

На правах рукописи

Чечко Раиса Александровна

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ
ПРИ СПРИНКЛЕРНОМ ОРОШЕНИИ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов-2016

Работа выполнена ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Дубенок Николай Николаевич**,

Официальные оппоненты: **Тютюма Наталья Владимировна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, ФГБНУ Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, директор
Корсак Виктор Владиславович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, кафедра «Природообустройство и водопользование», профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ)

Защита состоится «10» июня 2016 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.05 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д.1. E – mail: dissovet01@sgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ»

Автореферат разослан « ___ » _____ 2016 года и размещен на сайте университета www.sgau.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета

Нарушев Виктор Бисенгалиевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Производство картофеля является одним из приоритетных направлений развития агробизнеса в России, в том числе, в регионе Нижней Волги. Дефицит естественной влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья определяет безусловную необходимость орошения посадок картофеля в течение всего вегетационного периода. Высокая ресурсоемкость оросительных мелиораций определяет особые требования к эффективности возделывания картофеля, делая нерентабельными проекты с урожайностью ниже 25 т/га.

Исторически картофель в регионе поливали разными способами. До недавнего времени одним из наиболее распространенных способов орошения картофеля в регионе являлось дождевание с использованием широкозахватных или консольных дождевальных машин. В последнее время широкое распространение получило капельное орошение картофеля. Каждый из способов полива имеет свои преимущества, как по отношению к биологии культуры, так и в связи с особенностями приемов ее возделывания. Главным преимуществом орошения дождевальными машинами в отношении биологии картофеля является возможность совокупного регулирования водного режима почвы и влажности воздуха. Капельное орошение позволяет управлять только водным режимом почвы, но менее инертно, чем орошение дождевальными машинами; есть возможность гибкого регулирования поливной нормы, сроков полива.

Перспективной технологией орошения картофеля, внедряемой в передовых фермерских хозяйствах региона, является спринклерное орошение, которое сочетает в себе возможность, с одной стороны, совокупного управления водным режимом почвы и влажностью воздуха, а с другой, - возможность гибкого регулирования поливной нормы и сроков полива. Для региона Нижнего Поволжья это новая технология полива, поэтому приемы возделывания картофеля при спринклерном орошении до сих пор не нашли научного обоснования.

Степень разработанности темы исследований. Вопросам технологии возделывания картофеля на орошаемых землях посвящены исследования И.П. Кружилина, А.А. Навитней, О.Г. Гиченковой (2003), В.Б. Нарушева, Е.А. Нарушевой, Л.Ю. Лаврик (2008), А.М. Гаврилова, В.М. Жидкова (2010), В.В. Коринца, В.А. Шляхова (2011), В.В. Мелихова, А.А. Новикова (2011), А.В. Комиссарова, М.Г. Ишбулатова (2012), А.Ф. Туманян, Н.А. Щербаковой, Н.В. Тю-

тюмы (2012), Е.Д. Гарьяновой (2013), В.В. Ивенина, А.В. Ивенина (2013), В.В. Бородычева (2014), Н.Н. Дубенка (2015), В.И. Ольгаренко (2015). Анализ опубликованного материала показал, что основным способом выращивания картофеля при орошении дождевальными машинами была посадка в гребень с междурядьями 0,7 м. Основным способом размещения картофеля при капельном орошении стала посадка в сдвоенный рядок, что позволяет существенно экономить на комплектующих системы. При спринклерном орошении нет экономии комплектующих системы при посадке в сдвоенный рядок, однако есть такая же возможность гибкого регулирования поливных норм и сроков полива, как при капельном орошении. Вопрос о том, какой способ посадки в этих условиях окажется более выгодным, остается открытым. Кроме того, не исследованным остается вопрос о расстоянии между соседними лентами растений и зоне контроля предполивной влажности почвы при использовании датчиков точечного типа.

Цель исследований – повышение эффективности возделывания картофеля при спринклерном орошении за счет научного обоснования оптимального способа посадки и зоны контроля предполивной влажности почвы, обеспечивающих возможность получения свыше 50 т/га товарных клубней.

Задачи исследований:

- систематизировать и провести анализ литературных источников по проблематике исследований с рассмотрением перспективных приемов повышения эффективности возделывания картофеля и обоснованием целесообразности применения спринклерного орошения;
- исследовать динамику водопотребления и водного режима почвы с группировкой данных и выявлением закономерностей по вариантам изучаемых приемов возделывания картофеля;
- провести анализ особенностей формирования водного режима почвы в зависимости от зоны контроля предполивной влажности почвы;
- изучить фотосинтетическую активность картофеля при разных способах посадки и в зависимости от зоны контроля предполивной влажности почвы;
- установить закономерности формирования структуры и качества урожая клубней картофеля при спринклерном орошении;
- дать оценку экономической эффективности и инвестиционной привлекательности возделывания картофеля при спринклерном орошении.

Научная новизна. Впервые в регионе исследований проведено научное обоснование элементов технологии возделывания картофеля при спринклерном

орошении. Установлены закономерности водопотребления и формирования водного режима почвы в зависимости от зоны контроля предполивной влажности при спринклерном орошении. Определены приемы, обеспечивающие гарантированное получение свыше 50 т/га товарных клубней картофеля.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлены закономерности формирования водного режима почвы в зависимости от размещения зоны контроля предполивной влажности почвы, а также фотосинтетической активности посевов, формирования структуры и качества урожая клубней картофеля при разных способах посадки на фоне спринклерного орошения.

Практическая значимость работы заключается в обосновании совокупности оптимальных приемов возделывания картофеля при спринклерном орошении, обеспечивающих формирование свыше 50 т/га товарных клубней картофеля с минимальными затратами воды на создание урожая.

Разработанная технология спринклерного орошения картофеля прошла проверку в КФХ «Выборнов В.Д.» Ленинского района Волгоградской области на площади 8 га. Результаты испытаний обеспечили получение свыше 50 т/га товарных клубней при рентабельности производства 112,4 %.

Объект и предмет исследований. Объект исследований – посадки картофеля в зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья при орошении стационарными дождевальными системами спринклерного типа. Предмет исследований – элементы технологии возделывания картофеля при использовании для полива стационарных дождевальных систем.

Методология и методы исследований. Теория и методология исследований основана на анализе научных трудов отечественных и зарубежных исследователей по изучаемой проблеме.

