

На правах рукописи



ГОРНОСТАЛЬ РОМАН ГЕННАДЬЕВИЧ

**РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СОИ
В УСЛОВИЯХ ПРИАЛЕЙСКОЙ СТЕПИ**

Специальность: 06.01.02 – мелиорация,
рекультивация и охрана земель

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Барнаул – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: **Давыдов Александр Степанович,**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Бойко Василий Сергеевич,** доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», заместитель директора по научной работе

Максимов Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», доцент кафедры мелиорации и рекультивации земель

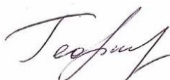
Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Защита диссертации состоится «24» сентября 2020 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.176.03 на базе ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», ФГБНУ «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко», ФГБНУ «Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98, тел./факс: (3852) 62-83-96, e-mail: ivgefke@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.asau.ru/ru/podgotovka-kadrov-vysshej-kvalifikatsii/ob-yavleniya-o-zashchite-dissertatsij/4955-gornostal-roman-gennadevich>.

Автореферат разослан «__» августа 2020 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



И.В. Гэфке

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Соя – одна из важнейших сельскохозяйственных культур. В общемировом масштабе зерновых культур соя по производству сопоставима с рисом, пшеницей, и кукурузой, что показывает ее большое значение в сельском хозяйстве. Данная культура обладает огромной универсальностью, в плане получения самых разнообразных типов пищевой продукции и сырья для промышленности. В России сою начали возделывать на значительных площадях относительно недавно.

Соя в целом неприхотливая культура, но в условиях изучаемой агроклиматической зоны Алтайского края – Приалейской степи получение стабильно высоких урожаев практически невозможно вследствие неблагоприятных климатических условий. Часто повторяющиеся засухи приводят к гибели части урожая. Поэтому основным фактором получения стабильно высоких урожаев и вовлечения дополнительных площадей под посевы сои в степной зоне Алтайского края является применение комплексных агротехнических приемов. Одним из основных приемов является регулярное орошение. Все изложенное определило выбор и актуальность темы настоящего диссертационного исследования.

Степень разработанности темы. Изучением сои занимаются многие иностранные и отечественные ученые. основополагающей теоретической и методологической базой диссертационного исследования послужили научные труды наиболее известных отечественных ученых в области селекции, производства и орошения сои. Селекцией сои занимались Г.Т. Балакай, А.Г. Бойко, А.А. Васильченко, В. Б. Енкен и др. Изучению вопросов эксплуатации инженерно-мелиоративных систем и классических подходов для разработки режимов орошения посвятили свои работы А.Н. Костяков, С.М. Алпатьев, К.Я. Феско, А. Р. Константинов, И.П. Кружилин и др.

На территории Алтайского края сою выращивают в основном без орошения. Информации о влиянии орошения на урожайность зерна сои в условиях Приалейской степи нами не найдено. Результаты исследований по разработке режимов орошения сои на зерно в условиях засушливой Приалейской степи впервые представлены в нашей работе.

Цель и задачи исследования. Цель работы – разработать оптимальный режим орошения сои в условиях Приалейской степи Алтайского края.

Задачи:

- изучить динамику влагозапасов в почве при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 60% НВ, 70% НВ, 80% НВ;
- выявить режим орошения, обеспечивающий максимальную урожайность зерна сои;
- установить влияние бактериального удобрения на урожайность сои;
- рассчитать суммарное водопотребление и определить коэффициенты водопотребления сои;
- рассчитать и определить экономическую эффективность возделывания сои на зерно при различных режимах орошения.

Научная новизна: впервые теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность эффективного возделывания сои на орошаемых землях в засушливой Приалейской степи Алтайского края. Установлены закономерности влияния разных режимов орошения на продуктивность сои. Определены удельные затраты воды на единицу товарной продукции в зависимости от режима орошения. Установлены корреляционные связи урожайности зерна вследствие изменения режима орошения. Полученные корреляционные уравнения могут с достаточной степенью точности определять урожайность зерна сои в зависимости от предположительной влажности почвы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Расширены научные знания в области производства сои при орошении для получения максимальных урожаев при минимально возможных используемых ресурсах.

Реализация оптимального режима орошения позволит получать до 3,5 т/га зерна сои.

Определена эффективность бактериальной обработки семян сои перед посевом при отсутствии достаточного минерального питания в почве.

По результатам исследования предложены методы повышения эффективности использования оросительной воды.

Результаты исследований показывают эффективность и высокую рентабельность производства, что положительно влияет на финансово-экономические показатели.

Полученные результаты рекомендованы к внедрению в хозяйствах с лугово-черноземными почвами в Приалейской степи Алтайского края.

Методология и методы исследований. Для достижения поставленной цели диссертационного исследования и решения необходимых задач применяли общенаучные методы – диалектический, формальной логики, анализа и синтеза; частнонаучные методы – системный и нормативный анализ, прогноз, метод экспертных оценок и аналогий, метод комплексного рассмотрения отдельных технических проблем.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Целесообразность, практическая и техническая возможность орошения сои на зерно.

