
ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СИМБИОТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ СЕВЕРНОГО ЭКОТИПА

**Марина Евгеньевна Бельшкина¹
Виктор Александрович Шевченко²**

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
²Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева

В последние годы в России происходит масштабное расширение площадей посевов сои. Благодаря усилиям учёных по созданию сортов северного экотипа, эта ценная культура может возделываться на территориях до 56° с. ш. Для успешной интродукции сои в новые районы возделывания необходимо проводить мероприятия, которые способствуют адаптации культуры к местным почвенно-климатическим условиям. Всё большее внимание привлекают природные биорегуляторы, к которым относится биопрепарат Флоравит. Представлены результаты исследований, проведённых в 2015–2017 гг. на экспериментальной базе Лаборатории растениеводства РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева с целью определения оптимальной концентрации биопрепарата Флоравит для обработки вегетирующих растений сои (сорт Касатка), оценки компонентов структуры урожая, урожайности семян и сбора протеина с единицы площади. Обработка биопрепаратом производилась однократно водным раствором в трёх концентрациях: 0,4–0,5%, 0,5–0,6% и 0,6–0,7%, расход баковой смеси – 250–300 л/га (контрольный вариант – без обработки). В конце вегетационного периода проводился учёт продуктивности растений сои при разных вариантах обработки. Оценивались показатели структуры урожая (число плодов и семян с растения в перерасчёте на единицу площади, масса 1000 семян, урожайность семян), а также содержание белка в семенах и его сбор с гектара. В результате исследований установлено, что использование в качестве некорневой подкормки вегетирующих растений сои в фазе R1 «Начало цветения» биопрепарата Флоравит повышает урожайность культуры в среднем на 50,2%, содержание белка в семенах – на 13,3% и сбор протеина с гектара – на 70,2%. Повышение урожайности и качества зерна сои обусловлено активизацией симбиотической деятельности растений, большей устойчивостью к стрессовым условиям вегетационного периода и стимуляцией биохимических процессов при формировании генеративных органов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: соя северного экотипа, биологически активные препараты, Флоравит, компоненты урожая, урожайность семян, сбор протеина.

EFFECT OF TOPDRESSING ON THE SYMBIOTIC ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN OF NORTHERN ECOTYPE

**Marina E. Belyshkina¹
Viktor A. Shevchenko²**

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM
²Russian Timiryazev State Agrarian University

In recent years, Russia has been experiencing a large-scale expansion of soybean acreage. Thanks to the efforts of scientists to create varieties of northern ecotype, this valuable crop can be cultivated in areas up to 56° AD. For the successful introduction of soybean to new areas of cultivation, it is necessary to carry out measures that contribute to the adaptation of the crop to local soil and climatic conditions. More and more attention is drawn to natural bioregulators, which include the biological product Floravit. The results of research conducted in 2015–2017 are presented. on the experimental plots of the Plant Growing Laboratory of Russian Timiryazev State Agrarian University in order to determine the optimal concentration of the Floravit biological product for the treatment of vegetative soybean plants (Kasatka variety), to evaluate the components of the crop structure, seed yield and protein collection per unit area. Treatment with the biological product was performed once with an aqueous solution in three concentrations: 0.4–0.5%, 0.5–0.6%, and 0.6–0.7%, the consumption of the tank mixture is 250–300 L/ha (control variant is without treatment). At the end of the growing season, the productivity of soybean plants was taken into account on different

processing variants. The indicators of the crop structure (number of fruits and seeds per plant in terms of per unit area, thousand-seed weight, yield of seeds), as well as the protein content in seeds and its harvesting per hectare were evaluated. As a result of research, it was found that the use of Floravit as foliar fertilizing of vegetative soybean plants in the R1 «Beginning of flowering» phase increases crop yield by an average of 50.2%, the protein content in seeds by 13.3% and the protein collection per hectare by 70.2%. The increase in the yield and quality of soybean grain is due to the activation of the symbiotic activity of plants, greater resistance to the stressful conditions of the growing season and the stimulation of biochemical processes in the formation of generative organs.

