

УДК 631.87

DOI:10.35330/1991-6639-2020-2-94-55-65

РОЛЬ БАКТЕРИАЛЬНО-ГРИБНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ СОИ В ЗАСУШЛИВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РАВНИННОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

А.М. ЛЕШКЕНОВ, Т.П. БИЖОЕВА

Институт сельского хозяйства – филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии
наук» 360004, КБР, г. Нальчик, ул. Кирова, 224 E-mail:
kbniish2007@yandex.ru

*Представлены результаты производственного опыта, проведенного на темно-каштановой почве с. п. Учебное Прохладненского района Кабардино-Балкарской Республики по изучению инновационных удобрительных приемов, заключающихся в применении разных доз бактериально-грибного комплекса, представляющего собой смесь биопрепаратов на основе двух видов агрономически полезных микроорганизмов: **трихозана** – на основе почвенного гриба-антагониста рода *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, и **витопланкж** – на основе бактерии *Pseudomonas fluorescense*, штамм AP-33. Комплекс вносили на фоне ферментированного гранулированного органического удобрения на посевах сои Вилана. В неблагоприятных засушливых условиях вегетационного периода 2018 г. (ГТК=0,72) применение гранулированного органического удобрения оказалось малоэффективным и обеспечило урожайность сои всего 8,1 ц/га. При этом достигнут высокий эффект от применяемых бактериальных удобрений в условиях недостаточной влагообеспеченности: увеличение урожайности культуры на 13-18 ц/га по сравнению с фоновым (контрольным) вариантом, значительное улучшение качества получаемой продукции (увеличение массы 1000 семян и содержания протеина), достигнута желаемая высота завязывания нижних бобов, улучшение других структурных показателей формирования урожайности и окупаемость 1 рубля дополнительных затрат 14,3 рублями стоимости дополнительной продукции.*

Ключевые слова: соя, урожайность, бактериально-грибной комплекс, ферментированное органическое удобрение, содержание протеина, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Соя – одна из богатейших белком сельскохозяйственных культур, используется для питания, кормления сельскохозяйственных животных и технической переработки. Характерной особенностью сои, как и других зернобобовых, является ее способность фиксировать азот воздуха при помощи клубеньковых бактерий. Благодаря этому она является одним из лучших предшественников для многих сельскохозяйственных культур,

так как улучшает физические и агрохимические свойства почвы, обогащая её биологическим азотом и разрыхляя, что способствует лучшему проникновению влаги, экономному её расходованию и повышению урожая последующих культур севооборота.

Соя как культура с уникальными биологическими особенностями, с высоким содержанием белка в зеленой массе, с содержанием в семенах до 22% масла и до 45% белка [1, 2] играет основную роль в решении проблемы недостатка белка в питании человека и при кормлении животных путем увеличения производства растительного белка. Что особенно важно, растительные белки для сельскохозяйственных животных служат единственными источниками обеспечения их необходимыми аминокислотами.

Посевные площади сои, по данным Росстата, в 2018 году составили 2 919,0 тыс.га. За год, с 2017 г., они увеличились на 10,7% (на 283,2 тыс.га), за 5 лет – на 90,0% (на 1 382,3 тыс.га), за 10 лет – на 290,1% (на 2 170,8 тыс.га). По отношению к 2001 году площади под соей увеличились в 6,3 раза (на 2 502, тыс.га). Валовый сбор семян возрос с 340 до 4250 тыс.т. Однако средняя урожайность сои по стране равнялась 7,4 ц/га, в то время как потенциальная урожайность сортов составляла 30-45 ц/га.

Таким образом, повышение продуктивности сои, увеличение содержания белка в семенах является первоочередной задачей при широкомасштабном внедрении сои и возможно лишь при внедрении технологии интенсивного типа [1-3]. Резервом повышения урожайности и стабильности производства сои является использование продуктивных сортов культуры и препаратов защитно-стимулирующего действия, ускоряющих прохождение фаз развития, повышающих адаптацию, антистрессовую активность сои и устойчивость к биотическим и абиотическим факторам в разных агроклиматических условиях [1-5]. Успех в решении этой задачи заключается в поиске новых средств и методов, позволяющих создавать наилучшие условия для реализации генетического потенциала сорта. Это могут быть новые виды удобрений на основе органических, органоминеральных и микробиологических компонентов, препараты на основе агрономически полезных групп микроорганизмов и агротехнические приёмы с целью регулирования и оптимизации направления деятельности почвенной микробиоты.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В производственном полевом опыте, проведенном на темно-каштановой почве с.п. Учебное Прохладненского района Кабардино-Балкарии, изучали комплексное влияние инновационных удобрительных приёмов в экстремально засушливых условиях 2018 года (ГТК в период вегетации равнялся 0,72) на урожайность и качество сои сорта Вилана.

