

На правах рукописи

Новиков Алексей Андреевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ
НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА РОССИИ**

Специальность: 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание
ученой степени доктора сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2022

Работа выполнена в ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия»

- Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН
Мелихов Виктор Васильевич
- Официальные
оппоненты: **Тютюма Наталья Владимировна**,
директор ФГБНУ «Прикаспийский АФНЦ»,
доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН
Дубовик Дмитрий Вячеславович,
первый заместитель директора
ФГБНУ «Курский ФАНЦ»,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор РАН
Манохина Александра Анатольевна,
профессор кафедры сельскохозяйственных
машин ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева»,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
- Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр картофеля
имени А. Г. Лорха»**

Защита состоится 15 сентября 2022 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г. и размещен на сайтах: ВАК Министерства науки и высшего образования РФ: <http://vak.minobrnauki.gov.ru> «__» _____ 2022 г.; ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ»: [http:// www.stgau.ru](http://www.stgau.ru) «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Безгина Юлия Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Чтобы обеспечить все возрастающие потребности в картофеле в нашей стране, необходимо его промышленное производство, которое на юге России, где резко континентальный сухой и жаркий климат, возможно только на орошении. Однако урожайность картофеля даже при орошении остается очень низкой. По данным Росстата (2021), за период 2010–2015 гг. урожайность картофеля в Волгоградской области составила 17,2, в Ростовской – 19,6, Краснодарском крае – 11,7 т/га. Такой уровень урожайности не достаточен для расширенного воспроизводства и не обеспечивает потребности региона в продовольственном картофеле и сырье для его переработки.

На юге России проблеме производства картофеля на орошаемых землях посветили свои работы И. П. Кружилин, А. А. Навитня, В. В. Бородычев, В. В. Мелихов, Т. Н. Дронова, В. А. Шляхов и другие ученые. Ими разработаны и рекомендованы производству режимы полива картофеля дождеванием и по бороздам, способы обработки почвы, нормы и сроки внесения удобрений, уходовые мероприятия за посадками картофеля, интегрированные системы защиты от вредителей, болезней и сорняков.

Однако в современных условиях хозяйствования и в связи с появлением новых технических средств по выполнению технологических операций по возделыванию картофеля; внедрением в производство более прогрессивных способов орошения; существенным удорожанием техники, минеральных удобрений, оросительной воды и других материально-технических ресурсов, применяемых при выращивании картофеля, остро встает вопрос об усовершенствовании существующих и разработке новых технологических приемов возделывания культуры, оптимизации режимов орошения и норм полива, обеспечивающих получение урожайности картофеля на уровне 50–60 т/га, улучшение физических и химических свойств почв, экономное расходование поливной воды.

Работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ Всероссийского НИИ орошаемого земледелия по следующим направлениям: 03.04.02, 03.03.02, 0714-2014-0007 «Разработать ресурсосберегающие и почвозащитные технологии орошения сельскохозяйственных культур, обеспечивающие высокопродуктивное долготлетие мелиорируемых агроландшафтов степной и полупустынной зон РФ».

Цель исследований – разработать научные основы размещения картофеля в звеньях полевого севооборота с включением промежу-

точной сидеральной культуры, усовершенствовать и разработать новые технологические приемы возделывания и полива картофеля на орошаемых черноземных и светло-каштановых почвах юга России.

Задачи исследований:

1. Разработать научные основы построения звеньев полевых севооборотов с картофелем и использованием промежуточной сидеральной культуры, обеспечивающих высокую продуктивность возделываемых культур, увеличение поступления в почву органического вещества и улучшение физических и химических свойств орошаемого чернозема южного.
2. Изучить процессы формирования урожая картофеля и его качества: особенности фотосинтетической деятельности, динамики накопления надземной, подземной массы и линейного роста растений в зависимости от технологических приемов его возделывания и размещения в звене орошаемого полевого севооборота.
3. Усовершенствовать систему основной и предпосадочной обработки почвы, способы внесения минеральных удобрений, а также направление нарезки гребней при весенней и летней посадках, обеспечивающих получение на орошаемых черноземных и светло-каштановых почвах Юга России 50–60 т/га высококачественных клубней.
4. Усовершенствовать режимы орошения и способы полива картофеля, обеспечивающие экономное расходование поливной воды, рост урожайности и экономической эффективности возделывания культуры.
5. Провести экономическую оценку технологических приемов возделывания картофеля и звеньев севооборотов на орошаемых землях Юга России.