KEYWORDS: soybean of northern ecotype, biologically active preparations, Floravit, crop components, seed yield, protein collection.

Введение
Соя – *Glycine max* (L.) Merr. – является перспективной сельскохозяйственной культурой, во многом благодаря высокой пищевой и кормовой ценности зерна. В семенах сои содержится до 50% белка, до 27% жира, до 30% углеводов, около 6% зольных элементов, в том числе кальций, фосфор, натрий, йод, молибден и др. В последние годы в нашей стране происходит масштабное расширение площадей посева сои. Так, в 2019 г. размеры посевных площадей под соей достигли 3083 тыс. га, а объемы производства – 4350 тыс. т, при этом средняя урожайность была на уровне 1,64 т/га [5, 6, 8].

Благодаря созданию сортов северного экотипа эта ценная культура может возделываться до 56° с. ш. Однако для успешной интродукции сои в новые районы возделывания необходимо проводить мероприятия, которые способствуют адаптации культуры к местным почвенно-климатическим условиям, так как историческим ареалом произрастания сои являются регионы с теплым и влажным муссонным климатом.

Ограничивающим фактором расширения площадей посевов сои в европейской части России является нестабильная урожайность, обусловленная неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода [2]. Знание биологических особенностей культуры, возможность управления продукционным процессом и применение ростстимулирующих препаратов позволят стабилизировать урожайность и повысить качественные характеристики семян [4, 10].

Препараты биологического происхождения при применении в минимальных дозах повышают устойчивость растений к неблагоприятным агроклиматическим условиям вегетационного периода, способствуют росту урожайности за счёт стимулирования защитных функций отдельного растения и агрофитоценоза в целом [14, 16].

Учитывая, что фотосинтетическая деятельность растений в посевах тесно связана с получением высокого урожая и возможностью управлять его формированием, весьма актуально изучение действия биологически активных препаратов на этот физиологический процесс. После обработки активизируются процессы нарастания листового аппарата вследствие усиления жизнеспособности листьев и продления срока их жизни. В листьях растений возрастает содержание пигментов, повышается продуктивность их работы и, как следствие, чистая продуктивность фотосинтеза [7, 13].

Регуляторы роста оказывают положительное воздействие и на формирование элементов структуры урожая: отмечается увеличение выхода полноценных бобов, массы семян с одного растения и массы 1000 семян. Значительно выражены различия с контролем без обработки в годы со стрессовыми факторами среды, например при повышенных температурах, особенно в критические для сои периоды, и в отсутствии осадков. Выявлено, что совместное применение биологически активных веществ и гербицидов приводит к снижению отрицательного воздействия последних на растения сои [12].

Применение синтетических пестицидов и агрохимикатов при выращивании сельскохозяйственных культур в современных агротехнологиях развито достаточно широко. Однако в настоящее время зарегистрировано небольшое количество препаратов природного происхождения. Многие синтетические препараты нарушают биоцено-

тические связи между почвой и растением, загрязняют окружающую среду. В последние годы все большее внимание учёных привлекают природные биорегуляторы.

Цель исследований заключалась в определении оптимальной концентрации препарата Флоравит для обработки вегетирующих растений сои, оценке компонентов структуры урожая, урожайности семян и сбора протеина с единицы площади.

Объекты и методы исследований

Полевой опыт закладывался в 2015–2017 гг. на экспериментальной базе Лаборатории растениеводства РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, легкосуглинистая. Мощность пахотного горизонта – 22–25 см, содержание гумуса (по Тюрину) – 2,5%, рН солевой вытяжки – 5,6–5,8. В пахотном горизонте содержалось 165–170 мг P₂O₅ (по Кирсанову) и 90–95 мг K₂O (по Масловой) на 1 кг почвы.

Агротехника в опыте – общепринятая для возделывания сои в регионе. Посев проводили при наступлении благоприятных погодных условий и необходимом прогревании почвы в конце первой – начале второй декады мая, семена в день посева обрабатывали ризоторфином.

Статистический анализ результатов выполнялся с использованием приложения Microsoft Excel и статистического пакета IBM SPSS Statistics.

