

На правах рукописи

ГАДЖИУМАРОВ РАСУЛ ГАДЖИУМАРОВИЧ

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

06.01.01. – Общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь
2019

Работа выполнена в ФГБНУ
«Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

Научный руководитель: **Дридигер Виктор Корнеевич,**
руководитель научного направления
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Тишков Николай Михайлович,**
заведующий агротехнологическим
отделом ФГБНУ «Федеральный научный
центр «Всероссийский научно-исследователь-
ский институт масличных культур
имени В. С. Пустовойта»,
доктор сельскохозяйственных наук

Кулинич Роман Алексеевич,
заведующий лабораторией семеноводства
и сортоизучения новых генотипов
ФГБУН «Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Крыма»,
кандидат сельскохозяйственных наук

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный
научный центр зернобобовых
и крупяных культур»**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2019 г. в ____ ча-
сов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО
«Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу:
355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, аудитория № 3, тел/факс
(8652) 34-58-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО
«Ставропольский государственный аграрный университет», а с авто-
рефератом – на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии
<http://vak.ed.gov.ru> и на официальном сайте университета: www.stgau.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук

Фаизова Вера Ивановна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Соя является ценной сельскохозяйственной культурой, содержащей большое количество богатого по аминокислотному составу белка, жира, углеводов и витаминов, что позволяет продукты её переработки широко использовать в пищу, на корм животным, в фармакологии и других отраслях. Поэтому в мире спрос на сою непрерывно возрастает.

Большой вклад в разработку и совершенствование технологии возделывания сои в Ставропольском крае внесли В. М. Пенчуков, В. В. Агеев, А. У. Каппушев, П. В. Ключин, Н. В. Медяников, Н. Ф. Гринёв и другие учёные. Ими изучены сорта сои и определены их группы спелости, установлены лучшие предшественники и способы основной и предпосевной обработки почвы, определены оптимальные сроки, способы посева и нормы высева семян, разработаны системы удобрений и защиты посевов от сорняков, вредителей и болезней.

Однако существующая технология возделывания сои с обязательной обработкой почвы довольно затратна, когда на подготовку почвы к посеву расходуется до 30 % и более общих затрат и большая часть из них приходится на горюче-смазочные материалы, которые с каждым годом дорожают. Поэтому большой научный и практический интерес вызывает возможность и эффективность возделывания сои без обработки почвы (технология No-till) на чернозёме обыкновенном с применением различных доз минеральных удобрений.

Цель исследований – установить влияние рекомендованной научными учреждениями технологии и технологии возделывания сои без обработки почвы с внесением различных доз минеральных удобрений на её урожайность и агрофизические свойства чернозема обыкновенного зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Задачи исследований:

– установить изменение агрофизических, химических и биологических свойств почвы в зависимости от технологии возделывания сои и удобрений на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья;

– изучить влияние удобрений на рост, развитие и урожайность сои при ее возделывании по рекомендованной технологии и технологии без обработки почвы;

– определить экономическую эффективность рекомендованной технологии и технологии возделывания сои без обработки почвы в зависимости от доз внесения минеральных удобрений.

Научная новизна и теоретическая значимость работы состоит в том, что впервые в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Пред-

кавказья изучено влияние технологии возделывания сои без обработки почвы в зависимости от доз внесения минеральных удобрений на её рост, развитие, урожайность и агрофизические, химические и биологические свойства чернозема обыкновенного, а также дана экономическая оценка изученных агроприемов.

Практическая значимость. В результате полевых и лабораторных исследований производству рекомендована наиболее эффективная технология возделывания сои в зависимости от применения удобрений на черноземе обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Результаты исследований внедрены в ООО «Кавказ» Кировского района Ставропольского края на площади 200 га с годовым экономическим эффектом 722 тыс. руб.

Методология и методы исследований основаны на обзоре отечественной и иностранной научной литературы; проведении полевых опытов, наблюдений, лабораторных исследований; статистической обработке экспериментальных данных; анализе полученных результатов и их интерпретации. При проведении исследований применялись общепринятые методики и ГОСТы.

Основные положения, выносимые на защиту:

– при возделывании сои без обработки почвы в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья не происходит переуплотнения чернозёма обыкновенного, в почве накапливается большее количество продуктивной влаги;

– на чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья внесение минеральных удобрений перед посевом и совместно с семенами при посеве сои приводит к достоверному снижению её урожайности по обеим технологиям;

– при возделывании сои на чернозёме обыкновенном экономически более выгодным является технология без обработки почвы без внесения минеральных удобрений.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается экспериментальными данными, полученными в многолетних полевых опытах и лабораторных анализах с использованием методов корреляционной и дисперсионной обработки результатов исследований и положительным эффектом внедрения в производство.

Апробация работы. Материалы диссертации ежегодно (2015–2017 гг.) докладывались методической комиссии Северо-Кавказского ФНАЦ, а также освещались на международных (Ставрополь, 2015; Солёное Займище, 2016; Волгоград, 2016; Ставрополь, 2018) и всероссийских научно-практических конференциях (Краснодар, 2017; Анапа, 2018).

По материалам исследований опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 входит в базу данных Web of Science, 4 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав, заключения, предложений производству и приложений. Иллюстрационный материал включает 50 таблиц, 7 рисунков и графиков и 27 приложений. Список литературы содержит 180 наименований, в том числе 4 иностранных.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2015–2017 гг. на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (ранее ФГБНУ «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»), расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Сумма эффективных температур здесь составляет 3300–3650 °С, средняя многолетняя сумма осадков – 511–636 мм, в том числе за вегетационный период выпадает 400–450 мм. Гидротермический коэффициент 1,00–1,09.