Периодическая засушливость климата равнинной части Центрального Предкавказья является главной причиной неустойчивости урожаев, валовых сборов зерна и другой сельскохозяйственной продукции и, следовательно, продуктивности возделываемых культур. Температурный режим, сумма осадков, влажность приземного слоя воздуха и другие факторы оказывают влияние на рост, развитие и урожайность культурных растений

в неорошаемых условиях, что подтверждается собственными длительными исследованиями и работами других авторов [6-9].

Климатические условия вегетационного периода 2018 года были неблагоприятными для роста и развития яровых полевых культур, в том числе и сои. С апреля по август выпало 283,7 мм осадков при среднем их количестве за 60-летний наблюдаемый период 291,7 мм. Температурные показатели в летние месяцы были на 1,4-3,7° выше средних многолетних температур, что значительно ускоряло транспирацию растений, испарение влаги с поверхности почвы и способствовало созданию дефицита влаги. При сравнении показателей среднесуточной температуры воздуха за 2018 год с имеющимися среднесуточными показателями за 60-летний период (1950-2010 гг.) видно, что они на 10-19% больше. Так, среднесуточная температура воздуха за 2018 год составила 12,2° при показателе среднесуточной температуры воздуха за 60 лет – 10,1°. Показатели относительной влажности воздуха во все месяцы вегетации были меньше среднемноголетних величин. В июле и августе более чем в 63% случаев отмечались показатели менее 35%, что являлось свидетельством значительной воздушной засухи. Значение гидротермического коэффициента – 0,72 также обязывает оценить вегетационный период 2018 года по влагообеспеченности как засушливый.

В опыте в качестве элементов засухоустойчивой технологии были апробированы два приема: 1 – припосевное – рядковое внесение гранулированного органического удобрения (ГОУ) в норме 100 кг/га, которое в качестве фона было применено во всех вариантах опыта. Гранулированное органическое удобрение представляло собой ферментированный птичий помёт, высоко гумифицированный. Его состав: сухое органическое вещество – 78% со средним содержанием N – 1,5%, P – 1,5%, K – 1,5%, содержание гуминовых и фульвокислот – до 20%, микроорганизмы *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas saspleni*, *Azotobacter chroococcum*. Второй прием – предпосевная обработка почвы за 5-7 дней до посева комплексом бактериально-грибных препаратов с заделкой культиватором. Бактериально-грибной комплекс (БГК) представлял собой смесь биопрепаратов в соотношении 1:1 на основе двух видов агрономически полезных микроорганизмов: **трихозан** – на основе почвенного гриба-антагониста рода *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* и **витопланкж** – на основе бактерии *Pseudomonas fluorescence*, штамм AP-33.

Цель исследований – изучить влияние разных доз бактериально-грибного комплекса на фоне гранулированного органического удобрения на урожайность и качество зерна сои при выращивании в неорошаемых условиях равнинной части Центрального Предкавказья.

Схема опыта включала 4 варианта в двукратном повторении:

Вариант 1. Контроль – фон, ГОУ – 100 кг/га, без внесения БГК.

Вариант 2. ГОУ – 100 кг/га + БГК–2,0 л/га (трихозан, 1,0 л/га+витопланкж, 1,0 л/га).

Вариант 3. ГОУ – 100 кг/га + БГК – 3,0 л/га (трихозан, 1,5,0 л/га+витопланкж, 1,5 л/га).

Вариант 4. ГОУ – 100 кг/га +БГК – 4,0 л/га (трихозан, 2,0 л/га+витопланкж, 2,0 л/га).

Площадь каждого варианта составляла 10,0 га. Всего делянок – 8. Площадь всего производственного опыта с защитными полосами и дорогами – 82,0 га.

Опытный участок располагался на темно-каштановых карбонатных тяжелосуглинистых почвах со средней мощностью гумусового горизонта 35-43 см и содержанием гумуса в пахотном слое 3-4%, содержание подвижного фосфора в почве очень низкое – менее 1,4 мг/100 г почвы, доступного калия высокое – более 33 мг/100 г почвы (по Мачигину).