2. Выращивание сои на зерно в условиях Приалейской степи Алтайского края на лугово-черноземных почвах является экономически эффективным приемом.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Степень достоверности результатов исследования обоснована достаточным количеством наблюдений с использованием проверенных и апробированных методов исследования, анализа данных и технико-лабораторного оборудования.

В качестве эмпирической базы в работе использовались данные статистических сборников, эмпирический материал, содержащийся в монографиях и диссертациях других ученых в рамках темы исследования, а также экспертные оценки, характеризующие выбранную тематику.

Достоверность полученных результатов подтверждена путем статистической обработки.

Результаты проведенных исследований отражены в материалах международных и всероссийских научно-практических конференций. Основные положения диссертационной работы доложены на: Международной научно-практической конференции «AgroSMART – Умные решения для сельского хозяйства» (ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень, 2019); XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инновационные тенденции развития российской науки» (ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, 2020).

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, которые отражают основное содержание диссертации, в том числе 2 работы индексируемые в информационно-аналитической среде Web of Science, 3 статьи – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад соискателя: автор научно исследовательской работы являлся ответственным за процесс исследования и полученные результаты, и непосредственно осуществлял работу по разработке программы исследования, закладке и проведении полевых опытов, ведении визуальных и инструментальных наблюдений, обработке полученных в ходе экспериментальной части данных и характеристики результатов, а также написании диссертационной работы.

Реализация результатов работы. Производственная проверка и освоение результатов исследований, произведенная в КФХ «Агророс» на площади 200 га, подтвердила высокую эффективность рекомендованного режима орошения в симбиозе с применением инокулянта для сои. Условно чистый доход составил 54775 руб./га, рентабельность возделывания сои – 196%.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, литературного обзора по теме исследования, четырех глав, включающих материалы, методы, методики и результаты исследования, заключения; списка использованной литературы и приложений. Диссертация изложена на 159 страницах машинописного текста и включает 36 таблиц, 40 рисунков, 7 приложений. Список литературы состоит из 199 наименований, в том числе 11 источников на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражена актуальность выбранной темы диссертационного исследования, степень разработанности темы, а также научная новизна, достоверность и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1. Особенности возделывания сои при орошении (литературный обзор)

В данной главе отражен обзор литературных источников, в которых разные авторы исследуют проблемные вопросы, связанные с возделыванием сои, как в мировом масштабе, так и опыт России. А именно, были рассмотрены вопросы становления сои как сельскохозяйственной культуры, мировой опыт

возделывания, пищевая и биологическая ценность сои и соевых продуктов, биологические особенности сои, отношение культуры к водному режиму и минеральному питанию, а также особенности технологии возделывания сои при орошении.

Глава 2. Объекты, методы и условия проведения исследований

Объектами исследований являлись: зернобобовая культура – соя; орошаемые лугово-черноземные почвы на Алейской оросительной системе.

Сорт сои, возделываемой в исследованиях – «Золотистая». Данный сорт является скороспелым с повышенным потенциалом продуктивности и высоким расположением нижних бобов. Сорт включен в Госреестр РФ с 2013 г. и допущен к использованию в 9, 10 и 11 регионах РФ. Авторами сорта являются А.М. Асанов, Л.В. Омелянюк, А.Ю. Кармазина, Г.Я. Козлова, Л.В. Мешкова, Н.Л. Москалец, П.В. Поползухин.

Высота растений 75-120 см. Средняя высота прикрепления нижнего боба 14,5 см. Число семян в бобе 2-3, максимальное – 4 шт. Масса 1000 семян 125-176 г. Сорт созревает за 92-99 суток. Устойчив к болезням и абиотическим стрессорам. По данным ФГБНУ «Омский АНЦ» средняя урожайность семян составила 2,79 т/га. Максимальная урожайность получена в 2016 г. – 3,81 т/га. Сорт Золотистая имеет среднее содержание белка 39,5%,

Почвы на опытном участке – лугово-черноземные вторичные, сформированные в результате олуговения черноземов южных. По мощности гумусового горизонта 0,55-0,60 м – среднемощные, по содержанию гумуса слабо и малогумусированные (2,5-2,9%). Почвы характеризуется среднесуглинистым гранулометрическим составом (табл. 1). Водно-физические показатели – удовлетворительные.

Таблица 1 – Основные водно-физические и агрохимические свойства почв (на начало исследований, 2016 г.)

Показатель	Горизонт, см				
	0-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Плотность сложения, г/см ³	1,27	1,28	1,31	1,33	1,45
Плотность твердой фазы, г/см ³	2,63	2,64	2,65	2,67	2,69
Наименьшая влагоемкость (НВ), % от массы сухой почвы	24,0	23,9	23,1	21,8	20,2
Гумус, %	3,4	3,1	2,0	1,5	0,8
Общий азот, %	0,15	0,14	0,12	0,14	0,13
Подвижный фосфор, г/кг	15,9	15,07	12,0	1,0	2,1
Обменный калий, мг/кг	77,0	75,0	8,0	4,7	2,2
pH _{H2O}	7,2	7,0	6,5	6,0	6,5
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	2,8	2,9	3,1	3,3	2,9
Коэффициент фильтрации, м/сут.	2,8	2,6	0,42	0,30	0,013

Анализируя представленные в таблице результаты по основным водно-физическим и агрохимическим свойствам, можно сделать вывод, что лугово-черноземные почвы опытного участка относятся к вполне окультуренным.