Особенностью всех годов исследований являлось обильное выпадение осадков в мае и их острый дефицит в августе. Августовская засуха отрицательно влияла на урожайность сои, у которой в это время проходило цветение и налив бобов. Самым засушливым был 2015 год, когда за год выпало 528 мм осадков, самым увлажнённым 2016 год – 649 мм. В 2017 году большинство осадков пришлось на первую половину вегетации сои, а в августе выпало всего 12 мм, что в 4 раза меньше нормы. Все три года были теплее обычного на 1,7–2,2 °С.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесильно гумусированный тяжелосуглинистый, сформировавшийся на лессовидных карбонатных суглинках. Пахотный горизонт характеризуется низким содержанием гумуса – 3,87 %, очень низким содержанием нитратного азота – 11,9 мг/кг почвы, средним содержанием подвижного фосфора – 18,7 мг/кг (по Мачигину) и средней обеспеченностью обменным калием – 245 мг/кг. Реакция почвенного раствора нейтральная, pH = 6,32.

Полевые исследования проводили в полевом многолетнем опыте, заложенном в 2012 году. Сою возделывали в севообороте: кукуруза на зерно – соя – озимая пшеница – подсолнечник. Севооборот развёрнут в пространстве всеми полями. Повторность опыта трёхкратная, площадь делянки 300, учётная 90 м².

Возделывание сои по рекомендованной технологии включало послеуборочное лушение, зяблевую вспашку и последующие культивации. По-

сев осуществляли сеялкой СЗ-3,6. В технологии No-till почву не обрабатывали, но перед посевом делянки опрыскивали гербицидом сплошного действия Рап 600 в дозе 1,8 л/га. Посев сои осуществляли сеялкой прямого посева Gimetal. Уходные мероприятия по обеим технологиям были одинаковыми и включали опрыскивание против двудольных, однодольных сорняков и хлопковой совки.

По обеим технологиям скороспелый сорт сои Дуниза сеяли сплошным рядовым способом с нормой высева 650 тыс. всхожих семян на 1 га. В день посева проводили инокуляцию семян нитрагином.

По обеим технологиям на контрольном варианте удобрения не применяли. Рекомендованную дозу минеральных удобрений (N_{35}, P_{45}, K_{30}) вносили сеялкой при посеве, предварительно смешав 25 кг/га аммофоса со 187 кг/га нитроаммофоски. Расчетную дозу удобрений на получение 2,5 т/га сои (в среднем N_{60}, P_{60}, K_{60}) – вразброс перед севом (175 кг/га нитроаммофоски) и при посеве (200 кг/га нитроаммофоски).

В других культурах изучаемого севооборота (озимая пшеница, подсолнечник, кукуруза) также был контроль, где удобрения не вносили, и два варианта внесения удобрений – рекомендованная научными учреждениями доза и расчётная на получение определённой урожайности каждой культуры.

Фенологические наблюдения, подсчет густоты стояния растений и другие сопутствующие наблюдения проведены в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971).

Ежегодно по всем вариантам опыта перед уходом в зиму, весной при наступлении физической спелости почвы, перед посевом, в фазе цветения и полной спелости сои термостатно-весовым методом определяли содержание продуктивной влаги и плотность почвы методом режущих колец. Одновременно отбирали образцы почвы для химического анализа на содержание нитратного азота по Грандваль-Ляжу (Турчин Ф. В., 1965), подвижного фосфора и обменного калия по Мачигину в 1 % углеаммонийной вытяжке (ГОСТ 26205–91).

Площадь листьев определяли методом высечек. Чистая продуктивность фотосинтеза рассчитана на 1 м² листовой поверхности сои по методике А. А. Нечипорович, Л. Е. Строгановой и С. Н. Чмора (1961).

Учёт клубеньков на корнях сои проводили во время налива бобов по методике В. М. Лукомец (2010). Учёт массы растительных остатков проводили весовым методом после уборки кукурузы и перед посевом сои. Определение количества дождевых червей в почве (весной в мае) – по М. С. Гилярову (1975). Температуру почвы – контактным термометром, скорость ветра – ручным индукционным анемометром.

Учёт урожая проводили путём прокоса по середине делянки комбайном Сампо-130 с последующим пересчетом на стандартную влажность

и чистоту по методике ГСИ. Содержание масла в семенах сои определяли экстракционным методом (ГОСТ 10857–64), протеина – методом Къельдаля (ГОСТ 10846–91), жирнокислотный состав масла – методом хроматографии (ГОСТ 30418–96). Остатки глифосата кислоты определяли методом газожидкостной хроматографии (МУ 4413–87) в лаборатории Россельхозцентра города Краснодара.

Экономическую оценку технологий возделывания сои проводили согласно методическому пособию по экономической оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур (Боев В. Р., 1999). Статистическую обработку полученных данных – методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову (1985) и В. П. Томилову (1987).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Влияние растительных остатков на задержание снега, температуру почвы и наличие дождевых червей. По рекомендованной технологии после уборки кукурузы все её растительные остатки при проведении основной обработки почвы заделывались в почву, а при возделывании сои без обработки почвы они оставались на поверхности. Их масса после уборки кукурузы в среднем составляла 5,8–6,3 т/га, к посеву сои весной их количество уменьшалось до 3,3–3,5 т/га, т. е. сохранялось 54,8–56,9 % от первоначального количества.