Возделываемый сорт сои–Вилана, 1 репродукции, масса 1000семян составляла 150 г. Посев сои проведен в оптимальные сроки – 28 апреля 2018 г. широкорядным способом с шириной междурядий 70 см итальянской сеялкой марки Gaspardo, нормой высева 70 кг/га. Семена сои имели всхожесть около 70-80%, было высеяно 326-373 тыс. семян/га. Густота растений к уборке составила 220-230 тыс. шт./га. Предпосевная обработка почвы бактериально-грибным комплексом была проведена за 7 дней до начала сева, гранулированное органическое удобрение было внесено при посеве культуры в рядки. Для внесения активных штаммов агрономически ценных групп микроорганизмов использовали стандартный прицепной опрыскиватель. Норма расхода рабочей жидкости составляла 180 л/га.

Агротехнические приемы ухода и система защиты растений сои были стандартными. Степень засоренности опытного поля оказалась сильной – 55-70 шт. сорных растений/м², сорняки заглушали культурные растения. В посеве преобладали следующие виды сорняков: гумай, пырей ползучий, свинорой, горчица полевая, марь белая, вьюнок полевой, амброзия полыннолистная, осот полевой, бодяк полевой, подмареник цепкий, дурнишник обыкновенный. Первоначально для борьбы с сорными растениями планировались только агротехнические приемы – боронование ротационной мотыгой и междурядные культивации. Но их применение при такой засоренности было явно недостаточным, что не позволило отказаться от химических средств защиты растений.



Рис. 1. Используемая техника для биологического обогащения почвы



Рис. 2. Засоренность сои перед применением гербицидов

Были проведены две обработки гербицидами против сорной растительности. Первая – в третьей декаде мая (23.05.2018 г.) противозлаковым гербицидом Зелек Супер с нормой расхода 1,0 л/га + микробиологическое удобрение Экстрасол – 1,0 л/га для снятия пестицидного стресса и стимуляции роста. Вторая – через две недели (06.06.2018 г.) в фазе 3-5 листьев двудольных сорняков гербицидом Фабиан в норме 0,1 кг/га + Азолен-Ж – 1,0 л/га. Азолен-Ж – биопрепарат на основе бактерий *Azotobacter vinelandii* ИБ-4, обладает фунгицидными и ростостимулирующими свойствами, высоким уровнем нитрогеназной активности. Для снятия пестицидного стресса на растения сои в баковой смеси использовали антистрессанты ферментного происхождения, являющиеся также инновационным приемом повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды.

Для борьбы с хлопковой совкой использовали прием биологической защиты растений. В период массовой откладки яиц (31.06.2018 г.) выпустили двойную норму трихограммы – 200 тыс.ос/га. Приём показал высокую эффективность в борьбе с хлопковой совкой, ко времени уборки количество поврежденных бобов составляло менее 1%.



Рис. 3. Состояние посевов после первой и второй обработки гербицидами

За 7 дней до планируемой даты уборки посевы были обработаны десикантом Реглон Супер с нормой 1,0 л/га. Внесение препарата провели с помощью малой авиации с расходом

рабочей жидкости 6,0 л/га. Уборку сои произвели 5 сентября 2018 г. Способ учета – сплошной прямым комбайнированием на учетной площади комбайном New Holland. Уборочная влажность сои составляла 8,1-10,8%. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [11]. Учеты и наблюдения проводили в соответствии с действующими методиками [12-13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учет урожайности сои в вариантах опыта показал, что по отношению к контрольному варианту все дозы бактериально-грибного комплекса, внесенные в почву, на фоне ферментированного органического удобрения привели к повышению урожайности культуры.

Таблица 1

Влияние БГК на урожайность сои Вилана и показатели ее качества

Варианты	Наименование	Урожай при 14% вл, ц/га	Влажность, %	Масса 1000 семян, г	Протеин, %	Сбор сырого протеина, кг/га
1	Контроль, ГОУ – 100 кг/га	8,0	8,1	137,9	34,3	2778,3
2	ГОУ + БГК – 2,0 л/га	21,5	8,3	158,7	35,4	7611,0
3	ГОУ + БГК – 3,0 л/га	24,5	8,2	152,7	35,7	8746,5
4	ГОУ + БГК – 4,0 л/га	26,4	8,6	153,3	36,3	9583,2
НСР ₀₅	=	1,3	S _{x%} = 1,39			



Рис. 4. Посевы сои во время уборки

В контрольном варианте 1 при применении гранулированного органического удобрения без внесения биопрепаратов была получена самая низкая урожайность сои в опыте – 8,1 ц/га (табл. 1). Необходимо сказать о том, что участок, на котором проводился производственный опыт, в предыдущие годы не был включен в севооборот, а в 2017 году вообще не обрабатывался. Характеризовался низким плодородием, плотностью сложения более 1,37-1,48 г/см³, наличием большого количества сорных растений. На опытном участке в конце 2017 г. и перед посевом в 2018 г. были проведены все необходимые агротехнические

приемы – основная обработка почвы, планировка зяби, предпосевная культивация, послепосевное прикатывание. Несмотря на соблюдение агротехники, гранулированное органическое удобрение (ГОУ), внесенное в рядки, оказалось малоэффективным вследствие недостаточной влагообеспеченности растений.