Оросительные воды характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией среды (рН 7,0-7,5), минерализация их несколько повышается по мере удаления магистрального канала от водозабора к концевой части (0,33-0,42 г/л) характеризуя воды как пресные. Возможности развития процессов элювирования (изменения водопроницаемости) – нет.

Схема полевого опыта была разработана на основании поставленных цели и задач исследования. Размещение вариантов – систематическое, повторность опыта – трехкратная. Площадь опытных участков по 10 га. Полив осуществлялся дождеванием с помощью ДМ «Фрегат». Глубина регулируемого поливами слоя почвы – 0,5 м.

Схема полевого опыта включала 7 вариантов, которые различались уровнем предполивной влажности почвы и дозой бактериального удобрения (табл. 2).

Таблица 2 – Схема полевого опыта в 2016-2018 гг.

№ варианта	Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Доза бактериального удобрения	Планируемая урожайность, т/га
1	без орошения	без удобрения	0,9
2	60	без удобрения	2,0
3		Ризоторфин (3 л на 1 тонну семян)	2,5
4	70	без удобрения	2,5
5		Ризоторфин (3 л на 1 тонну семян)	3,0
6	80	без удобрения	3,0
7		Ризоторфин (3 л на 1 тонну семян)	3,5

Погодные условия в годы проведения исследований. Период май-сентябрь 2016 г. отличался большой сухостью. Осадков выпало всего лишь 101,8 мм при норме 205 мм, а температура воздуха превышала норму на 1,5°С. Период вегетации 2017 г. по осадкам соответствовал многолетним значениям, а температура воздуха была выше среднееголетней на 1,2°С. Вегетационный период 2018 г. был сухим и теплым. За май-сентябрь осадков выпало на 61,2 мм или на 30% меньше нормы, а температура воздуха превышала среднееголетнюю на 1,6°С (табл. 3).

Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2016 году составил 0,5; в 2017 году – 0,9 и 2018 году – 0,7.

Таблица 3 – Погодные условия периода исследований (по метеостанции г. Рубцовска)

Показатели	Год	Месяцы вегетации					Среднее или сумма
		V	VI	VII	VIII	IX	
Сумма осадков, мм	2016	50	10,8	17	21	3	101,8
	2017	43	56	58	33	16	206,0
	2018	11,8	31	36	36	29	142,8
	ср. мн.	39	44	49	41	32	205
Средняя температура воздуха, °С	2016	15,6	19,0	20,3	19,5	13,5	17,6
	2017	12,8	19,2	22,3	21,1	11,0	17,3
	2018	16,2	17,5	23,0	19,7	11,9	17,7
	ср. мн	12,3	18,2	20,3	17,9	11,7	16,1

Агротехника возделывания культуры была нацелена на создание оптимальных агрофизических условий для развития растений и полезной почвенной микрофлоры.

Первая обработка производилась осенью после уборки предшественника – кукурузы на зерно, с помощью дискового лушпильника для провокации сорняков и измельчения пожнивных остатков. После лущения произвели безотвальную обработку плоскорезом на глубину 12-14 см.

Обработка почвы весной для получения дружных всходов, способствующих равномерному созреванию растений и снижению потерь урожая при уборке, была проведена в предпосевной период. Поверхность поля была тщательно выровнена и очищена от сорняков с применением культиватора с последующим боронованием поперек основной обработки на глубину 5-6 см и последующим прикатыванием.

Сою относят к культурам раннего срока посева. Оптимальная температура почвы 8-12°С. В условиях южной лесостепи Западной Сибири наилучший срок посева сои с 10 по 25 мая. Основываясь на рекомендациях СибНИИСХоз и учитывая температурный режим по всем годам исследования, посевная кампания проводилась в интервале с 15 по 25 мая.

Уход за посевами. Для уменьшения засоренности посевов мы применяли довсходовое боронование легкими боронами после посева, этим мы разрушаем почвенную корку, избавляемся от нитей сорняков. Для химической защиты посевов от сорняков нами был использован комбинированный гербицид Фабиан, ВДГ нормой внесения 0,1 кг/га, который эффективен против мятликовых и двудольных видов. Обработка проводилась на ранних фазах развития сорняков независимо от того, в какой фазе развития находилась данная культура.

Уборку проводили, когда соя находилась в фазе полной спелости, листья опали, а бобы имели ярко-бурую окраску. Семена были твердые, влажность 14-16%. Уборку проводили с 15 по 20 сентября.

Удобрения. Для создания большой вегетативной массы и формирования семян с высоким содержанием жиров и белков до 60%, сое необходимо повышенное минеральное питание.

В нашем опыте был выбран метод инокуляции семян бактериальным удобрением «Ризоторфин». Это высококонцентрированный инокулянт, применяемый под многие виды бобовых культур (сою, нут, горох, люпин, чечевицу; люцерну, козлятник, клевер, донник) в жидких формах.