Благодаря растительным остаткам по технологии No-till накапливалось на 8,2 см, или на 53,6 %, снега больше, чем по рекомендованной технологии. Весной и до начала лета растительные остатки снижали скорость ветра в приземном слое на 2,7 м/с и температуру почвы на глубине 5 см на 1,9–3,3 °С по сравнению с рекомендованной технологией, что способствовало созданию благоприятных условий для дождевых червей, которых по технологии No-till было 56, тогда как в обрабатываемой почве их обитало всего 1,7 шт/м². Это свидетельствует об экологической безопасности почвы и отсутствии в ней тяжёлых металлов и пестицидов, несмотря на применение глифосата, что подтвердил анализ почвы, в которой остатков этого гербицида не обнаружено.

3.2. Обеспеченность растений влагой. В среднем за годы исследований перед уходом в зиму (после уборки предшествующей кукурузы) в полутораметровом слое необработанной почвы содержалось на 34 мм, или на 25,7 %, больше продуктивной влаги, чем в отвально обработанной почве. Весной при наступлении физической спелости почвы благодаря большому накоплению снега зимой и более позднему снеготаянию достоверно больше продуктивной влаги, опять же, накапливала необработанная почва (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания сои на содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–150 см, мм (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Время определения			
	Рано весной	Посев	Цветение	Полная спелость
Рекомендованная	206	200	122	107
Без обработки почвы	227	212	141	104
Увеличение: мм	21	12	19	–3
%	10,0	6,0	15,6	–2,8
HCP_{05}	5,2	4,6	3,4	$F_{\phi} < F_{\tau}$

К посеву сои за счёт обильных майских осадков разница нивелировалась и составила всего 12 мм, или 6,0 %. Но в фазе цветения сои различия между технологиями по этому показателю увеличились до 19 мм (15,6 %), что достоверно больше, чем по рекомендованной технологии. К полной спелости влаги в почве по обеим технологиям было одинаковое количество (различия математически не доказуемы), что говорит об использовании дополнительно накопленной влаги растениями сои, возделываемой без обработки почвы. Вносимые удобрения не оказали существенного влияния на этот показатель по обеим технологиям и во все периоды определения содержания влаги в почве.

3.3. Плотность почвы. В рекомендованной технологии после вспашки, перед уходом в зиму плотность слоев почвы 0–10 и 10–20 см в среднем за годы исследований составила, соответственно, 0,80 и 0,89 г/см³, что указывает на её чрезмерную вспушенность. Слой почвы 20–30 см имел оптимальную плотность сложения – 1,11 г/см³. Весной будущего года обрабатываемые слои почвы также были чрезмерно вспушенными – 0,83–0,84 г/см³, тогда как по технологии No-till плотность всех изучаемых слоев перед уходом в зиму и ранней весной при наступлении физической спелости почвы составила 1,03–1,18 г/см³ и находилась в пределах оптимальных значений для черноземных почв.

К моменту посева плотность почвы по рекомендованной технологии благодаря культивациям увеличивается до оптимальных значений. В фазе цветения наблюдается увеличение плотности почвы по обеим технологиям до 1,36–1,38 г/см³ в слое 10–20 см и до 1,40–1,42 г/см³ в слое 20–30 см, что мы связываем с засухой в это время, которая наблюдалась во все годы исследований (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания на плотность почвы во время вегетации сои, г/см³ (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Слой почвы, см	Время отбора		
		Посев	Цветение	Полная спелость
Рекомендованная	0–10	1,03	1,25	1,23
	10–20	1,08	1,36	1,26
	20–30	1,19	1,40	1,27
Без обработки почвы	0–10	1,17	1,28	1,24
	10–20	1,20	1,38	1,28
	20–30	1,23	1,42	1,26
НСР ₀₅		0,06	0,04	0,04

Но в 2015 и 2017 гг. различия по плотности почвы в фазе цветения сои между технологиями были в пределах ошибки опыта, а в 2016 году плотность необработанной почвы была достоверно выше, чем обработанной, что связано с пересевом предшественника сои по обеим технологиям в предыдущем году. К полной спелости плотность почвы по всем слоям и обеим технологиям снижается, что обусловлено выпадающими в это время осадками.

3.4. Обеспеченность растений основными элементами питания. В среднем за годы исследований содержание нитратного азота во всех изучаемых слоях почвы по обеим технологиям и всем дозам внесения минеральных удобрений было очень низким и составляло менее 10 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора без внесения удобрений по всем вариантам опыта во все годы исследований в слоях почвы 0–10 и 10–20 см было средним и составляло от 15,1 до 18,7 мг/кг почвы.

При внесении фосфорных удобрений содержание подвижного фосфора по обеим технологиям, дозам внесения удобрений и во всех изучаемых слоях почвы характеризуется как среднее с содержанием от 21,6 до 28,9 мг/кг. Но по технологии без обработки почвы содержание подвижного фосфора в верхнем десятисантиметровом слое в течение вегетации сои достоверно на 10–12 мг/кг больше, чем в слое 10–20 см, что обусловлено внесением этого элемента питания на поверхность почвы или сеялкой на глубину заделки семян, тогда как в рекомендованной технологии содержание этого элемента в этих слоях почвы практически одинаковое (различия находятся в пределах ошибки опыта).

Содержание обменного калия в среднем за годы исследований за вегетацию сои во всех изучаемых слоях почвы было средним и составляло от 234–276 мг/кг в слое почвы 20–30 см до 258–299 мг/кг в слое 0–10 см. Ис-

ключение составляет слой почвы 0–10 см при возделывании сои по технологии без обработки почвы перед посевом и в фазе полной спелости, где содержание этого элемента по всем нормам внесения минеральных удобрений было повышенным – от 310 до 345 мг/кг. Увеличение содержания обменного калия в слое почвы 0–10 см при внесении удобрений в технологии без обработки почвы можно объяснить внесением калия с удобрением в этот слой почвы.