Научная новизна и теоретическая ценность работы подтверждена патентами РФ на изобретения и состоит в том, что на основе многолетних исследований для орошаемых черноземных и светло-каштановых почв Юга России дано теоретическое и экспериментальное обоснование звеньев полевого севооборота с картофелем и промежуточной сидеральной культурой, обеспечивающих рост урожайности картофеля и улучшение почвенного плодородия; изучены процессы формирования урожая картофеля и его качества, особенности фотосинтетической деятельности и динамики накопления надземной и подземной массы в зависимости от технологических приемов его выращивания и размещения в звене полевого севооборота; усовершенствованы системы обработки почвы и способы внесения минеральных удобрений, определены оптимальные направления нарезки гребней при весенней и летней посадках, а также разработаны

рациональные режимы орошения и способы полива картофеля, обеспечивающие получение 50–60 т/га высококачественных клубней и экономное расходование поливной воды; дана экономическая оценка разработанных технологических приемов возделывания картофеля, режимов орошения и звеньев полевого севооборота.

Практическая значимость работы. На основе многолетних исследований производству рекомендовано научно обоснованное трехпольное звено полевого орошаемого севооборота с картофелем и промежуточной сидеральной культурой, обеспечивающее рост урожайности картофеля и других культур, сохранение и повышение плодородия почвы. Предложена усовершенствованная система основной и предпосадочной обработки почвы, способы внесения минеральных удобрений, направление весенней и летней посадки картофеля, обеспечивающие получение на орошаемых черноземных и светло-каштановых почвах Юга России 50–60 т/га высококачественных клубней. Даны рекомендации по рациональным режимам орошения и способам полива картофеля, адаптированным к почвенно-климатическим условиям Юга России.

Результаты исследований внедрены на орошаемых землях ООО «АПК «Александровское» Панинского района Воронежской области на черноземе обыкновенном и ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области на черноземе южном на площади 159 га с суммарным годовым экономическим эффектом 18,9 млн 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:

- применение промежуточной сидеральной культуры в звене орошаемого полевого севооборота на черноземе южном обеспечивает получение высоких и стабильных урожаев картофеля с высокими технологическими качествами, сохранение и повышение почвенного плодородия;
- на формирование урожая картофеля существенное влияние оказывают его размещение в звене орошаемого полевого севооборота, способы полива, режимы орошения и технологические приемы выращивания;
- усовершенствованные технологические приемы возделывания картофеля оптимизируют систему обработки почвы, направление весенней и летней посадки и ленточное внесение минеральных удобрений;

- рациональные режимы орошения и способы полива картофеля обеспечивают экономное расходование поливной воды, рост урожайности и экономической эффективности возделывания культуры;
- разработанные и научно обоснованные звенья полевых севооборотов с промежуточной сидеральной культурой, технологические приемы возделывания, способы полива и режимы орошения повышают экономическую эффективность выращивания картофеля на орошаемых землях Юга России.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в планировании экспериментов, постановке целей и задач исследований, закладке и проведении полевых опытов, анализе, обобщении и интерпретации полученных результатов, внедрении их в производство, подготовке рукописи диссертации и рекомендаций производству, а также подготовке научных публикаций по выполненной работе.

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.

Публикации. Всего по теме диссертации опубликовано 26 научных работ, в том числе 2 статьи цитируются в базе Web of Science, 14 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 10 в ядре РИНЦ. Получено 2 патента РФ на изобретение и 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы изложены на международных (Москва, 2014, 2019; Волгоград 2016, 2017, 2020; Омск, 2020; Ростов-на-Дону, 2020; Астрахань, 2021, Краснодар, 2021) и всероссийской (Махачкала, 2020) научно-практических конференциях по проблемам интенсификации производства картофеля и других культур на орошаемых землях.