В работе применялись аналитический, экспериментальный (полевые опыты и лабораторные исследования почвенных и растительных образцов), статистический (математический анализ полученных результатов исследований) и экономический методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- особенности формирования водного режима почвы при спринклерном орошении картофеля;
- закономерности продукционного процесса картофеля при разных способах посадки на фоне спринклерного орошения;

– научно-обоснованные параметры посадки картофеля и зона контроля предполивной влажности почвы при спринклерном орошении.

Степень достоверности исследований подтверждается использованием актуальных методик, достаточным объемом опытных данных, полученных с соблюдением необходимого числа повторений, которые согласуются с общими представлениями в данной отрасли сельскохозяйственной науки, использованием методов статистического анализа и обработки опытных данных.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы докладывались на международных научно-практических конференциях «Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля» (Рязань, 2015), «Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия» (Тверь, 2015), «Проблема управления водными и земельными ресурсами» (Москва, 2015), «Инновационное развитие аграрной науки и образования» (Махачкала, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ, из которых 3 - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Структура диссертации включает введение, 5 глав, заключение, предложения производству, список использованной литературы и приложения. Общий объем работы составляет 209 страниц, в том числе основного текста – 119 страниц. Работа содержит 28 таблиц, 25 рисунков, 27 приложений. Список использованной литературы включает 151 источник.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** дается общая характеристика работы, ее актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения диссертации, которые выносятся на защиту.

В первой главе «**Биология и особенности возделывания картофеля при разных способах орошения**» (**литературный обзор**) дан анализ научной литературы по вопросам биологии и морфофизиологическим особенностям картофеля, перспективным приемам возделывания в России и за рубежом.

Обобщение научного и практического опыта позволило сделать обоснованный вывод, что его агротехника носит четко выраженный зональный характер, а эффективность орошения – зависит от способа полива. Подчеркиваются

большие перспективы использования спринклерного орошения. В то же время отсутствие данных для научного обоснования эффективного способа посадки картофеля при спринклерном орошении, необходимость оптимизации методов контроля предполивной влажности почвы с возможностью использования стационарных почвенных датчиков определило актуальность и основные направления наших исследований.

Во второй главе «**Программа и методы исследований**» дано обоснование программы исследований, приведено описание основных используемых методик и условий проведения полевого эксперимента.

Эксперимент по обоснованию способа посадки картофеля при спринклерном орошении и способов организации инструментального контроля предполивной влажности почвы с возможностью использования современных стационарных влагомеров проводился по двухфакторной схеме:

Фактор А – Способ посадки картофеля: вариант А1(контроль) - посадка в гребень с междурядьем по схеме 0,7 м; вариант А2 - посадка ленточным двухстрочным способом по схеме 0,5×0,7 м; вариант А3 - посадка ленточным двухстрочным способом по схеме 0,5×0,9 м; вариант А4 - посадка ленточным двухстрочным способом по схеме 0,5×1,1 м.

Фактор В – Способ контроля влажности почвы: вариант В1(контроль) - определение по средней смешанной пробе в рядке и междурядье; вариант В2 - организация контроля предполивной влажности почвы в междурядье; вариант В3 - организация контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке).

Закладка полевого эксперимента проводилась методом расщепленных делянок, где площадь делянок первого уровня (фактор А) составила 840 м², делянок второго уровня (фактор В) – 280 м².

Полевые исследования проводились в 2012-2014 гг. на базе КФХ «Садко» Дубовского района Волгоградской области с районированным сортом картофеля Импала. Почвы опытного участка светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона. Плотность сложения почвы в пахотном слое – 1,21-1,25 т/м³, наименьшая влагоемкость – 22,1-22,5 % от массы сухой почвы, содержание доступных форм азота – 21,3-27,9 мг/кг, фосфора – 24,1-24,7 мг/кг, калия – 323-341 мг/кг массы сухой почвы. По общей характеристике метеорологических условий 2013 год (185,5 мм осадков за вегетацию) был влажный, 2012 и 2014 годы (соответственно 64,0 и 49,5 мм осадков) – засушливые.

Для полива использовали стационарную систему дождевания на основе дождевальных аппаратов спринклерного типа. Расстановка дождевальных аппаратов осуществлялась через 12 м. Производительность дождевальных аппаратов, используемых для полива опытных посадок, – 500 л/час, что при принятой схеме расстановки дождевателей обеспечивает за час подачу около 35 м³/га. Поливы проводили при снижении влажности активного слоя почвы до 70%НВ поливной нормой 420 м³/га в период от посадки до начала фазы бутонизации и далее при нижнем пороге 80%НВ – поливной нормой 280 м³/га.

В соответствии с требованиями методики полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985), методики полевого опыта в условиях орошения (Плешаков В.Н., 1983), основ научных исследований в агрономии (Моисейченко В.Ф., 1996) исследования сопровождались фенологическими наблюдениями и биометрическими учетами с последующей обработкой данных методами статистического анализа. Влажность почвы, максимальную гигроскопическую влажность определяли по ГОСТ 28268-89, содержание доступных форм минеральных элементов – по ГОСТ 26205, ГОСТ 23213. Выход товарных клубней определяли с учетом требований ГОСТ 7176-85.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В третьей главе **«Особенности формирования водного режима почвы при спринклерном орошении картофеля»** приведены результаты полевого эксперимента по использованию спринклерного орошения для полива картофеля, выполнен анализ закономерностей формирования водного режима почвы и водопотребления картофеля при разных способах посадки и в зависимости от способа организации контроля предполивной влажности почвы.

Полевые исследования показали, что наибольшая вариативность режима орошения картофеля связана с условиями естественной влагообеспеченности территории в рассматриваемые сроки, которые определили изменение потребности в вегетационных поливах от 3-5 во влажный 2013 год, до 7-9 в засушливые 2012 и 2014 годы (таблица 1).