Глава 3. Режим орошения и водопотребление сои

Развитие корневой системы культуры и распределение её по горизонтам почвы на орошаемых землях изучали многие исследователи. В настоящее время для сои на зерно принято для расчета поливной нормы считать активным слой 0-50 см, так как в этом слое сосредоточена основная масса её корневой системы (до 90%).

При проведении исследований по разработке режима орошения для сои главным является поддержание заданного уровня предполивной влажности в расчетном слое почвы 0,5 м в течение всего вегетационного периода. Уровень предполивной влажности не должен быть ниже оптимального предела, особенно в критические периоды развития культуры. Для того, чтобы выдержать заданный уровень предполивной влажности, регулярно проводили поливы и вели контроль за влажностью расчетного слоя почвы.

Режимы орошения были разработаны для вариантов с уровнем предполивной влажности 60%, 70%, 80% НВ для 2016, 2017, 2018 годов.

В 2016 году посев сои был проведен 22 мая. Первый полив на всех вариантах с различными уровнями предполивной влажности осуществлен 03 июня. На варианте 60% НВ поливная норма составила 350 м³/га, на варианте 70% НВ – 300 м³/га и на варианте 80% НВ – 250 м³/га.

За вегетационный период на варианте с предполивной влажностью 60% НВ было проведено 7 поливов поливными нормами от 350 до 500 м³/га. Оросительная норма составила 2850 м³/га.

На варианте с предполивной влажностью 70% НВ было проведено 8 поливов нормами от 300 до 400 м³/га. Оросительная норма составила 2900 м³/га.

На варианте с предполивной влажностью 80% НВ было проведено 10 поливов нормами от 250 до 300 м³/га. Оросительная норма составила 2950 м³/га.

Поливные нормы дифференцировали в зависимости от фазы развития сои (табл. 4). В 2016 году в период от посева до цветения поливные нормы были минимальными, так как рассчитаны для промачивания слоя почвы 0-30 см, где в этот период находится основная масса корней. По мере роста и развития культуры поливные нормы возрастали. Их максимальные значения были, когда у растений сои началось плодообразование и до созревания.

Режим орошения сои за вегетационный период 2017 и 2018 годов складывался аналогично 2016 году. Только из-за особенностей конкретного года изменялось количество поливов и оросительная норма.

Влажность почвы на варианте с поддержанием уровня не ниже 60% НВ находилась в пределах от 100% НВ (23,0% от массы сухой почвы) до 60% НВ (13,8% от массы сухой почвы). На варианте 70% НВ этот диапазон находился в интервале от 23,0% до 16,1%. На варианте 80% НВ этот диапазон находился в интервале от 23,0% до 18,4%.

Таблица 4 – Режим орошения сои за вегетационный период 2016 г.

Вариант	Режим орошения сои по фазам роста						Общее колич. поливов
	посев – цветение		цветение – начало плодообразования		начало плодообразования – созревание		
	дата полива	полив. норма (м), м ³ /га	дата полива	полив. норма (м), м ³ /га	дата полива	полив. норма (м), м ³ /га	
60% НВ	03.06	350	02.07	400	27.07	450	7
	14.06	350	16.07	400	09.08	500	
	23.06	400					
70% НВ	03.06	300	28.06	350	30.07	400	8
	13.06	350	10.07	350	10.08	400	
	20.06	350	20.07	400			
80% НВ	03.06	250	25.06	300	27.07	300	10
	11.06	300	02.07	300	05.08	300	
	18.06	300	11.07	300	12.08	300	
			19.07	300			

На рисунке 1 представлена динамика влагозапасов в почве под соей, которая складывалась в 2016 году на варианте с уровнем предполивной влажности 60% НВ.

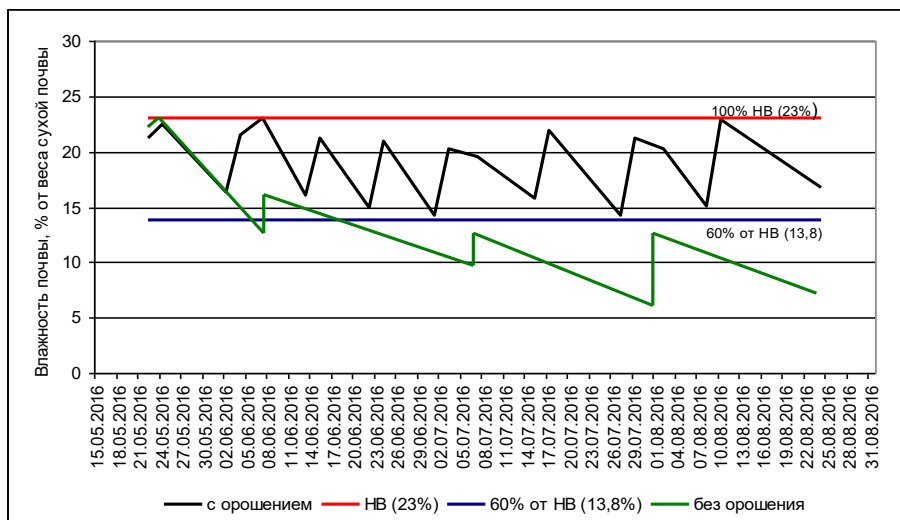


Рис. 1 – Динамика влагозапасов в почве под соей (на зерно), % от массы сухой почвы (2016 год, вариант орошения с предполивной влажностью 60% НВ)