Схема опыта включала следующие варианты:

- фактор А – соя северного экотипа, сорт Касатка [1];
- фактор Б – фаза вегетации сои, во время которой проводилась обработка: R1 «Начало цветения»;
- фактор В – концентрации раствора препарата Флоравит: 1) контроль – без обработки биопрепаратом; 2) 0,4–0,5%; 3) 0,5–0,6%; 4) 0,6–0,7%.

Препарат Флоравит (ТУ 9296-001-16968333, регистрационный №ПВР-2-4.1/02705 от 27.04.2011 г., производитель – ООО «Гелла-Фарма», г. Москва) представляет собой комплекс биологически активных веществ, продуцентом которых является гриб *Fusarium Sambusinum fückel F-3051D*. Флоравит получают из биологически активной добавки к пище Флоравит Э (водный раствор) путём дополнительной пастеризации и добавления консерванта бензоата натрия. Флоравит Э содержит органические кислоты (0,1–0,2%), полисахариды (0,4–0,5%), бензоат натрия (0,1%) и воду (до 100%). Флоравит имеет 100% экологическую безопасность для живых организмов и окружающей среды.

Ризоторфин (производитель – предприятие «ЭКОС» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии») представляет собой инокулянт на основе клубеньковых бактерий (активный штамм ризобий – 6346), предназначен для предпосевной обработки семян бобовых культур. Основу препарата составляют клубеньковые бактерии, которые способны вступать в симбиоз с бобовым растением. В результате на корнях образуются клубеньки, которые фиксируют молекулярный азот из воздуха и переводят его в доступную для растений форму. Для каждого вида бобовых растений используются специфические только для них и наиболее эффективные штаммы клубеньковых бактерий.

Результаты и их обсуждение

Многочисленными исследованиями сотрудников различных научно-исследовательских институтов (ФНАЦ ВИМ, ВНИИ сои), а также других научных и образовательных учреждений подтверждено положительное влияние применения внекорневых подкормок вегетирующих растений сои в фазы бутонизации – цветения с целью повышения их устойчивости к неблагоприятным факторам, увеличения урожайности и сбора белка с гектара [3, 9, 11].

В опытах применялась шкала микрофаз развития сои, разработанная американскими исследователями [15]. В этой шкале этапы вегетативного роста обозначаются буквой V: от VE – всходы до V_n – n узлов на главном стебле с полностью развитыми тройчатыми листьями. Фазы генеративного развития обозначаются буквой R: от R1 – начало цветения до R8 – полное созревание.

Обработка вегетирующих растений проводилась при наступлении фазы R1 «Начало цветения». В этот период формируются генеративные органы на растениях сои и появляется возможность оказать влияние на этот процесс и последующую продуктивность посева. Обработка биопрепаратом Флоравит проводилась однократно водным раствором в трёх концентрациях – 0,4–0,5%; 0,5–0,6% и 0,6–0,7%, расход баковой смеси составил 250–300 л/га. Для сравнения был контрольный вариант, на котором обработка не проводилась. В задачи исследований входило установить влияние биопрепарата Флоравит на симбиотическую деятельность растений, а также определить показатели продуктивности растений и выход белка с гектара.

Так как обработка ризоторфином, которая проводилась перед посевом, оказывает непосредственное влияние на функционирование симбиотического аппарата сои, в опытах провели учёт образования клубеньков на корнях растений. В результате эксперимента было выявлено существенное увеличение количества и массы клубеньков по сравнению с контролем на вариантах обработки 0,5–0,6% и 0,6–0,7% раствором (табл. 1). Между этими двумя вариантами разница была в пределах НСР₀₅, в то же время превышение контрольного варианта по количеству и массе клубеньков составило соответственно 22–27% и 20–26%.

Таблица 1. Количество и масса клубеньков, сформированных на посевах сои в среднем за 2015–2017 гг.