Сдвиг дат проведения поливов также наблюдался и по отдельным вариантам опыта, хотя и в меньшей степени, чем по годам исследований. Наименьшее число поливов, от 3 до 7-ми за вегетационный период, во все годы исследований проводилось на участках, где использовали ленточный способ посадки

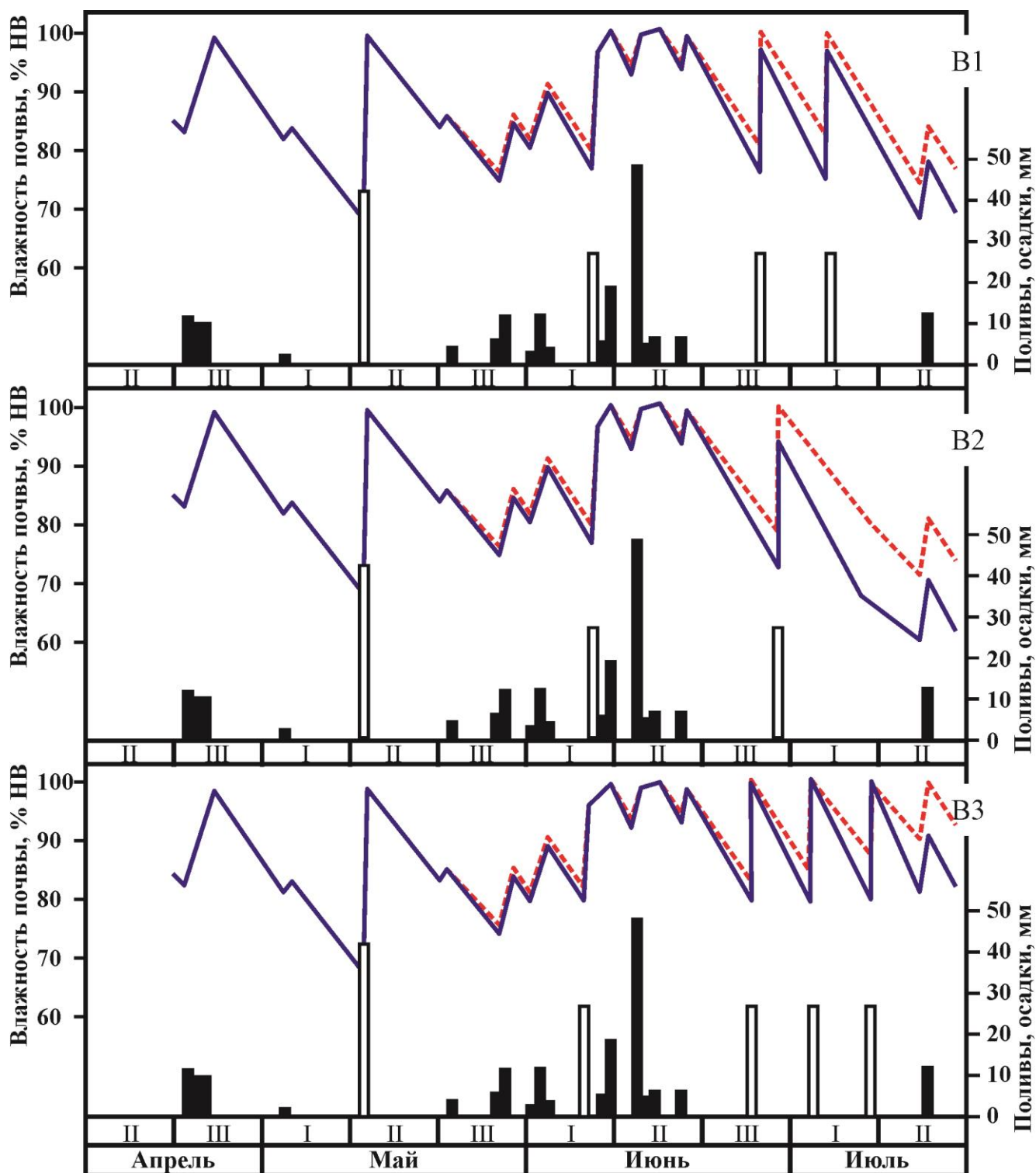
картофеля с междурядьями 0,9 и 1,1 м, а контроль предполивной влажности почвы осуществляли в междурядье. Наибольшее число поливов, от 5 до 9-ти за вегетационный период, в годы исследований было проведено при тех же способах посадки, но при осуществлении контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке).

Таблица 1 – Водопотребление и режим спринклерного орошения картофеля при разных способах посадки в зависимости от способа организации контроля предполивной влажности почвы

Варианты опыта		Число поливов за вегетационный период			Средняя оросительная норма		Суммарное водопотребление, м ³ /га	Биоклиматический коэффициент, мм ⁰ /С
Способ посадки (фактор А)	Способ контроля влажности почвы (фактор В)	2012 г.	2013 г.	2014 г.	м ³ /га	%		
А1 (контроль)	В1	8	4	8	2147	64,5	3317	0,186
	В2	8	4	8	2147	64,7	3310	0,186
	В3	8	4	8	2147	64,4	3323	0,187
А2	В1	8	4	8	2147	64,6	3313	0,187
	В2	8	4	8	2147	64,8	3307	0,187
	В3	8	4	8	2147	64,6	3313	0,187
А3	В1	8	4	8	2147	61,1	3510	0,190
	В2	7	3	7	1867	56,5	3287	0,187
	В3	9	5	9	2427	66,0	3673	0,193
А4	В1	8	4	8	2147	63,6	3370	0,186
	В2	7	3	7	1867	58,2	3200	0,183
	В3	9	5	9	2427	69,4	3490	0,188