Заданный уровень влажности поддерживался в основном вегетационными поливами. На динамику влагозапасов в активном слое почвы 0,5 м кроме поливных норм определенное влияние оказывали атмосферные осадки (рисунок 2), но их значение в приходной статье было незначительным. На всех вариантах с орошением (60%, 70% и 80% НВ) в 2016 году уровень влажности ниже оптимального значения не опускался. Совершенно противоположная динамика влагозапасов складывалась на варианте без орошения. Уже в конце июня уровень влажности был менее 60% НВ, а к моменту уборки он приблизился к уровню влажности завядания.

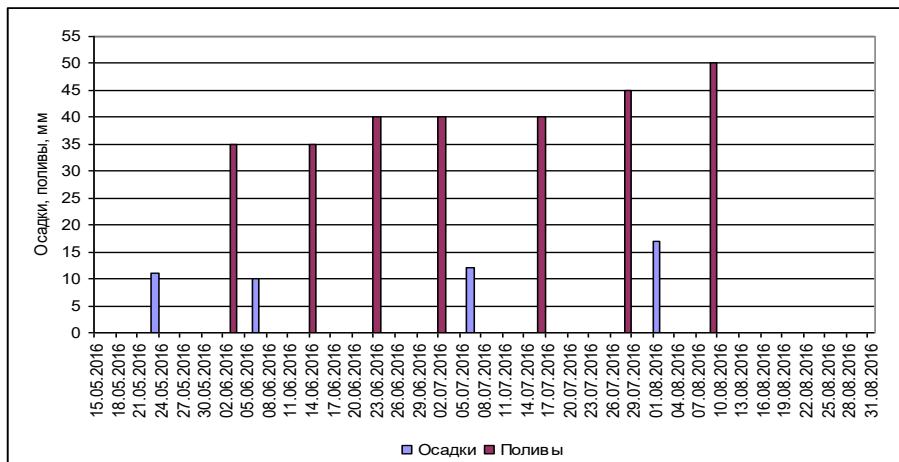


Рис. 2 – Динамика поливов и осадков выше 10 мм (2016 г., вариант 60% НВ)

В 2017 и 2018 годах на всех вариантах с орошением уровень влажности, как и 2016 году, ниже оптимального значения не опускался. Отличием режимов орошения в эти годы от 2016 года было другое количество поливов и другие оросительные нормы, так как погодные условия значительно различались.

Потребность сои в воде и ее продуктивное использование выражают в единицах общего водопотребления и коэффициента водопотребления. Под водопотреблением понимают потребление воды в определенной зоне в течение вегетационного периода растений. В таблице 5 представлено суммарное водопотребление сои и его структура.

При анализе значений таблицы 5 видно, что суммарное водопотребление сои различается по вариантам с орошением и без орошения. Эти различия отмечаем как по годам исследования, так и по вариантам с различными уровнями предполивной влажности почвы.

На варианте без орошения потребность сои в воде удовлетворялась на 80-89% за счет атмосферных осадков вегетационного периода. Использование влаги из почвы было незначительным.

Таблица 5 – Структура суммарного водопотребления сои (Е, м³/га)

Год	Вариант	Е, м ³ /га	Оросительная норма (М _{ор.})		Осадки		Почвенная влага	
			м ³ /га	% от Е	м ³ /га	% от Е	м ³ /га	% от Е
2016	Без орош.	1270			1020	80	250	20
	60% НВ	4096	2850	69	1020	25	226	6
	70% НВ	4146	2900	70	1020	25	226	5
	80% НВ	4196	2950	70	1020	24	226	6
2017	Без орош.	2300			2050	89	250	11
	60% НВ	4344	2100	48	2050	47	194	5
	70% НВ	4444	2200	50	2050	46	194	4
	80% НВ	4595	2350	51	2050	45	194	4
2018	Без орош.	1720			1470	85	250	15
	60% НВ	4238	2550	60	1470	35	218	5
	70% НВ	4338	2650	61	1470	34	218	5
	80% НВ	4388	2700	62	1470	34	218	4
Сред н. за 3 года	Без орош.	1760			1510	85	250	15
	60% НВ	4226	2500	59	1510	36	213	5
	70% НВ	4309	2580	60	1510	35	213	5
	80% НВ	4390	2670	61	1510	34	213	5

Максимальное суммарное водопотребление сои в 2016 году получено на варианте при поддержании предполивной влажности 80% НВ, которое составило 4196 м³/га. В 2017 и 2018 годах максимальное суммарное водопотребление так же, как и в 2016 году, получено на варианте 80% НВ и составило, соответственно, 4595 и 4388 м³/га. На вариантах 60 и 70% НВ суммарное водопотребление было ниже.