3.5. Полевая всхожесть и сохранность растений. При одинаковом содержании продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см самое большое количество всходов по обеим технологиям получено без внесения минеральных удобрений – 62–63 шт/м² с полевой всхожестью семян 94,9–97,4 %, что по обеим технологиям достоверно выше, чем при внесении минеральных удобрений (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания и удобрений на полевую всхожесть семян сои (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Доза удобрений	Доступная влага в слое почвы 0–20 см перед посевом, мм	Количество всходов, шт/м ²	Полевая всхожесть, %
Рекомендованная	Без удобрений	20	62	94,9
	Рекомендованная	21	52	79,5
	Расчётная	20	49	74,9
Без обработки почвы	Без удобрений	21	63	97,4
	Рекомендованная	22	55	84,6
	Расчётная	20	53	81,0
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	3,3	–

Такое явление можно объяснить токсическим воздействием минеральных удобрений на прорастание семян сои, которое в своих исследованиях наблюдал Е. В. Демчук с коллегами (2015), в опытах которых всхожесть снижалась из-за так называемого солевого эффекта, наблюдавшегося при припосевном внесении удобрений. Сохранность растений по всем вариантам опыта в течение вегетации отличалась незначительно и находилась в пределах от 93,5 до 95,8 %.

3.6. Рост и развитие растений. В фазе ветвления посеы сои без припосевного внесения удобрений по обеим технологиям имели достоверно большую вегетативную массу, чем с их внесением, что связано с большей густотой стояния растений по сравнению с вариантами, где вносили удобрения (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии возделывания и удобрений на динамику сырой надземной массы посевов сои, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Доза удобрения	Фенологическая фаза		
		Ветвление	Цветение	Полная спелость
Рекомендованная	Без удобрений	482	2614	853
	Рекомендованная	459	2422	831
	Расчётная	447	2502	814
Без обработки почвы	Без удобрений	430	2499	876
	Рекомендованная	403	2277	846
	Расчётная	365	2299	812
НСР ₀₅ для технологии		18	133	F _φ < F _T
НСР ₀₅ для удобрений		20	95	48
НСР ₀₅ для частных средних		23	128	44

В это время и в фазе цветения надземная масса сои, возделываемой без обработки почвы, по всем дозам внесения удобрений достоверно меньше, чем при её посеве по рекомендованной технологии, что обусловлено более медленным прогреванием почвы под слоем растительных остатков при посеве сои по необработанной почве. К полной спелости надземная масса растений по всем вариантам опыта выравнивается и различия не существенны, даже прослеживается тенденция формирования к этому времени большей надземной биомассы по технологии без обработки почвы.

3.7. Фотосинтетическая деятельность посевов. В наших исследованиях фотосинтетический потенциал посевов сои от всходов до созревания по всем вариантам опыта был более 3 млн м² × сут/га, что говорит о хорошем развитии листового аппарата посевов сои по всем вариантам опыта (таблица 5).

Но фотосинтетический потенциал посевов сои без внесения удобрений по рекомендованной технологии составил 3,61; по технологии без обработки почвы 3,34 млн м² × сут/га, что достоверно больше, чем на удобренных делянках по обеим технологиям.

Чистая продуктивность фотосинтеза до фазы цветения различалась несущественно, её значения от появления всходов до фазы ветвления составляли 5,1–5,9 и 5,6–6,2 г/м² × сут/га в межфазный период ветвления – цветения, что обеспечило растениям хорошее развитие вегетативной массы и листового аппарата.

Таблица 5 – Влияние технологии возделывания и удобрений на фотосинтетический потенциал посевов сои, млн $\text{м}^2 \times \text{сут/га}$ (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Доза удобрений	Межфазный период			
		Всходы – ветвление	Ветвление – цветение	Цветение – полная спелость	Всходы – полная спелость
Рекомендованная	Без удобрений	0,19	1,17	2,25	3,61
	Рекомендованная	0,17	1,00	1,89	3,06
	Расчётная	0,16	1,00	1,95	3,11
Без обработки почвы	Без удобрений	0,17	1,07	2,09	3,34
	Рекомендованная	0,15	1,00	2,05	3,19
	Расчётная	0,14	0,94	1,95	3,03
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,06	0,12	0,18

После вступления растений сои в фазу цветения интенсивность фотосинтеза снижалась до $1,0\text{--}1,6 \text{ г/м}^2 \times \text{сут/га}$ по обеим технологиям, что обусловлено наступающей в это время жарой и засухой и естественным старением растений и опадением листьев (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние технологий возделывания и удобрений на чистую продуктивность фотосинтеза посевов сои, $\text{г/м}^2 \times \text{сут/га}$ (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Доза удобрений	Фенологическая фаза			
		Всходы – ветвление	Ветвление – цветение	Цветение – полная спелость	Всходы – полная спелость
Рекомендованная	Без удобрений	5,1	5,6	1,0	3,9
	Рекомендованная	5,7	6,2	1,4	4,4
	Расчётная	5,9	6,1	1,2	4,4
Без обработки почвы	Без удобрений	5,7	5,5	1,6	4,3
	Рекомендованная	5,6	5,4	1,6	4,2
	Расчётная	5,8	6,0	1,5	4,4
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,1	0,3

Следует отметить, что после фазы цветения достоверное преимущество по этому показателю имеют посевы по технологии без обработки почвы. Видимо, это можно объяснить большим количеством продуктивной влаги в почве в это время, которая и обеспечивает более продолжительную и эффективную работу фотосинтетического аппарата растений.