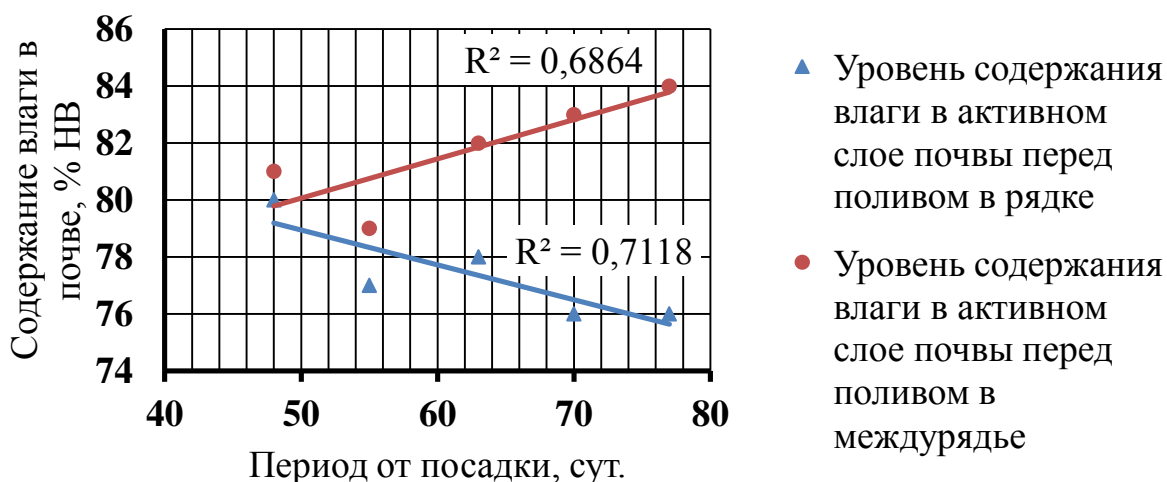
Исследованиями установлено, что изменение режима орошения картофеля связано с существенной дифференциацией динамики водного режима почвы в рядке и междурядье при расстоянии между соседними лентами растений 0,9 м и более, обусловленной особенностями отбора влаги корневой системой и определенной инерционностью передвижения влаги в почве (рисунок 1).

При этом в зависимости от размещения зоны инструментального контроля предполивной влажности формирование водного режима почвы происходит по разному (рисунок 2). При контроле влажности почвы по схеме варианта В1 (средняя смешанная проба из рядка и междурядий), предполивная влажность почвы в зоне размещения растений к концу сезона снижается до 76 % НВ, тогда как в междурядье влажность почвы перед поливом достигает 84 % (при заданном предполивном уровне 80 % НВ).

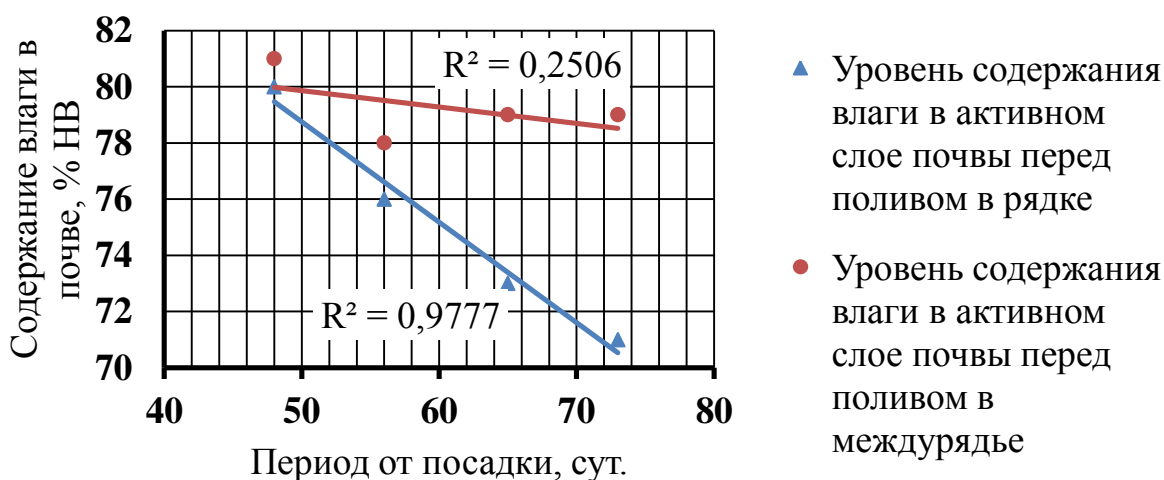


— осадки, поливы; — содержание почвенной влаги по данным мониторинга в рядке; - - - содержание почвенной влаги по данным мониторинга в междурядье

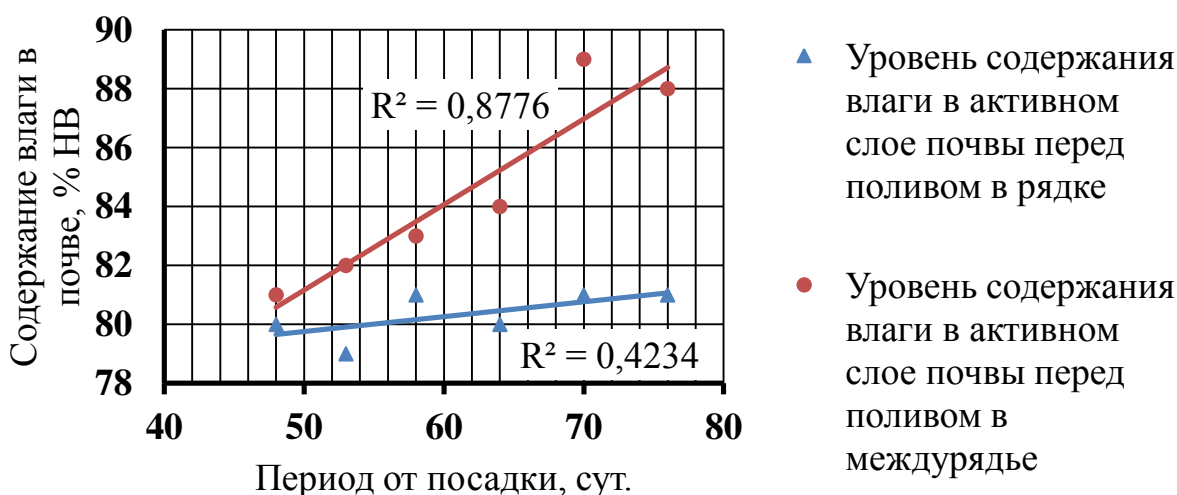
Рисунок 1 – Формирование водного режима почвы при спринклерном орошении картофеля в 2013 году (способ посадки – ленточный двустрочный по схеме 0,5×0,9 м)



а) контроль влажности активного слоя почвы по смешанному типу



б) контроль влажности активного слоя почвы в междурядье



в) контроль влажности активного слоя почвы в рядке

Рисунок 2 – Тренды изменения влажности почвы перед поливом в междурядье и в среде растений в зависимости от способа организации контроля предполивной влажности почвы (посадка ленточным способом по схеме 0,5×0,9 м, по средним данным за 2012-2014 гг.)