Вариант	Количество клубеньков, шт./м ²	% к контролю	Масса клубеньков, г/м ²	% к контролю
Контроль (без обработки биопрепаратом)	535	100	24,8	100
0,4–0,5% раствор	561	105	26,7	108
0,5–0,6% раствор	653	122	29,8	120
0,6–0,7% раствор	678	127	31,2	126
НСР ₀₅	28	-	1,6	-

В конце вегетационного периода проводился учёт продуктивности растений сои при разных вариантах обработки. Оценивались показатели структуры урожая (число плодов и семян с растения в перерасчёте на единицу площади, масса 1000 семян, урожайность семян), а также содержание белка в семенах и его сбор с гектара (табл. 2).

В ходе анализа выявлено, что количественные и качественные показатели урожая сои после обработки растений 0,4–0,5% раствором препарата Флоравит значительно уступали двум другим вариантам обработки и были ближе к контролю (без обработки). На вариантах обработки растений 0,5–0,6% и 0,6–0,7% растворами были отмечены приросты всех исследуемых показателей: в среднем по числу плодов – на 33–35%, по числу семян – на 26–28%, по урожайности – на 50–52% (по сравнению с контрольным вариантом).

В опытах большое внимание было уделено анализу влияния обработки вегетирующих растений препаратом Флоравит на содержание белка в семенах. Так, если на контрольном варианте содержание белка было в среднем на уровне 34–35%, то на варианте обработки 0,4–0,5% раствором это значение составило уже 37,9%. На вариантах обработки 0,5–0,6% и 0,6–0,7% растворами препарата значения этого показателя по годам колебались в пределах 39–40%, что превышало первый вариант на 5%, а контроль – на 16%.

Таблица 2. Урожайность семян, сбор протеина и компоненты урожая, в среднем за 2015–2017 гг.

Выходные данные	Ед. изм.	Контроль (без обработки)	0,4–0,5% раствор	0,5–0,6% раствор	0,6–0,7% раствор	НСР ₀₅
Число плодов	шт./м ²	220	263	297	294	14
Число семян	шт./м ²	714	805	912	894	23
Масса 1000 семян	г	148	181	214	218	8
Урожайность семян	т/га	2,85	3,72	4,28	4,34	0,21
Содержание белка в семенах	%	34,6	37,9	39,2	39,4	0,34
Сбор протеина с урожаем семян	кг/га	986	1410	1678	1710	56

Так как существенной разницы между вариантами обработки 0,5–0,6% и 0,6–0,7% растворами препарата не было выявлено, к применению рекомендуется меньшая концентрация (0,5–0,6%) с более экономичным расходом препарата. В таблице 3 приведены значения анализируемых показателей в сравнении между выбранным вариантом обработки вегетирующих растений препаратом Флоравит и контрольным.

Таблица 3. Урожайность семян, сбор протеина и компоненты урожая, прибавка в среднем за 3 года

Выходные данные	Ед. изм.	Контроль (без обработки)	0,5–0,6% раствор	Прибавка, %
Число плодов	шт./м ²	220	297	35,0
Число семян	шт./м ²	714	912	27,7
Масса 1000 семян	г	148	214	44,6
Урожайность семян	т/га	2,85	4,28	50,2
Содержание белка в семенах	%	34,6	39,2	13,3
Сбор протеина с урожаем семян	кг/га	986	1678	70,2

Было установлено, что в среднем за 3 года исследований на варианте обработки растений 0,5–0,6% раствором препарата Флоравит прибавка урожайности семян составляла 50,2%, содержание белка в семенах было выше на 13,3%, а сбор протеина с гектара – на 70,2%.

Заключение

Использование в качестве некорневой подкормки вегетирующих растений сои в фазе R1 «Начало цветения» биопрепарата Флоравит в концентрации 0,5–0,6% при расходе баковой смеси 250–300 л/га повышает урожайность культуры в среднем на 50,2%, содержание белка в семенах – на 13,3%, что в целом обеспечивает увеличение сбора протеина с гектара на 70,2%.

Повышение урожайности и качества зерна сои обусловлено активизацией симбиотической деятельности растений, большей устойчивостью к стрессовым условиям вегетационного периода и стимуляцией биохимических процессов при формировании генеративных органов.