Но за весь вегетационный период чистая продуктивность фотосинтеза по всем вариантам опыта не имела существенных различий. Это говорит о том, что дополнительно накопленной в почве влаги по технологии без обработки почвы не достаточно для существенного улучшения работы листового аппарата в такое продолжительное время (два месяца), от начала цветения до созревания сои.

3.8. Развитие симбиотического аппарата растений сои. Во время налива бобов количество клубеньков на одном растении без внесения удобрений по рекомендованной технологии составило 18 шт., по технологии без обработки почвы 22 клубенька, что достоверно больше, и их масса в необработанной почве была в 2,1 раза больше, чем по рекомендованной технологии (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние технологии возделывания и удобрений на количество и массу клубеньков на корнях сои (среднее за 2015, 2017 гг.)

Технология	Доза удобрения	Количество клубеньков		Масса клубеньков	
		на 1 растении, шт.	шт/м ²	на 1 растении, г	г/м ²
Рекомендованная	Без удобрений	18	1026	0,11	6,27
	Рекомендованная	30	1410	0,14	6,58
	Расчётная	18	792	0,09	3,96
Без обработки почвы	Без удобрений	22	1342	0,23	14,03
	Рекомендованная	32	1664	0,25	13,00
	Расчётная	10	490	0,07	3,43
НСР ₀₅		2,4	–	0,02	–

При внесении рекомендованной дозы удобрений, включающей 35 кг д. в. азота, количество клубеньков на одном растении по рекомендованной технологии увеличилось до 30, по технологии без обработки почвы – до 32 шт., масса клубеньков на 1 растении составила соответственно 0,14 и 0,25 г. Это обеспечило достоверное преимущество технологии без обработки почвы по количеству – 1664 шт/м², и по массе клубеньков – 13,0 г/м², против 1410 шт/м² и 6,58 г/м² по рекомендованной технологии.

Увеличение дозы внесения удобрений до расчётной, с нормой азота 60 кг/га д. в. привело к математически доказуемому уменьшению количества и массы клубеньков по обеим технологиям, особенно резкое снижение этих показателей, более чем в 3 раза, наблюдалось по технологии без обработки почвы во все годы наблюдений.

3.9. Засорённость посевов. В фазе ветвления сои (перед обработкой гербицидами) по рекомендованной технологии по всем дозам внесения минеральных удобрений произрастало достоверно больше сорняков, чем по технологии без обработки почвы, но их сырая масса при внесении удобрений была меньше (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние технологии возделывания и удобрений на засорённость посевов сои перед обработкой гербицидами (среднее за 2015–2017 гг.)

Технология	Доза удобрения	Количество сорняков, шт/м ²	Сырая масса сорняков, г/м ²
Рекомендованная	Без удобрений	56	64
	Рекомендованная	63	75
	Расчётная	61	70
Без обработки почвы	Без удобрений	37	57
	Рекомендованная	43	88
	Расчётная	47	92
НСР ₀₅		3,3	5,1

Большая густота стояния и лучше развитые растения сои без внесения удобрений по обеим технологиям обеспечили им большую конкурентоспособность по отношению к сорнякам, поэтому в таких посевах количество и сырая масса сорняков была существенно меньше, чем при внесении рекомендованной и расчётной доз удобрений.

В годы исследований по обеим технологиям и всем дозам внесения удобрений наблюдался смешанный тип засорённости посевов сои с преобладанием тех или иных видов сорных растений. По рекомендованной технологии самым распространённым сорняком был портулак огородный (34 шт/м²), которого по технологии без обработки почвы не было, однако по этой технологии больше было проса куриного, амброзии полыннолистной и щетинника зелёного (14, 11 и 6 шт/м² соответственно). В меньшем количестве по обеим технологиям вегетировали марь белая и щирица запрокинутая (2–6 шт/м² соответственно). По технологии No-till в отличие от рекомендованной технологии отсутствовали бодяк полевой и горец птичий, а по рекомендованной технологии не было фиалки полевой, которая отдельными растениями произрастала по технологии без обработки почвы.

В целом по технологии без обработки двудольных сорняков по всем дозам внесения удобрений было в два раза меньше, чем по рекомендованной технологии, тогда как однодольных сорняков произрастало больше на необработанной почве (рисунок 1).

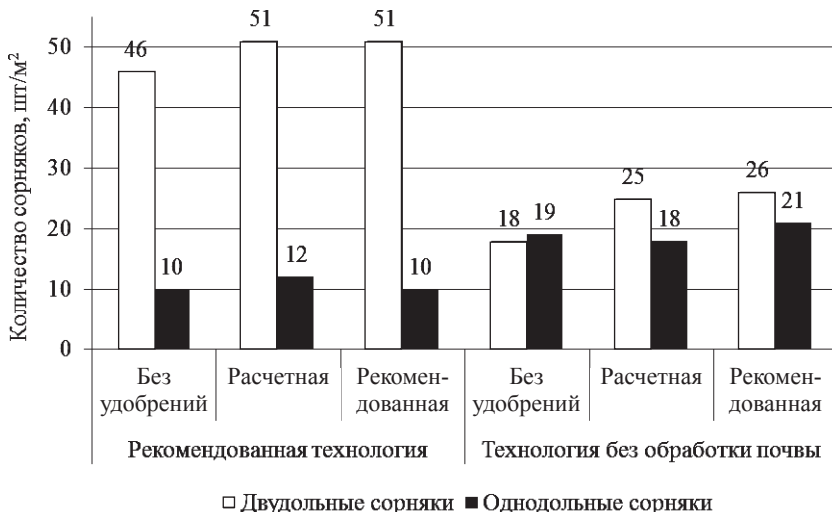


Рисунок 1 – Влияние технологии возделывания и удобрений на количество двудольных и однодольных сорняков в посевах сои (среднее за 2015–2017 гг.)