Наибольшая урожайность сои была достигнута в варианте 4, где применили БГК в дозе 4,0 л/га, она составила 26,4 ц/га. В варианте 3 при применении 3,0 л/га биопрепаратов получена урожайность 24,5 ц/га. В варианте 2 при применении минимальной дозы БГК (2,0 л/га) урожайность составила 21,5 ц/га, то есть на 4,9 ц/га меньше, чем при использовании двойной нормы биопрепарата.

Относительно небольшая стоимость применяемых бактериальных средств окупалась во всех вариантах с возрастающими дозами биопрепаратов. Множественные наблюдения в области применения минеральных удобрений свидетельствовали об ограничении отзывчивости культурных растений на возрастающие их дозы [9]. При применении биопрепаратов с увеличением нормы внесения биопрепарата наблюдалось увеличение урожайности сои, при этом окупаемость затрат при удвоении нормы биопрепарата была больше, чем при первой его эффективной норме, что подтверждается данными других исследователей [10]. Окупаемость же 1 руб. затрат на приобретение БГК при увеличении применяемой дозы с 2,0 до 4,0 л/га несколько уменьшалась: с 36,9 до 29,0 руб. в стоимостном выражении прибавки продукции, что отмечалось в других работах [8, 10].

Селекционеры, занимающиеся селекцией сои, стараются закрепить способность культуры завязывать нижние бобы на оптимальной высоте. Это свойство сорта позволяет собрать максимально возможный урожай, не оставляя на поле бобы, которые не способна захватить жатка комбайна.

Таблица 2

ОКУПАЕМОСТЬ ЗАТРАТ НА ВОЗРАСТАЮЩИЕ ДОЗЫ БИОПРЕПАРАТОВ

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Затраты, руб./га	Стоимость прибавки (при цене 26 руб./кг)	Окупаемость 1 рубля затрат прибавкой урожая, руб.	
					общих затрат	дополнительных затрат на БГК
Вариант 1	8,0	-	1700	-	-	-
Вариант 2	21,5	13,5	2650	35100	13,2	36,9
Вариант 3	24,5	16,5	3000	42900	14,3	33,0
Вариант 4	26,4	18,4	3350	47840	14,3	29,0

Стимуляция ускоренного роста растений на раннем этапе развития за счет действия бактериальных препаратов позволила достичь данного эффекта в опытных посевах сои. В итоге была сформирована высокая и мощная вегетативная масса, защищающая междурядья от перегрева и способствующая завязыванию нижних бобов на уровне или выше уровня захвата жатки комбайна – 15-18 см от поверхности почвы (рис. 6). Высота завязывания нижних бобов в контрольном варианте изменялась от 7 до 11 см (рис. 6), потери зерна без внесения БГК достигали 160 кг/га, о чем свидетельствовали результаты учета после уборки

комбайном, общая стоимость потерь составила 4160 руб./га. Данная сумма покрывает все расходы на приобретение и внесение инновационных продуктов бактериально-грибного комплекса в почву + антистрессанта в баковую смесь в двухкратном размере.

Таблица 3

Влияние БГК на структуру урожая сои сорта Вилана (2018 г.)

Варианты	Наименование	Высота растений, см	На растении, шт.			Масса семян с 1-го растения, г
			ветвей	бобов	семян	
1	Контроль, ГОУ – 100 кг/га	57,3	1,1	22,1	57,9	7,9
2	ГОУ + БГК – 2,0 л/га	78,6	1,8	43,9	96,8	15,2
3	ГОУ + БГК – 3,0 л/га	91,2	2,6	51,5	122,7	18,5
4	ГОУ + БГК – 4,0 л/га	110,4	2,9	54,6	131,5	19,6
НСР ₀₅		4,6	0,1	2,8	7,4	0,6