На всех вариантах с орошением максимальная доля воды в суммарном водопотреблении приходилась на оросительную норму. На варианте 60% НВ в среднем за 3 года ее величина доходила до 69%, а на вариантах 70% НВ и 80% НВ – до 70%. На долю осадков вегетационного периода приходилось от 25 до 47%.

Самым увлажненным оказался 2017 год. Приход влаги от осадков на вариантах с орошением составил 45-47%. Использование внутрпочвенной влаги не существенно сказывалось на суммарном водопотреблении и составляло не более 6%.

Одним из важнейших показателей эффективности использования растениями воды из почвы является коэффициент водопотребления. Он показывает расход воды из почвы на образование единицы товарной продукции, м³/т. Значения зависят от плодородия почвы, влагообеспеченности, испарения и других факторов.

Суммарное водопотребление и коэффициенты водопотребления сои представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Суммарное водопотребление (Е, м³/га) и коэффициенты водопотребления (К_в, м³/т) сои

Вариант	2016 год			2017 год			2018 год			Среднее за 2016 -2018 гг.		
	У, т/га	Е, м ³ /га	К _в , м ³ /т	У, т/га	Е, м ³ /га	К _в , м ³ /т	У, т/га	Е, м ³ /га	К _в , м ³ /т	У, т/га	Е, м ³ /га	К _в , м ³ /т
Контроль (б/о и б/у)	0,8	1270	1411	1,2	2300	1916	1,0	1720	1720	1,0	1682	1682
60% НВ	2,2	4096	1861	2,5	4344	1737	2,3	4238	1842	2,3	4226	1813
60% НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	2,7		1517	2,9		1498	2,7		1569	2,8		1528
70% НВ	2,5	4146	1658	2,7	4444	1645	2,5	4338	1735	2,6	4309	1679
70% НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	2,9		1429	3,1		1433	3,0		1446	3,0		1436
80 % НВ	2,8	4196	1498	3,3	4595	1392	3,1	4388	1415	3,1	4393	1435
80% НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	3,4		1234	3,7		1241	3,5		1253	3,5		1255

По данным, представленным в таблице 6, мы отмечаем, что коэффициент водопотребления на варианте без орошения в среднем за 3 года исследований составил $1682 \text{ м}^3/\text{т}$. при средней урожайности $1,0 \text{ т/га}$ и среднем суммарном водопотреблении $1682 \text{ м}^3/\text{га}$. На варианте с уровнем предполивной влажности 60% НВ средний коэффициент водопотребления оказался выше и составил $1813 \text{ м}^3/\text{т}$. На этом же варианте по увлажнению, но с обработкой семян перед посевом инокулянтом «Ризоторфин» коэффициент водопотребления уменьшился до $1528 \text{ м}^3/\text{т}$.

На варианте с уровнем предполивной влажности 70% НВ средний коэффициент водопотребления оказался сопоставимым с контролем, а на этом же варианте по увлажнению, но с обработкой семян перед посевом инокулянтом «Ризоторфин» коэффициент водопотребления уменьшился до $1436 \text{ м}^3/\text{т}$.

Наименьшими коэффициенты водопотребления оказались на варианте 80% НВ. Без удобрения он составил $1435 \text{ м}^3/\text{т}$, а при обработке семян «Ризоторфином» снизился до $1255 \text{ м}^3/\text{т}$.

При анализе значений, представленных в таблице 6, мы отмечаем, что прослеживается зависимость, при которой с увеличением суммарного водопотребления увеличивается урожайность зерна сои и уменьшается коэффициент водопотребления.

Глава 4. Урожайность сои и эффективность возделывания при орошении

Наиболее значимым показателем, определяющим эффективность проводимых мероприятий, является урожайность возделываемых культур (таблица 7).

На варианте без орошения урожайность зерна сои по годам исследований получена от $0,8$ до $1,2 \text{ т/га}$. Такая урожайность зерна сои для неорошаемых условий является не очень высокой.

На варианте 60% НВ урожайность изменялась от $2,2 \text{ т/га}$ в 2016 году до $2,5 \text{ т/га}$ в 2017 году. Средняя урожайность зерна сои за 3 года составила $2,3 \text{ т/га}$. Эта урожайность на $1,3 \text{ т/га}$ превысила среднюю урожайность на контроле.

На варианте 60% НВ, но с обработкой семян сои перед посевом инокулянтом, средняя урожайность составила $2,8 \text{ т/га}$, которая превышала урожайность на контроле на $1,8 \text{ т/га}$. Также мы отмечаем, что на варианте 60% НВ и с обработкой семян инокулянтом урожайность зерна сои превысила урожайность на варианте без обработки на $0,5 \text{ т/га}$.

На варианте 70% НВ урожайность изменялась от $2,5 \text{ т/га}$ в 2016 и 2018 годах до $2,7 \text{ т/га}$ в 2017 году. Средняя урожайность зерна сои 3 года исследований составила $2,6 \text{ т/га}$. Эта урожайность на $1,6 \text{ т/га}$ превысила среднюю урожайность на контроле.