После обработки гербицидами сорные растения погибали либо находились в угнетённом состоянии и не оказывали существенного влияния на рост, развитие и урожайность сои по обеим технологиям и всем дозам внесения минеральных удобрений.

3.10. Урожайность и качество соевых бобов. Самая высокая урожайность сои по обеим технологиям получена без внесения минеральных удобрений, тогда как внесение таковых приводило к достоверному снижению урожайности культуры на 0,15–0,21 т/га, или на 11,0–14,6 % (таблица 9).

Снижение урожайности сои от внесения удобрений наблюдали в своих исследованиях А. В. Кондратова (2004), Н. В. Новицкая с коллегами (2014), Н. Н. Шаповалова и Е. П. Шустикова (2015, 2018), в опытах которых внесение минеральных удобрений непосредственно под сою не приводило к увеличению её урожайности, тогда как применение удобрений под предшествующую культуру существенно увеличивало урожайность соевых бобов. С. А. Кобак с коллегами (2017) объясняют это тем, что внесение удобрений, особенно во время посева, создаёт повышенную концентрацию солей в корневой зоне и снижает всхожесть семян, задерживает рост растений, препятствует развитию клубеньков и, в конечном итоге, приводит к снижению урожайности культуры. Поэтому, например,

в Аргентине удобрения вносят под предшествующую культуру, а под сою их не применяют (Дридигер В. К., 2013).

Таблица 9 – Влияние технологии возделывания и удобрений на урожайность сои, т/га

Технология	Доза удобрения	Год			Среднее
		2015	2016	2017	
Рекомендованная	Без удобрений	1,13	1,90	1,52	1,52
	Рекомендованная	1,02	1,58	1,34	1,31
	Расчётная	1,07	1,65	1,26	1,33
Без обработки почвы	Без удобрений	1,08	1,52	1,50	1,37
	Рекомендованная	1,04	1,33	1,30	1,22
	Расчётная	1,04	1,24	1,22	1,17
НСР ₀₅ для технологии		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,12	$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,07
НСР ₀₅ для удобрений		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,10	1,20	0,10
НСР ₀₅ для частных средних		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,10	0,08	0,09

В среднем за годы исследований при всех дозах внесения удобрений урожайность сои, возделываемой по рекомендованной технологии, достоверно выше, чем по технологии без обработки почвы, тогда как в 2015 и 2017 гг. она по обеим технологиям была одинаковой, различия находились в пределах ошибки опыта.

Снижение урожайности сои в среднем за годы исследований по технологии No-till произошло из-за достоверного снижения таковой по этой технологии в 2016 году. Причиной тому является чрезмерно высокая плотность почвы по технологии No-till в этом году, что произошло из-за гибели всходов кукурузы в 2015 году, являющейся предшественником сои, и вынужденного её пересева просом. По причине позднего срока сева просо не развило мощной корневой системы, которая в технологии No-till выполняет роль разрыхлителя почвы. Уплотнению почвы способствовал также дополнительный проезд по делянкам трактора с посевным агрегатом.

Повышение урожайности сои на неудобренном фоне по обеим технологиям произошло за счёт достоверно большей густоты стояния растений, которая по обеим технологиям возделывания без внесения удобрений составляет 58–60 шт/м², что на 10–12 шт/м² больше, чем с их внесением. По количеству бобов на растении, семян в них и массе семян существенных различий между вариантами опыта не наблюдалось.

Технологии возделывания и вносимые удобрения не оказали существенного влияния на качество семян сои. Содержание масла в семенах сои по обеим технологиям и всем дозам внесения удобрений в среднем за годы исследований находилось в пределах 19,8–20,3 %, протеина по этим

же вариантам опыта содержалось 41,3–41,7 %, и все различия по этим показателям были математически не доказуемы. При этом полученные по обеим технологиям семена сои экологически чистые и не содержат остаточного количества глифосат кислоты.

3.11. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от технологии и удобрений. При возделывании сои по технологии No-till на 1280 руб/га, или на 49,4 %, возрастают затраты по отношению к рекомендованной технологии на приобретение и внесение гербицида сплошного действия. Однако по рекомендованной технологии существенно увеличиваются производственные затраты на приобретение ГСМ – на 3276 руб/га, или на 232,0 %, фонд оплаты труда – на 824 руб/га (93,4 %), амортизацию и ремонт техники – на 891 и 285 руб/га, или на 47,0 %.