При организации контроля влажности почвы в междурядье (вариант В2) предполивное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений к концу сезона снижается до 71 % НВ, а в междурядье при этом выдерживается заданный предполивной уровень, 80 % НВ. Организация контроля влажности почвы в рядке позволяет выдерживать заданный предполивной уровень, 80 % НВ, в зоне размещения растений, а в междурядье при этом наблюдается увеличение влажности почвы перед поливом до 88 % НВ.

Спринклерное орошение, как способ низкоинтенсивного дождевания, позволяет проводить полив без формирования поверхностного стока, чем обеспечивается высокая эффективность использования оросительной воды. Оросительная норма при спринклерном орошении картофеля не превышала 1867–2427 м³/га, что составляет 56,5–69,4 % приходной части водного баланса. Суммарное водопотребление картофеля по вариантам опыта изменялось в среднем за три года от 3307 до 3673 м³/га.

Установлено, что при совокупном использовании ленточного способа посадки и увеличении междурядного расстояния до 0,9 м, суммарное водопотребление картофеля увеличивается на 10,5 %. Для решения задач прогнозирования водопотребления и водного режима почвы при спринклерном орошении картофеля исследованиями уточнены значения биоклиматических коэффициентов, которые, как было установлено, не одинаковы для разных способов посадки и отличаются по вариантам организации инструментального контроля предполивной влажности почвы. При посадке картофеля в гребень или ленточным способом с междурядьем 0,7 м средние за вегетацию значения биоклиматических коэффициентов составили 0,186–0,187 мм⁰/С независимо от способа контроля предполивной влажности почвы.

При посадке картофеля ленточным способом с междурядьем 0,9 м такие значения температурных коэффициентов сохранились только на участках, где контроль предполивной влажности почвы осуществляли в междурядьях (вариант В2). При организации контроля предполивной влажности почвы по средней смешанной пробе из рядка и междурядий (вариант В1) значение биоклиматических коэффициентов возрастало до 0,190 мм⁰/С, а при контроле предполивного уровня в зоне размещения растений (в рядке), – до 0,193 мм⁰/С.

В четвертой главе «**Закономерности продукционного процесса картофеля при спринклерном орошении**» приведены опытные данные и дан их анализ по вопросам роста и развития картофеля, фотосинтетической активности

посадок, динамике накопления и особенностям распределения органического вещества, структуре урожая раннего картофеля.

Известно, что потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур имеет прямую связь с продолжительностью вегетационного периода. Нашими исследованиями установлено, что продолжительность вегетационного периода картофеля возрастает на 3-5 суток при переходе на ленточный способ посадки с междурядьем 0,9 м в совокупности с организацией контроля предполивной влажности почвы в рядке (вариант В3) или по средней смешанной пробе из рядка и междурядий (вариант В1). При увеличении междурядий до 1,1 м в вариантах с ленточным способом посадки продолжительность вегетационного периода картофеля была, в среднем, на 2 суток меньше, чем в вариантах с формулой посадки 0,5×0,9 м (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели продукционного процесса картофеля при спринклерном орошении (среднее 2012-2014 гг.)

Варианты опыта		Продолжительность вегетационного периода, сут.	Показатели фотосинтеза			Сухая биомасса картофеля с клубнями, т/га
Способ посадки (фактор А)	Способ контроля влажности почвы (фактор В)		Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² сут./га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сут.	
А1 (контроль)	В1	68	37,1	1782	5,06	9,02
	В2	68	36,9	1778	5,07	9,02
	В3	68	37,1	1786	5,07	9,06
А2	В1	68	39,3	1841	5,06	9,32
	В2	68	39,2	1838	5,05	9,30
	В3	68	39,4	1843	5,06	9,33
А3	В1	71	42,1	1989	5,28	10,51
	В2	67	38,4	1786	5,14	9,19
	В3	73	44,6	2170	5,43	11,78
А4	В1	69	37,3	1734	5,07	8,78
	В2	67	34,2	1563	4,82	7,55
	В3	71	41,2	1923	5,27	10,13
НСР ₀₅ для частных средних		2,1	2,4	-	-	0,52

Исследования показали, что фотосинтетическую деятельность картофеля можно активизировать за счет перехода на ленточный способ посадки с междурядным расстоянием 0,9 м, но только при условии организации контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке). При этом в сравнении с контролем (посадка в гребень через 0,7 м) увеличались: максимальная площадь листьев картофеля – на 20,2 %; чистая продуктивность фото-

синтеза – на 0,36 г/м²; фотосинтетический потенциал – на 384 тыс. м²/га и формировались наибольшая величина сухого вещества – 11,78 т/га. Ухудшение условий водного питания при организации контроля предполивной влажности почвы в междурядье определило снижение сухой биомассы картофеля в среднем на 22 %, за счет снижения общей динамики формирования фотосинтетического потенциала (на 17 %) и продуктивности фотосинтеза (на 5 %). При увеличении ширины междурядий с 0,9 м до 1,1 м или его сокращении до 0,7 м масса накопленного сухого вещества картофеля снижалась на 3-7 %.

Опытами установлено, что наибольшая индивидуальная продуктивность растений картофеля формируется при использовании ленточного способа посадки с междурядьями 0,9 и 1,1 м в сочетании с организацией контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений – 961-976 г (таблица 3).

Таблица 3 – Структура урожая картофеля по вариантам опыта (среднее 2012-2014 гг.)

Варианты опыта		Индивидуальная продуктивность растений, г	Выход товарной продукции, %	Число товарных клубней на растении, шт.	Средняя масса товарного клубня, г	Доля фракции клубней картофеля по массе, %		
Способ посадки (фактор А)	Способ контроля влажности почвы (фактор В)					более 100 г	50-100 г	менее 50 г
А1 (контроль)	В1	747	94,2	8,8	80	29,8	55,5	14,7
	В2	749	94,2	8,7	81	29,5	57,0	13,5
	В3	739	95,2	8,7	81	30,0	56,0	14,0
А2	В1	673	91,1	8,1	76	24,5	58,7	16,8
	В2	681	89,9	7,9	77	26,3	58,9	14,8
	В3	675	90,7	8,0	76	26,7	57,5	15,8
А3	В1	861	95,2	9,2	89	36,0	55,4	8,6
	В2	790	92,5	8,6	85	32,0	58,0	10,0
	В3	961	97,1	9,8	95	34,8	62,8	2,4
А4	В1	870	91,4	8,6	92	37,3	57,0	5,7
	В2	790	88,1	8,3	84	31,8	56,5	11,7
	В3	979	95,6	9,6	97	37,5	60,9	1,6
НСР ₀₅ для частных средних		35	-	0,52	3,4	-	-	-