Рис. 5. Смыкание рядов сои на опытном поле

Применение бактериально-грибного комплекса на фоне ГОУ увеличило массу 1000 семян сои на 14,8-20,8 г, содержание протеина – на 1,1-2,0%, что существенно увеличивает сбор сырого протеина с 1 гектара. В результате действия препаратов отмечалось стимулирование образования бобов, формирование семян (табл. 3). С повышением дозы бактериальных препаратов возрастала урожайность сои. Наибольшее количество бобов и их озерненность отмечены при внесении 4,0 л/га БГК. В этом же варианте определена высокая экономическая эффективность применения бактериально-грибного комплекса, внесенного в почву перед посевом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствовали, что применение бактериальногрибного комплекса (БГК), состоящего из смеси биопрепаратов в соотношении 1:1: **трихозана** – на основе почвенного гриба-антагониста рода *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* и **витопланкж** – на основе бактерии *Pseudomonas fluorescense*, штамм AP-33, перед посевом сои усилило ростовые и формообразовательные процессы культуры и положительно сказалось на получении большей, чем в контроле (без применения БГК), урожайности.

Внесение БГК на фоне других агротехнических приемов, производимых во всех вариантах опыта одновременно для соблюдения принципа единственного различия, однозначно позволило получить достаточно высокие урожаи сои Вилана (21,5-26,4 ц/га) даже при неблагоприятных климатических условиях года, которые превосходили урожайность сои в контрольном варианте в 2,7-3,3 раза, улучшали при этом качество зерна и были экономически выгодными. Эффективность действия БГК определялась положительным влиянием комплекса на рост и развитие вегетативной массы растений сои, урожайность культуры и структурные составляющие урожайности за счет возрастания основных компонентов урожая – увеличения ветвления, возрастания числа бобов и семян, массы семян с растения. Необходимо отметить, что лучший уровень урожайности и других показателей получен при внесении бактериально-грибного комплекса в дозе 4,0 л/га (трихозан, 2,0 л/га+витопланкж, 2,0 л/га). Учитывая экономические показатели, в частности окупаемость затрат, для производственных условий наиболее подходящим является применение БГК в норме 3 л/га, несмотря на снижение урожайности сои на 1,9 ц/га в этом случае по сравнению с использованием 4 л/га.

16-17 см от поверхности

7-11 см от поверхности



Рис. 6. Формирование бобов на растениях



Рис. 7. Низкое формирование бобов в контрольном варианте

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.Ф. Соя, биология и технология возделывания. Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 2005. 435 с.
2. Шабалдас О.Г., Зайцев Н.И., Пимонов К.И., Устарханова Э.Г., Голубь А.С. Продуктивность сортов сои различных групп спелости в условиях восточной зоны Краснодарского края // Земледелие. 2019. № 7. С. 38-40.
3. Ширинян О.М. Соя. Новые сорта и технологии. Краснодар, 2012. 24 с.
4. Заостровных В.И., Дубовицкая Л.К. Севообороты и борьба с болезнями и вредителями на посевах сои // Земледелие. 2005. № 1. С. 35-36.
5. Алтухова Т.В., Гиневский Н.К., Пономарев Г.В. Пульсар на посевах сои // Земледелие. 2005. С. 32-33.
6. Шаповал О.А., Прусакова Л.Д., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений // Защита и карантин растений. 2008. № 12. С. 31.
7. Баранов В.Ф., Корреа У.Т. Сортовая специфика возделывания сои. Краснодар: ВНИИМК, 2007. 24 с.
8. Лифаненкова Т.П., Бижоев Р.В., Бижоев М.В. Мониторинг плодородия чернозёма обыкновенного при длительном орошении и применении систем удобрения в агроландшафтном земледелии Кабардино-Балкарии // Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федераций (к 70-летию Геосети). Москва, 2011. С. 352-368.
9. Лифаненкова Т.П., Бижоев Р.В. Влияние систематического применения удобрений в условиях богары и при длительном орошении на урожайность культур, продуктивность зернотравянопропашного севооборота и плодородие чернозема обыкновенного карбонатного в агроландшафтном земледелии Центрального Предкавказья // Агрохимия. 2018. № 4. С. 3-17.
10. Мухина М.Т. Применение регуляторов роста комплексного действия на урожайность и качество зерна сои сорта Вилана: материалы 49-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии». М.: ВНИИА, 2015. С. 149-152.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1973. 336 с.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под общей редакцией Федина М.А. Вып. 1. М.: Колос, 1985. 264 с.
13. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общей редакцией Лукомца В.М. Краснодар: ООО РИА «АлВИ – дизайн», 2010. 328 с.

Работа поступила 02.03.2020 г.