Снижение затрат существенно сказалось на экономической эффективности возделывания сои по технологии без обработки почвы. Самая низкая себестоимость и самая высокая прибыль и рентабельность производства получены по технологии без обработки почвы и без внесения удобрений (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние технологии и удобрений на экономическую эффективность возделывания сои

Показатель	Рекомендованная			Без обработки почвы		
	Без удобрений	Рекомендованная	Расчетная	Без удобрений	Рекомендованная	Расчетная
Урожайность, т/га	1,52	1,31	1,33	1,37	1,22	1,17
Выручка, руб/га	38000	32750	33250	34250	30500	29250
Затраты труда, чел.-ч/га	10,9	11,7	11,8	3,1	3,9	4,2
Затраты труда, чел.-ч/т	7,2	8,9	8,9	2,3	3,2	3,6
Себестоимость, руб/т	10630	17701	21150	8473	15222	20116
Прибыль, руб/га	21842	9561	5120	22641	11930	5714
Рентабельность, %	135,2	41,2	18,2	195,0	64,2	24,3

По рекомендованной технологии также самая лучшая экономическая эффективность возделывания сои без удобрений: себестоимость 10630 руб/т, прибыль 21842 руб/га, рентабельность производства – 135,2 %. Однако эти показатели существенно меньше, чем по технологии без обработки почвы. То есть наибольшая экономическая эффективность получена при возделывании сои по технологии без обработки почвы и без внесения минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря растительным остаткам на поверхности поля, остающимся после уборки предшествующей кукурузы при возделывании сои без обработки почвы, зимой в 1,5 раза больше накапливается снега, весной и летом уменьшается скорость ветра в приземном слое на 0,4–0,5 м/с и на 2,7 °С снижается температура почвы, что создаёт благоприятные условия для обитания дождевых червей, популяция которых во много раз больше, чем при посеве сои по рекомендованной технологии с ежегодной обработкой почвы. Наличие дождевых червей свидетельствует о благополучном экологическом состоянии почвы и отсутствии её загрязнения пестицидами или другими веществами.

Перед уходом в зиму, рано весной, во время посева и в течение вегетации сои достоверно больше продуктивной влаги содержалось в полутораметровом слое необработанной почвы, что обусловлено лучшим сохранением влаги в верхнем тридцатисантиметровом слое почвы перед зимой и весной и в слое почвы 100–150 см в фазе цветения сои. При этом удобрения и дозы их внесения не оказали существенного влияния на этот показатель.

В результате вспашки по рекомендованной технологии обрабатываемый слой почвы осенью и рано весной находился во вспушенном состоянии с плотностью 0,80–0,89 г/см³, тогда как плотность необработанной почвы составляла в это время 1,03–1,11 г/см³. Перед посевом плотность почвы по обеим технологиям была оптимальной для роста растений сои, но в фазе цветения по обеим технологиям она увеличивалась до 1,25–1,28 г/см³ в слое 0–10 см, 1,36–1,38 г/см³ в слое 10–20 см и 1,40–1,42 г/см³ в слое 20–30 см, что являлось следствием воздушной и почвенной засухи во все годы исследований. К полной спелости плотность почвы по обеим технологиям и изучаемым слоям почвы была одинаковой и находилась в пределах 1,23–1,28 г/см³.

Во все годы исследований и по всем дозам внесения удобрений содержание нитратного азота во всех изучаемых слоях почвы было очень низким и составляло менее 10 мг/кг почвы. Содержание подвижного фосфора и обменного калия при внесении удобрений в рекомендованной технологии из-за перемешивания обрабатываемого слоя почвы во время вспашки в слоях почвы 0–10 и 10–20 см было средним и в течение вегетации сои не отличалось существенно между слоями. В технологии без обработки почвы вносимые вразброс и при посеве фосфорные и калийные удобрения увеличивали содержание этих элементов питания в слое почвы 0–10 см до повышенного (31–33 и 310–345 мг/кг), что достоверно на 10–12 и 40–50 мг/кг больше, чем в слое почвы 10–20 см.

Полевая всхожесть семян сои, посеянной по обеим технологиям без внесения удобрений, составляет 94,9–97,4 %, что достоверно на 12,8–

16,4 % больше, чем с припосевным внесением удобрений. Такие посевы, имея большую густоту стояния растений, формируют в течение вегетации и существенно большую надземную массу по сравнению с удобренными вариантами. При посеве сои по необработанной почве полевая всхожесть и густота стояния растений в течение вегетации выше, чем по рекомендованной технологии, но их вегетативная масса в фазе ветвления достоверно ниже, что обусловлено более низкой температурой почвы в начале вегетации. К полной спелости эти растения формируют надземную массу, превышающую таковую по рекомендованной технологии.

До фазы цветения более развитый листовый аппарат имеют растения сои по рекомендованной технологии, что обусловлено более высокой температурой почвы в начале вегетации по сравнению с необработанной почвой. После наступления фазы цветения лучше наращивают ассимиляционную поверхность посевы сои по технологии без обработки почвы, поэтому к полной спелости сухая надземная масса посевов по обоим технологиям различается в пределах ошибки опыта.

По всем вариантам опыта наблюдался смешанный тип засорённости посевов сои с преобладанием тех или иных видов сорных растений. По рекомендованной технологии самым распространённым был портулак огородный (34 шт/м²), по технологии No-till преобладали просо куриное, амброзия польнolistная и щетинник зелёный (14, 11 и 6 шт/м²). По обоим технологиям отдельными растениями произрастали гречишка вьюнковая, марь белая и щирица запрокинутая (1–6 шт/м²), тогда как по технологии No-till отсутствовали портулак огородный, бодяк полевой и горец птичий, по рекомендованной технологии не было фиалки полевой.

При этом общее количество сорных растений по рекомендованной технологии в среднем за годы исследований составило 56–63, по технологии без обработки почвы – 37–47 шт/м². После обработки гербицидами сорные растения погибали либо находились в угнетённом состоянии и не оказывали существенного влияния на рост, развитие и урожайность сои по обоим технологиям и всем дозам внесения минеральных удобрений.