На варианте 70% НВ, но с обработкой семян сои перед посевом инокулянтом, средняя урожайность составила $3,0 \text{ т/га}$, которая превышала урожайность на контроле на $2,0 \text{ т/га}$. Также мы отмечаем, что на варианте 70% НВ и с обработкой семян инокулянтом урожайность зерна сои превысила урожайность на варианте без обработки на $0,4 \text{ т/га}$.

Таблица 7 – Урожайность и прибавки урожайности зерна сои за 2016-2018 гг., т/га

Вариант	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю
Контроль	0,8	–	1,2	–	1,0	–	1,0	–
60%НВ	2,2	1,4	2,5	1,3	2,3	1,3	2,3	1,3
60%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	2,7	1,9	2,9	1,7	2,7	1,7	2,8	1,8
70%НВ	2,5	1,7	2,7	1,5	2,5	1,5	2,6	1,6
70%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	2,9	2,1	3,1	1,9	3,0	2,0	3,0	2,0
80 %НВ	2,8	2,0	3,3	2,1	3,1	2,1	3,1	2,1
80%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	3,4	2,6	3,7	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5
НСР ₀₅	0,044 (0,05)		0,042 (0,05)		0,049 (0,05)			

Максимальную урожайность зерна сои получили на варианте 80% НВ, которая составила 3,3 т/га в 2016 году. Средняя урожайность за 3 года исследований составила 3,1 т/га и превысила урожайность на контроле на 2,1 т/га.

На варианте 80% НВ, но с обработкой семян сои перед посевом инокулянтом, средняя урожайность составила 3,5 т/га, которая превышала урожайность на контроле на 2,5 т/га. Также мы отмечаем, что на варианте 80% НВ и с обработкой семян инокулянтом урожайность зерна сои превысила урожайность на варианте без обработки на 0,4 т/га.

Прибавки урожайности от орошения и удобрения оказались существенными, что подтверждается результатами дисперсионного анализа. Из 3 изученных режимов орошения (60, 70 и 80% НВ) наиболее эффективным оказался режим орошения с поддержанием уровня предполивной влажности почвы не ниже 80% НВ. На этом варианте получена максимальная урожайность 3,3 т/га, которая превысила максимальную урожайность на варианте 60% НВ на 0,8 т/га и на варианте 70% НВ – на 0,6 т/га.

Эти результаты по урожайности зерна сои показывают, что разработанный нами режим орошения для условий Приалейской степи является правильным.

Для выявления экономического эффекта необходимо знание совокупных затрат труда, которые обеспечили получение данной урожайности.

Для расчета экономической эффективности использованы данные по урожайности зерна сои, общие затраты на производство и реализацию, цена реализации зерна.

При возделывании сои без орошения в среднем за 3 года исследований чистый доход был 10,4 тыс. руб. за 1 тонну зерна. Рентабельность при этом составила 78%, т.е. доходность 78 копеек на 1 рубль вложенных затрат.

На вариантах с орошением значительно возросли общие затраты на производство, которые были практически в 2 раза выше, чем без орошения. На контроле они составили 13,2 тыс. руб. на гектар, при орошении от 26,3 (60% НВ) до 27,7 (80% НВ) тыс. руб. на 1 га.

Экономическая эффективность производства зерна сои по годам исследований и по вариантам опыта представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Экономическая эффективность производства и реализации зерна сои

Вариант	Средние значения за 2016-2018 годы							
	Урожайность, т/га	Затраты, тыс. руб./га			Цена зерна сои, тыс. руб./т	Себестоимость, тыс. руб./т	Чистый доход, тыс. руб./т.	Рентабельность 1 т. зерна сои, %
		производительные	на орошение	общие				
Контроль (б/о, б/у)	1,0		-	13,2		13,20	10,40	78
60% НВ	2,3	13,2	13,1	26,3	23,60	11,43	12,17	106
70% НВ	2,6		13,5	26,7		10,26	13,44	130
80% НВ	3,1		13,9	27,1		8,74	14,86	170
60%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	2,8		13,1	26,9		9,60	14,00	145
70%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	3,0	13,8	13,5	27,3		9,10	14,50	159
80%НВ + ризоторфин (3 л. на 1 т. семян)	3,5		13,9	27,7		7,95	15,65	196

Затраты, пошедшие на орошение, окупились значительной прибавкой урожайности. За счет этого фактора чистый доход на вариантах с орошением значительно превышал значение этого показателя на контроле.

На варианте 60% НВ чистый доход составил 12,17 тыс. руб. на 1 т. зерна, рентабельность – 106%.

На варианте 80% НВ чистый доход достиг значения 14,86 тыс. руб. на 1 т. зерна, а рентабельность составила 170%.