Чуть ниже на этих же участках по способам посадки, продуктивность растений картофеля была при организации контроля предполивной влажности почвы по средней смешанной пробе – 861-870 г (вариант В1). Исследования показали, что сам по себе переход на ленточный способ посадки не обеспечивает улучшение структуры урожая картофеля. В опытах такой переход с сохране-

нием междурядья 0,7 м сопровождался снижением среднего числа товарных клубней на кусте на 7,9-9,2 %. Сочетание перехода на ленточный способ посадки картофеля с одновременным увеличением междурядья до 0,9 м и организацией контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке) обеспечивает увеличение среднего числа товарных клубней с одного растения с 8,7-8,8 до 9,8 шт. и средней массы одного клубня – с 80-81 г до 95 г. При этом выход товарных клубней увеличивается до 97,1 %, из которых 97,6 % приходится на среднюю (50-100 г) и крупную (свыше 100 г) фракции и только 2,4 % на мелкую (до 50 г) фракцию.

В пятой главе «**Эффективность возделывания картофеля при спринклерном орошении**» приведены результаты оценки реализации потенциала продуктивности картофеля и эффективности использования водных ресурсов при спринклерном орошении, дан экономический анализ возделывания картофеля при разных способах посадки. Исследования показали, что использование спринклерного орошения позволяет эффективно реализовывать потенциал продуктивности картофеля. В опыте урожайность 40,1 т/га удалось получить даже на контрольном варианте с посадкой в гребень через 0,7 м (таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность производства раннего картофеля при спринклерном орошении

Варианты опыта		Урожайность, т/га				Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Эксплуатационная эффективность производства картофеля	
Способ посадки (фактор А)	Способ контроля влажности почвы (фактор В)	2012 г.	2013 г.	2014 г.	средняя		себестоимость, руб./кг	рентабельность, %
А1 (контроль)	В1	36,5	41,0	42,9	40,1	83,0	7,5	65,6
	В2	36,4	41,1	42,9	40,1	82,8	7,5	65,6
	В3	36,6	41,1	43,0	40,2	82,9	7,5	66,0
А2	В1	37,0	41,8	44,4	41,1	81,1	8,1	54,0
	В2	36,9	41,7	44,5	41,0	81,0	8,1	53,6
	В3	36,9	41,8	44,4	41,0	81,2	8,1	53,6
А3	В1	43,7	46,2	50,1	46,7	75,4	6,6	88,4
	В2	38,0	41,2	45,9	41,7	79,2	7,1	75,0
	В3	49,7	53,4	56,2	53,1	69,4	6,1	104,7
А4	В1	36,2	38,5	40,8	38,5	87,7	7,3	72,0
	В2	30,3	34,1	36,8	33,7	95,4	8,0	57,1
	В3	42,9	45,2	47,7	45,3	77,2	6,5	92,2
НСР ₀₅	Фактор А	1,85	1,94	1,68	–	–	–	–
	Фактор В	1,61	1,68	1,46	–	–	–	–
	АВ	3,21	3,36	2,91	–	–	–	–

Для изучения общих закономерностей изменения урожайности картофеля в зависимости от способа посадки и зоны размещения инструментального контроля уровня предполивной влажности почвы на участке исследованиями предусматривалась разработка статистической модели класса регрессии. В качестве численной шкалы аргументов (независимых предикторов) модели в рамках фактора А использованы значения междурядий: для гребневой посадки – 0,7, для посадки по технологии сдвоенного рядка, – соответственно 0,7, 0,9 и 1,1 м. По фактору В (вариант контроля влажности почвы) за нулевую координату был принят контрольный вариант с размещением зоны мониторинга предполивной влажности почвы по смешанному типу (и в рядке и в междурядье). Было принято, что при размещении зоны контроля предполивной влажности почвы в междурядье аргумент модели принимает значение (-1), а при организации контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений аргумент принимает значение (+1). Статистические исследования урожайных данных стандартными методами регрессионного анализа позволили подобрать оптимальную форму и определить параметры уравнения регрессии:

$$Y=a+b/S+c \cdot R+d/S^2+e \cdot R^2+f \cdot R/S$$

где Y – урожайность картофеля, т/га, S – ширина междурядий, м, R – значение аргумента, характеризующего размещение зоны инструментального контроля предполивной влажности почвы (от -1 до +1). Параметры уравнения регрессии, a=-114,4; b=274,2; c=17,8; d=-116,1; e=0,41; f=-12,3 верифицированы по данным трехлетнего полевого опыта. Коэффициент детерминации уравнения $r^2 = 0,93$, что свидетельствуют о хорошей сходимости опытных и теоретических данных.

Из графика зависимости видно, что распределение урожайных данных в зависимости от исследуемых факторов имеет один, достаточно четко определенный оптимум (рисунок 3).

Существенный рост урожайности наблюдается с изменением междурядного расстояния от 0,7 до 0,9 м и изменением значения аргумента, характеризующего размещение зоны инструментального контроля предполивной влажности почвы от (-1) до (+1). В опытах наибольшая урожайность картофеля составила, в среднем, 53,1 т/га и была получена в варианте с посадкой картофеля ленточным способом с междурядьем 0,9 м и организацией контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений.