На чернозёме обыкновенном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья внесение сложных минеральных удобрений перед посевом и совместно с семенами при посеве сои приводит к достоверному (на 0,15–0,21 т/га, или на 11,0–14,6 %) снижению её урожайности по обоим технологиям. Переуплотнение почвы из-за слабого развития корневой системы предшествующей культуры приводит в технологии No-till к математически доказуемому снижению урожайности сои на 0,25–0,41 т/га, или на 15,8–24,8 %.

Основным элементом структуры урожая, оказавшим существенное влияние на урожайность сои, является густота стояния растений, которая по обоим технологиям возделывания без внесения удобрений составляет 58–60 шт/м², что на 10–12 шт/м² больше, чем с их внесением, что и обе-

спечило рост урожайности культуры без внесения удобрений. По количеству бобов на растении, семян в них и массе семян существенных различий между вариантами опыта не наблюдалось.

Технологии возделывания и вносимые удобрения не оказали существенного влияния на качество семян сои по содержанию протеина, масла и жирнокислотному составу масла – по всем вариантам опыта оно было одинаковым. При этом полученные семена сои экологически чистые и не содержат остаточного количества глифосат кислоты.

На черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья экономически выгоднее возделывать сою без обработки почвы и без внесения минеральных удобрений. Выращивание сои по рекомендованной технологии, как и внесение удобрений, приводит к росту себестоимости производимой продукции, снижению прибыли и рентабельности производства.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья сою после кукурузы на зерно экономически эффективнее возделывать без обработки почвы.

2. При использовании минеральных удобрений под культуры севооборота внесение комплексных туков совместно с семенами сои нецелесообразно, лучше возделывать её без их применения с обязательной инокуляцией семян нитрагином.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикация в иностранном издании, входящем
в базу данных Web of Science:*

1. Дридигер, В. К. Влияние технологии No-till на физические, химические, биологические свойства почвы, урожайность и экономическую эффективность возделываемых культур / В. К. Дридигер, Е. И. Годунова, Ф. В. Ерошенко, Р. С. Стукалов, **Р. Г. Гаджумаров** // Исследовательский журнал фармацевтических, биологических и химических наук. – 2018. – № 9 (2). – С. 766–770.

Dridiger, V. K. Effect of no-till technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil / V. K. Dridiger, E. I. Godunova, F. V. Eroshenko, R. S. Stukalov, **R. G. Gadzhumarov** / Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – № 9 (2). – С. 766–770.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

2. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания полевых культур на водно-физические свойства чернозема обыкновенного в первой рота-

ции полевого севооборота зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, В. В. Кулинцев, Р. С. Стукалов, **Р. Г. Гаджиумаров** // Известия Оренбургского ГАУ. – 2017. – № 4 (66). – С. 39–43.

3. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания сои на водно-физические свойства чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья / В. К. Дридигер, **Р. Г. Гаджиумаров** // Известия Оренбургского ГАУ. – 2017. – № 5 (67). – С. 65–67.

4. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологий возделывания и удобрений на рост, развитие и урожайность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р. Г. Гаджиумаров, М. П. Жукова // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1 (29). – С. 81–85.

5. Дридигер, В. К. Рост, развитие и продуктивность сои при возделывании по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. К. Дридигер, **Р. Г. Гаджиумаров** // Масличные культуры. – 2018. – № 3 (175). – С. 52–57.

Публикации в других изданиях:

6. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологий возделывания сои на агрофизические и экологические свойства почвы / Р. Г. Гаджиумаров // Приоритетные направления развития современной науки молодых учёных-аграриев : матер. V Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных, посвящённой 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – Солёное займище, 2016. – С. 48–51.

7. **Гаджиумаров, Р. Г.** Рост, развитие, урожайность и качество сои в зависимости от технологий возделывания / Р. Г. Гаджиумаров // Перспективы развития аграрной науки в современных экономических условиях : матер. Междунар. науч.-практ. конф. посвящённой 30-летию разработки и внедрения научно обоснованных систем сухого земледелия Волгоградской области. – Волгоград, 2016. – С. 22–27.

8. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологии возделывания на рост, развитие, урожайность и качество сои / Р. Г. Гаджиумаров // Бюллетень СНИИ-ИСХ. – 2016. – № 8. – С. 60–66.

9. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологий возделывания на рост, развитие и урожайность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р. Г. Гаджиумаров // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур : матер. 9-й Всерос. конф. с междунар. участием молодых учёных и специалистов. – Краснодар : ВНИИМК, 2017. – С. 26–31.

10. Дридигер, В. К. Влияние растительных остатков на накопление влаги, популяцию дождевых червей и содержание гумуса в почве при возделывании полевых культур по технологии No-till / В. К. Дридигер, Р. С. Стукалов, **Р. Г. Гаджиумаров** // Инновационные технологии в науке

и образовании : матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – Дивноморское, 2017. – С. 382–387.

11. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологий возделывания на продуктивность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р. Г. Гаджиумаров // Бюллетень СНИИСХ. – 2017. – № 9. – С. 40–47.

12. **Гаджиумаров, Р. Г.** Влияние технологий возделывания на рост, развитие и урожайность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р. Г. Гаджиумаров // Главный агроном. – 2018. – № 3. – С. 23–28.

13. Дридигер, В. К. Влияние технологии возделывания на водные и физические свойства чернозёма обыкновенного / В. К. Дридигер, Р. С. Стукалов, **Р. Г. Гаджиумаров** // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 50-летию ВНИИ орошаемого земледелия. – Волгоград, 2017. – С. 80–87.

Подписано в печать 11.04.2019. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура «Times». Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.
Заказ № 135.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса
СтГАУ «АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15