и Оракула мультикомплекс. В зависимости от обработки длина корня возрастала по сравнению с контролем у сорта Орлея на 5,74-9,72%, у сорта Лидер 10 на 6,90-15,34%.

Показатели надземной массы в среднем по вариантам были выше на 15,29% (Орлея) и 18,20% (Лидер 10), сухой массы корня – на 17,15% (Орлея) и 14,29% (Лидер 10), причем наиболее эффективным оказалось применение Оракул мультикомплекс: наибольшая сухая надземная масса составила 2,13 г/растение у Орлея и 2,6 г/растение у Лидера 10, сухая масса корня – 0,42 г/растение (Орлея) и 0,52 г/растение (Лидер 10).

Максимальное количество клубеньков 18,90 шт./растение и наибольшая сухая масса клубеньков 37,00 мг/растение сформировано у Орлея в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс; у Лидера 10 в варианте с инокуляцией – 18,97 шт./растение и в варианте с некорневой подкормкой – 48,64 мг/растение соответственно.

В среднем за 3 года обработка семян ризобиями и листовые подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс увеличивали количество продуктивных бобов на 24,52-65,88%, количество семян – от 28,82% до 67,28% в зависимости от варианта.

Лидер 10 в варианте Ризоторфин+Оракул мультикомплекс отличался максимальным количеством продуктивных бобов и семян, которое составило 52,40 шт. и 112,68 шт. соответственно. Максимальная урожайность в среднем за 3 года отмечена у сорта Орлея в варианте с Ризоторфином 2,74 т/га.

У сорта Лидер 10 максимальное содержание сырого протеина в зерне 45,83-46,33% в среднем за 3 года. В 2022 году концентрация сырого жира ниже на 0,58-1,17% по сравнению с 2023 и 2024 годами. В 2024 году сбор протеина и жира оказался выше, чем в 2022 и 2023 годах на 711,14 и 304,16 кг/га, 345,10-162,45 кг/га соответственно.

Установлена корреляция на высоком и среднем уровне между количеством клубеньков и урожайностью в 2022 году $r=0,85$ и 2023 $r=0,52$, между сухой массой клубеньков и содержанием белка в семенах сои в 2022 году $r=0,79$, в 2023 году $r=0,52$.

В 2024 году отмечена корреляция на среднем уровне между количеством клубеньков и содержанием белка $r=0,34$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Литература

1. Коломейченко В.В. Полевые и огородные культуры России / Т. 2. — Орел. Изд-во «А. Воробьёв», – 2015-2016. – 558 с.
2. Белявская Л.Г., Рыбальченко А.М. Скрининг коллекции сои по скороспелости и продуктивности в условиях Левобережной Лесостепи Украины. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 63-69. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11074.
3. Головина Е. В., Зотиков В. И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. – Орел: Изд-во ПФ «Картуш». – 2019. – 320 с
4. Панарина В.И. Соя в России: современное положение на рынке // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: Сборник материалов 11-й Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов, Краснодар, 25–26 февраля 2021 года. – Краснодар: Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта». – 2021. – С. 287-291. – DOI 10.25230/conf11-2021-287-291.
5. Бельшклина М.Е., Гуреева Е.В. Содержание и качество жира в семенах сои северного экотипа. // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21(184). – С. 15-23.
6. Вэй Ж., Черноситова Т.Н., Селихова О.А. Изменение агрохимических показателей в системе почва-растение в зависимости от способа посева сои. // Современные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной памяти почвовед-агрохимика кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Валентины Федоровны Прокопчук, Благовещенск, 23–24 октября 2019 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, – 2019. – С. 12-18.
7. Литвиненко О.В., Стаценко Е.С., Корнева Н. Ю. и др. Оценка биохимического состава соевого зерна в сравнительно-сортовом аспекте. // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10 (163). – С. 51-59.
8. 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. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-40-49
9. Зотиков В. И., Наумкина Т. С., Грядунова Н. В. и др. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 6-13
10. Парахин Н.В., Осин А.А., Осина В.С. Влияние двойной инокуляции на симбиоз, азотфиксацию, продуктивность и качество семян сои. // Вестник ОрелГАУ, - 2008. - № 3 (12). - С. 2-4.
11. Новиков В.М. Продуктивность гороха и сои в зависимости от основной обработки и минеральных удобрений. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 106-112.
12. Федотова Е.Н., Рысев М.Н., Волкова Е.С., Кусткова Т.А. Эффективность применения микробиологических препаратов и комплексного микроудобрения Аквадон Микро в полевом севообороте со льном-долгунцом. // Известия Великолукской ГСХА. – 2016. – № 4. – С. 19-24.
13. Храмой В.К., Бурлаков К.С. Влияние инокуляции семян на формирование симбиотического аппарата и развитие растений сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. // Материалы Междунар. науч. конф. «Агробиотехнология -2021», Москва, 24-25 ноября 2021. – С. 389-392.

14. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Семеренко С.А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. // 3-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг». – 2022. – 538 с.

References

1. Kolomeichenko V.V. Field and garden crops of Russia. Vol. 2. - Orel: A. Vorobyov Publ., 2015-2016, 558 p.
2. Belyavskaya L.G., Rybalchenko A.M. Screening of the soybean collection for precocity and productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-steppe of Ukraine. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no. 1(29), pp. 63-69, DOI 10.24411/2309-348X-2019-11074. (In Russian)
3. Golovina E.V., Zotikov V.I. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. Orel: «Kartush» Publ. 2019, 320 p. (In Russian)
4. Panarina V. I. Soy in Russia: the current situation on the market. Topical issues of biology, breeding, technology of cultivation and processing of agricultural crops : Collection of materials of the 11th All-Russian Conference of Young scientists and specialists, Krasnodar, February 25-26, 2021. Krasnodar: Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit". 2021, pp. 287-291, DOI 10.25230/conf11-2021-287-291 , EDN FUDREQ.
5. Belyshkina M. E., Gureeva E. V. The content and quality of fat in soybean seeds of the northern ecotype. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy*, 2020, no. 21(184), pp. 15-23. (In Russian)
6. Wei J., Chernositova T. N., Selikhova O. A. Changes in agrochemical parameters in the soil-plant system depending on the method of sowing soybeans. Modern problems of soil science, agrochemistry and ecology : collection of sci. articles based on the materials of the int. sci. and practical conf. dedicated to the memory of soil scientist-agrochemist cand. sci. agric., associate professor Valentina Prokopchuk, Blagoveshchensk, October 23-24, 2019, Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2019, pp. 12-18.
7. Litvinenko O.V., Statsenko E.S., Korneva N. Yu., etc. Evaluation of the biochemical composition of soybean grain in a comparative varietal aspect. *Vestnik KrasGAU*, 2020, no. 10(163), pp. 51-59. (In Russian)
8. Golovina E.V., Leukhina O.V. The effect of foliar top dressing on photosynthetic activity, symbiotic activity and productivity of new soybean varieties. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023; 1(45):40-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-40-49 (In Russian)
9. Zotikov V. I., Naumkina T. S., Grydunova N. V. et al. Leguminous crops are an important factor in sustainable ecologically oriented agriculture. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 1(17), pp. 6-13 (In Russian)
10. Parakhin N.V., Osin A.A., Osina V.S. The effect of double inoculation on symbiosis, nitrogen fixation, productivity and quality of soybean seeds. *Vestnik OrelGAU*, 2008, no. 3 (12), pp. 2-4. (In Russian)
11. Novikov V.M. Productivity of peas and soybeans depending on the main processing and mineral fertilizers. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no. 2 (6), pp. 106-112. (In Russian)
12. Fedotova E.N., Rysev M.N., Volkova E.S., Kustkova T.A. The effectiveness of the use of microbiological preparations and complex micronutrients Aquadon Micro in field crop rotation with flax. *Izvestiya Velikolukskoi GSKhA*, 2016, no. 4, pp. 19-24. (In Russian)
13. Khramoi V.K., Burlakov K.C. The influence of seed inoculation on the formation of the symbiotic apparatus and the development of soybean plants in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone // Materials of the International Scientific Conference "Agrobiotechnology - 2021", Moscow, November 24-25, 2021, pp. 389-392. (In Russian)
14. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A. Methodology of agrotechnical research in experiments with basic field crops. 3rd edition, revised and supplemented. Krasnodar : LLC "Prosveshchenie-Yug", 2022, 538 p. (In Russian)