На этих же вариантах по увлажнению, но с предпосевной обработкой семян инокулянтом «Ризоторфин», показатели оказались еще выше. На варианте с предположивной влажностью почвы 60% НВ чистый доход составил 14,0 тыс. руб. на 1 т. зерна, рентабельность составила 145%. На варианте 80% НВ чистый доход достиг значения 15,65 тыс. руб. на 1 т. зерна, а рентабельность была 196%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований сделаны следующие **выводы**:

1. Для поддержания уровня предполивной влажности 60% НВ в слое почвы 0,5 м оросительные нормы в зависимости от погодных условий лет исследований должны составлять от 2100 до 2850 м³/га; на варианте 70% НВ – от 2200 до 2900 м³/га; на варианте 80% НВ – от 2350 до 2950 м³/га;

2. Поливные нормы, в зависимости от фазы развития сои, изменяются от 350 до 500 м³/га на варианте 60% НВ, от 300 до 400 м³/га – на варианте 70% НВ и от 250 до 300 м³/га – на варианте 80% НВ;

3. На варианте без орошения урожайность зерна сои по годам исследований получена от 0,8 до 1,2 т/га. На варианте с уровнем предполивной влажности 60% НВ урожайность составила от 2,2 до 2,5 т/га; при уровне предполивной влажности 70% НВ она составила от 2,5 до 2,7 т/га; при уровне предполивной влажности 80% НВ она изменялась от 2,8 до 3,3 т/га;

4. Применение инокулянта «Ризоторфин» для обработки семян сои перед посевом способствовало повышению урожайности в сравнении без обработки на вариантах с орошением до 0,5 т/га;

5. Суммарное водопотребление на варианте 60% НВ по годам изменялось от 4096 до 4344 м³/га (среднее 4226 м³/га); на варианте 70% НВ – от 4146 до 4444 м³/га (среднее 4309 м³/га); на варианте 80% НВ – от 4196 до 4595 м³/га (среднее 4393 м³/га);, без орошения суммарное водопотребление составило от 1411 до 2300 м³/га;

6. Коэффициент водопотребления сои на варианте 60% НВ без применения инокулянта в среднем за 3 года исследований составил 1813 м³/т, при использовании инокулянта – 1528 м³/т; на варианте 70% НВ без применения инокулянта – 1679 м³/т, с инокулянтом – 1436 м³/т; на варианте 80% НВ без применения инокулянта – 1435 м³/т, с инокулянтом – 1255 м³/т. Без орошения средний коэффициент водопотребления составил 1682 м³/т.

7. Наиболее высокий чистый доход и уровень рентабельности получены на вариантах с орошением. На варианте 60% НВ чистый доход в среднем за 3 года составил 12,17 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 106%. Максимальные значения этих показателей получены на варианте 80% НВ, соответственно, 14,86 тыс. руб./га и 170%. На самом оптимальном в наших исследованиях режиме орошения с поддержанием уровня предполивной влажности почвы 80% НВ и с обработкой семян инокулянтом чистый доход составил 15,65 тыс. руб./га, а рентабельность – 196%.

РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения максимальной урожайности зерна сои следует поддерживать уровень предполивной влажности почвы на уровне 80%НВ.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение питательного режима орошаемых лугово-черноземных почв с целью повышения продуктивности зерновой сои и снижения расхода воды на образование тонны зерна.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации, индексируемые в информационно-аналитической системе Web of Science

1. Davydov Alexander, Ermakova Ksenia and **Gornostal Roman**, (2019). «Efficiency of Cultivating Corn for Grain under Irrigation in the Prialeyskaya Steppe» in International scientific and practical conference «AgroSMART – Smart solutions for agriculture», KnE Live Sciences, Page 1222-1231. DOI 10.18502/kls.v4i12.5720.
2. **Gornostal Roman**, (2019). «The Effect of Prolonged Irrigation on Soil-amelioration State of the Aley River Steppe in Altai Krai» in International scientific and practical conference «AgroSMART – Smart solutions for agriculture», KnE Live Sciences, Pages 347-361. DOI 10.18502/kls.v4i14.621.

Публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ

3. Ермакова, К. С. Влияние оросительных вод на мелиоративное состояние земель на Алейской оросительной системе / К. С. Ермакова, А. С. Давыдов, **Р. Г. Горносталь**. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5. (175) – С. 50-55.
4. **Горносталь, Р. Г.** Влияние режимов орошения на водопотребление сои / **Р. Г. Горносталь, А. С. Давыдов**. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (189) – С. 27-33.
5. Давыдов, А. С. Почвенно-климатическое обоснование режимов орошения сои в Приалейской степи / А. С. Давыдов, **Р. Г. Горносталь**. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (189). – С. 60-69.

Публикации в других изданиях:

6. **Горносталь, Р. Г.** Состояние мелиоративных систем Алтайского края / **Р. Г. Горносталь**. – Текст: непосредственный // Специалисты АПК нового поколения: материалы Всероссийской научно-практической конференции / Саратов. гос. аграр. ун-т. – Саратов, 2013. – С.18-22.
7. **Горносталь, Р. Г.** Влияние орошения на урожайность зерна сои в условиях Алтайского края / **Р. Г. Горносталь**. – Текст: непосредственный // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых (8-9 апреля 2020 г.) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020. – Ч. I. – С. 28-31.

Подписано в печать 13.07.2020 г. Формат 60x84/16.
Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографная.
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 4.

РИО Алтайского ГАУ
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98,
тел. 8(3852) 203-299