Библиографический список

1. Бельшклина М.Е. Урожайность и элементы структуры урожая ультраскороспелого сорта сои Касатка при разных способах посева и густоте стояния растений / М.Е. Бельшклина, Г.Г. Гатаулина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 6. – С. 51–54.
2. Влияние скороспелости на время сбора урожая и урожайность сои (*Glycine max*) в Северо-Западной Германии / Д. Трауц, Т. Зурайде, Б. Хьюзинг, М.Е. Бергара // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2 (30). – С. 36–38.
3. Гуреева Е.В. Применение биопрепаратов для повышения урожайности сои / Е.В. Гуреева // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. – 2016. – № 9. – С. 166–169.

4. Демьянова-Рой Г.Б. Влияние росторегулирующих веществ на урожайность сортов сои и элементы ее структуры в условиях Северо-Западного региона / Г.Б. Демьянова-Рой, Е.Б. Борцова // *Достижения науки и техники АПК*. – 2014. – № 2. – С. 36–38.
5. Дорохов А.С. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития / А.С. Дорохов, М.Е. Бельшклина, К.К. Большова // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 3 (47). – С. 25–33.
6. Зайцев Н.И. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения / Н.И. Зайцев, Н.И. Бочкарев, С.В. Зеленцов // *Масличные культуры*. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 2 (166). – С. 3–11.
7. Записоцкий Д.Н. Фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от применения в технологии ее возделывания регуляторов роста / Д.Н. Записоцкий, А.Я. Барчукова // *Плодородие*. – 2018. – № 6 (105). – С. 26–28.
8. Линников П.И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития // *Аграрный научный журнал*. – 2018. – № 10. – С. 81–86.
9. Михайлова М.П. Роль биологически активных веществ в повышении качества семян сои / М.П. Михайлова, В.Т. Синеговская // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 72. – С. 280–283.
10. Попова Н.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н.П. Попова, М.Е. Бельшклина, Т.П. Кобозева // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 1. – С. 104–108.
11. Роль некорневых подкормок в продукционном процессе агрофитоценозов сои и формировании жизнеспособности семян / В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин, А.Т.К. Уго, А.В. Щегольков // *Масличные культуры*. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2013. – № 1 (153–154). – С. 40–48.
12. Синеговская В.Т. Влияние гербицидов на фотосинтетическую деятельность и ферментативную активность листового аппарата сои / В.Т. Синеговская, О.С. Душко, Е.В. Журавлева // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. – 2019. – № 132. – С. 149–156.
13. Урожай и качество зернопродукции сои в зависимости от удобрений и норм высева семян / В.А. Федотов, Н.А. Макарова, Т.П. Некрасова, Н.В. Подлесных // *Аграрная наука*. – 2017. – № 9–10. – С. 20–23.
14. Эффективность экологически безопасных агроприемов при возделывании сои / Е.В. Головина, В.И. Зотиков, С.Н. Агаркова, В.В. Гришечкин // *Земледелие*. – 2015. – № 4. – С. 21–23.
15. Egli D.B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set / D.B. Egli // *Crop Science*. – 2010. – Vol. 50. – Pp. 1971–1977.
16. Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids / S. Kocira, M. Koszel, A. Szparaga, A. Kocira, E. Czerwińska, A. Wójtowicz, U. Bronowicka-Mielniczuk, P. Findura // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 388.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Марина Евгеньевна Бельшклина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Россия, г. Москва, e-mail: bely-mari@yandex.ru.

Виктор Александрович Шевченко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: vimsoya@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 12.11.2020

Дата принятия к печати 26.12.2020

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Marina E. Belyshkina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Laboratory for Forecasting the Development of Machinery and Technology Systems in Agriculture, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Russia, Moscow, e-mail: vimsoya@yandex.ru.

Viktor A. Shevchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, the Dept. of Crop Production and Grassland Ecosystems, Russian Timiryazev State Agrarian University, Russia, Moscow, e-mail: vimsoya@yandex.ru.

Received November 12, 2020

Accepted after revision December 26, 2020