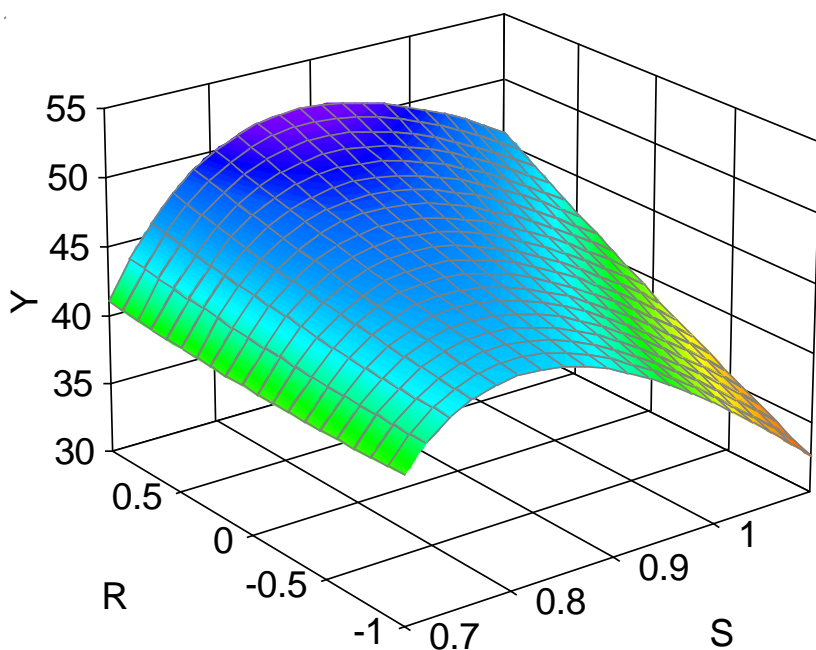


Рисунок 3 – График изменения урожайности, Y , раннего картофеля при разных способах посадки, S , и в зависимости от способа организации инструментального контроля предполивной влажности почвы, R

Анализ показал, что контроль предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке) в сравнении с альтернативными способами контроля (в междурядье и по средней смешанной пробе) наряду с общим увеличением суммарного водопотребления обеспечивает наиболее экономное расходование влаги на формирование урожая картофеля. Наименьший коэффициент водопотребления был на участках, где использовали ленточный двустрочный способ посадки с междурядьями 0,9 м, а поливы проводили при достижении заданного порога влажности почвы в зоне размещения растений – $69,4 \text{ м}^3/\text{т}$.

Экономический анализ эффективности производства раннего картофеля при спринклерном орошении проводился в 2 этапа. На первом этапе были определены показатели которые характеризуют эксплуатационную эффективность производства раннего картофеля. Помимо рентабельности была определена себестоимость килограмма продукции, которая изменялась от 8,1 руб./кг на участках с ленточным способом посадки картофеля при междурядьях 0,7 м до 6,1 руб./кг на участках, где ленточный способ посадки использовали с междурядьями 0,9 м, а контроль предполивной влажности почвы был организован в зоне размещения растений.

На втором этапе анализа на этом же варианте были получены наилучшие показатели доходности потенциальных инвестиционных проектов выращивания раннего картофеля при спринклерном орошении (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели инвестиционной привлекательности проектов возделывания картофеля при спринклерном орошении (расчетная площадь 2 га, расчетный период 5 лет)

Варианты опыта		Накопленный дисконтированный отток, руб.	Накопленный дисконтированный приток, руб.	Чистый дисконтированный доход, руб.	Индекс доходности дисконтированных затрат	Срок окупаемости проекта, лет
Способ посадки (фактор А)	Способ контроля влажности почвы (фактор В)					
А1 (контроль)	В1	2545481	3207345	661864	1,26	2
	В2	2545481	3207345	661864	1,26	2
	В3	2546304	3215343	669039	1,26	2
А2	В1	2778310	3287328	509018	1,18	2
	В2	2777486	3279330	501844	1,18	2
	В3	2777486	3279330	501844	1,18	2
А3	В1	2599832	3735237	1135405	1,44	1
	В2	2509995	3335318	825323	1,33	1
	В3	2707188	4247132	1539944	1,57	1
А4	В1	2375089	3079371	704282	1,30	2
	В2	2286898	2695449	408551	1,18	2
	В3	2485739	3623260	1137521	1,46	1

Экономические расчеты показали, что даже с учетом дисконтирования денежных потоков по проекту с расчетной площадью 2 га за расчетный период 5 лет при использовании рекомендуемой технологии можно получить 1539944 руб. чистого дохода, при индексе доходности дисконтированных затрат 1,57 и сроке окупаемости инвестиций не более 1 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение спринклерного орошения картофеля при оптимизации параметров посадки и водного режима почвы обеспечивает получение свыше 50 т/га товарных клубней при рациональном использовании водных ресурсов.

Сравнение на фоне спринклерного орошения эффективности широкорядного способа посадки картофеля с междурядьями 0,7 м и ленточного способа посадки картофеля с формированием «сдвоенного» ряда показал статистически значимое преимущество последнего с возможностью увеличения урожая клубней на 32,1 %. Наибольшая урожайность товарных клубней, 49,7-56,2 т/га, получена при посадке картофеля по технологии «сдвоенного» ряда со схемой посадки 0,5×0,9 м.

При увеличении расстояния между соседними лентами растений до 0,9 м и более на фоне спринклерного орошения наблюдается существенная дифференциация динамики водного режима почвы в рядке и междурядье. Последнее

является следствием функции отбора влаги корневой системой растений, которая характеризует существенное усиление процесса в зонах с высокой плотностью размещения корней, и дифференциацией плотности размещения корней в горизонтальной плоскости при ширине междурядий 0,9 м и более.

Расхождения по динамике водного режима почвы в рядке и междурядье наблюдаются с начала фазы цветения, имеют тенденцию постепенному росту по линейному закону и к концу вегетационного периода достигают, в среднем 8-9 % НВ. При этом в зависимости от размещения зоны инструментального контроля предполивной влажности имеют место следующие особенности формирования водного режима почвы:

– при контроле влажности почвы по смешанному типу (по средней пробе из рядка и междурядья) предполивное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений при заданном уровне 80%НВ к концу сезона снижается до 76%НВ, тогда как в междурядье влажность почвы перед поливом достигает 84%НВ;

– при контроле влажности почвы в междурядье предполивное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений к концу сезона снижается до 71%НВ; при этом в междурядье заданный порог предполивной влажности почвы 80%НВ, выдерживается;

– при контроле влажности почвы в рядке предполивное содержание почвенной влаги в зоне размещения растений поддерживается на заданном уровне 80%НВ; при этом в междурядье наблюдается существенный тренд к росту предполивного уровня влажности почвы до 88%НВ.

Суммарное водопотребление картофеля при спринклерном орошении составляет 3307-3673 м³/га, изменяясь в зависимости от параметров посадки и особенностей формирования водного режима почвы при организации инструментального контроля предполивной влажности в разных зонах. Отмечен рост суммарного водопотребления на 10,5 % при использовании ленточного способа посадки и увеличении ширины междурядий с 0,7 до 0,9 м. При дальнейшем увеличении ширины междурядий с 0,9 до 1,1 м наблюдается снижение суммарного водопотребления картофеля на 150 м³/га. От 56,5 до 69,4 % суммарного водопотребления восполняется за счет подачи оросительной воды.

Влияние вариантов организации инструментального контроля порога предполивной влажности почвы на продолжительность межфазных периодов проявляется только в сочетании с посадкой картофеля ленточным способом при

ширине междурядий 0,9 м и более. При этом с переходом от зоны контроля влажности почвы в междурядье к организации инструментального контроля предполивного порога в рядке продолжительность вегетационного периода картофеля возрастала на 4-6 суток.

Наиболее развитые посадки картофеля с максимальной площадью листьев 44,6 тыс. м²/га, фотосинтетическим потенциалом 2170 тыс. м² сутки/га, средневзвешенными значениями продуктивности фотосинтеза на уровне 5,43 г/м² в сутки, биомассой 11,78 т/га, формируются при использовании ленточного способа посадки по технологии «сдвоенного» рядка в сочетании с организацией инструментального контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке). При организации контроля предполивной влажности почвы в междурядье сухая биомасса картофеля снижалась, в среднем, на 22 %, за счет снижения общей динамики формирования фотосинтетического потенциала на 17 % и продуктивности фотосинтеза на 5 %. Увеличение ширины междурядий с 0,9 м до 1,1 м или их уменьшение до 0,7 м сопровождается снижением накопления биомассы картофеля на 3-7 %.

Переход на технологию посадки картофеля в «сдвоенный» рядок в сочетании с увеличением ширины междурядий с 0,7 м до 0,9 м и организацией инструментального контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке) сопровождался увеличением среднего числа товарных клубней с одного растения с 8,7-8,8 до 9,8 шт. и средней массы одного клубня – с 80-81 г до 95 г. При этом с переходом на технологию посадки в «сдвоенный» рядок с сохранением междурядий 0,7 м среднее число товарных клубней на растении снижалось до 7,9-8,1 шт., а средняя масса клубня – до 76-77 г.

С увеличением ширины междурядий при посадке картофеля ленточным способом на фоне спринклерного орошения с организацией инструментального контроля предполивной влажности почвы в рядке возрастает доля средней и крупной фракции клубней картофеля и снижается доля мелкой фракции. Получение наибольшей доли средней (85 %) и крупной (34,8-37,5 %) фракции при одновременном снижении доли мелкой фракции клубней до 1,6-2,4 % обеспечивается при посадке картофеля по технологии «сдвоенного» рядка с шириной междурядий 0,9 и 1,1 м в сочетании с организацией инструментального контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений.

Получение наибольшей урожайности товарных клубней 49,7-56,2 т/га, обеспечивается при сочетании посадки картофеля по технологии «сдвоенного»

рядка и организации инструментального контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений. При этом выход товарных клубней достигает 97,1 %.

Контроль предполивной влажности почвы в зоне размещения растений в сравнении с альтернативными способами контроля (в междурядье и по смешанному типу) наряду с общим увеличением суммарного водопотребления посадок обеспечивает наиболее экономное расходование влаги на формирование урожая. Наименьшие затраты воды на формирование урожая, 69,4 м³/т, обеспечиваются, если поливы проводить при достижении влажности почвы в зоне размещения растений предполивного уровня, а для посадки использовать технологию «сдвоенного» ряда с шириной междурядий 0,9 м.

Посадка в «сдвоенный» рядок по схеме 0,5×0,9 м в сочетании с организацией инструментального контроля предполивной влажности почвы в зоне размещения растений (в рядке) обеспечивает формирование наиболее привлекательных для инвестиций проектов с индексом доходности вложенных затрат не менее 1,57 и сроком окупаемости – не более 1 года.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для стабильного получения свыше 50 т/га товарных клубней в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья при возделывании ранних сортов картофеля рекомендуется:

- применять спринклерное орошение с проведением поливов при снижении влажности активного слоя почвы до 70%НВ в период от посадки до начала фазы бутонизации и далее при нижнем пороге 80%НВ;
- использовать ленточный способ посадки картофеля в «сдвоенный» рядок по схеме 0,5×0,9 м;
- контроль предполивной влажности почвы осуществлять в рядке, что позволяет поддерживать заданный водный режим в зоне размещения растений при минимальных затратах воды на формирование урожая.

Перспективы дальнейшей разработки выбранного направления исследований видятся в расширении состава районированных сортов картофеля по разным группам спелости, изучении возможности использования освежительных поливов, оценке эффективности использования разных конструкций спринклеров для полива картофеля.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Дубенок, Н.Н. Продуктивность картофеля при спринклерном орошении / Н.Н. Дубенок, **Р.А. Чечко**, А.Ф. Дружкин // Плодородие. – 2015. – № 1 (82). – С.35-37 (0,33 п.л., авт. –0,2).

2. Дубенок, Н.Н. Водопотребление и продуктивность раннего картофеля при спринклерном орошении / Н.Н. Дубенок, **Р.А. Чечко**, А.Ф. Дружкин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С.15-18 (0,39 п.л., авт. – 0,17).

3. Дубенок, Н.Н. Потенциал продуктивности раннего картофеля и эффективность его реализации при спринклерном орошении / Н.Н. Дубенок, **Р.А. Чечко** // Проблемы развития АПК региона. – №1(25).-Ч.1.- 2016. –С.28-31 (0,42 п.л., авт. – 0,28).

В периодических изданиях и материалах научных конференций:

4. Дубенок, Н.Н. Оптимальные схемы посадки раннего картофеля при орошении стационарными системами спринклерного типа / Н.Н. Дубенок, **Р.А. Чечко** // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: материалы международной научно-практической конференции. – Тверь: ВНИИМЗ, 2015. – С.13-17 (0,28 п.л., авт. – 0,15).

5. Дубенок, Н.Н. Обоснование способа посадки раннего картофеля при орошении стационарными дождевальными системами / Н.Н. Дубенок, **Р.А. Чечко** // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник науч. трудов – Вып. 12. – Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – С.42-47 (0,41 п.л., авт. – 0,3).