Результаты исследований ежегодно заслушивались и обсуждались на заседаниях методической комиссии и Ученого совета Всероссийского НИИ орошаемого земледелия. Они демонстрировались на всероссийских (Москва, 2013, 2015, 2016), региональных (Ростов-на-Дону, 2007; Волгоград, 2019, 2020; Астрахань, 2021) выставках по технологии возделывания картофеля на орошаемых землях.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 248 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 76 таблицами и 8 графиками и рисунками; состоит из введения, обзора литературы, пяти глав собственных исследований, заключений, предложений производ-

ству, списка литературы из 362 наименований, в том числе 35 иностранных авторов, и 42 таблиц приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2006–2017 гг. на орошаемых землях КФХ Мурасова Новониколаевского района Волгоградской области на черноземе обыкновенном карбонатном малогумусном среднемощном тяжелосуглинистом, сформированном на лессовидных тяжелых суглинках с мощностью гумусового горизонта 0,58–0,65 м, содержанием гумуса 4,55–5,47 %; СПК «Престиж» Ленинского и ООО «Совхоз «Карповский» Городищенского районов этой же области на светло-каштановой малогумусной маломощной тяжелосуглинистой почве с мощностью гумусового слоя 0,15–0,25 м, содержанием гумуса 1,3–2,2 % и в ООО «Маяк» Семикаракорского района Ростовской области на черноземе южном карбонатном малогумусном среднемощном тяжелосуглинистом, сформированном на лессовидных суглинках с мощностью гумусового горизонта 0,59 м, содержанием гумуса 3,84 %.

Климат в местах проведения полевых опытов континентальный, характеризующийся сильной засушливостью и большим количеством тепловых ресурсов. Средняя годовая температура воздуха в зоне черноземов обыкновенных составляет +5,2 °С, сумма среднесуточных положительных температур воздуха от 2800 до 3000 °С, среднегодовое количество осадков 460–480 мм, ГТК = 0,7, продолжительность безморозного периода 150 дней. В зоне светло-каштановых почв средняя годовая температура воздуха +7,6 °С, сумма среднесуточных температур воздуха 3300–3500 °С, годовое количество осадков 200–240 мм, ГТК = 0,2–0,3, безморозный период 170 дней. В зоне южных черноземов средняя годовая температура воздуха +8,2 °С, сумма температур воздуха 3200–3400 °С, годовое количество осадков 413 мм, ГТК = 0,5–0,6, безморозный период 165 дней.

Годы проведения полевых опытов в целом были характерными для Юга России. По количеству осадков наиболее влажными в зоне обыкновенных черноземов были 2010, 2016 и особенно 2011, в зоне светло-каштановых почв – 2016, 2018 и особенно 2013, южных черноземов – 2012 г., когда годовая сумма осадков была на 15–38 % больше среднегодовой. Более засушливыми соответственно были 2013 и 2014; 2012, 2017, 2011; 2010 и 2013 гг., когда выпадало на 25–35 % меньше годовой суммы осадков.

В основу постановки полевых опытов и обобщения результатов исследований положены методические указания Всероссийского НИИ оро-

шаемого земледелия по проведению полевых опытов в условиях орошения. Объектом наших исследований в экосистеме был агрофитоценоз, климат (погодные условия), почва (водно-физические, химические свойства), растение (динамика роста и развития, урожайность, качество продукции). Наиболее детально проанализированы вопросы причинно-следственной связи внешних факторов и продуктивности растений.

На черноземе южном в многолетнем стационарном опыте картофель возделывали в шести орошаемых трехпольных звеньях полевого севооборота. Основными культурами звеньев севооборота были картофель, лук и озимая пшеница. В трех звеньях севооборотов (2-е, 3-е, 5-е) пожнивно после уборки озимой пшеницы или весной следующего года сеяли промежуточную сидеральную культуру горчицы сарептской, в одном (4-м) звене сидеральную горчицу сеяли дважды: пожнивно после уборки озимой пшеницы и весной следующего года, и в двух звеньях севооборота (1-е и 6-е) горчицу не сеяли. После уборки всех изучаемых культур оставшиеся растительные остатки заделывали в почву. Надземную массу горчицы сарептской в фазе цветения тяжелыми дисковыми боронами измельчали и следом проводили отвальную вспашку с ее заделкой в почву.

Звенья полевого орошаемого севооборота изучали в течение 6 лет (2011–2015 гг.), одновременно с 2006 по 2017 г. проводили краткосрочные (3–5 лет) исследования по совершенствованию технологии возделывания картофеля при орошении на черноземе южном, обыкновенном и светло-каштановой почве.

Опыты по изучению звеньев севооборотов и технологических приемов возделывания картофеля: основная и предпосадочная обработки почвы и способы внесения минеральных удобрений; режимы орошения, способы полива и окучивания картофеля; направление весенней и летней посадки закладывали на фоне принятой в зоне технологии возделывания и режимов орошения картофеля и других высеваемых в опытах культур по принципу единственного различия изучаемого фактора.

Звенья севооборотов изучали во времени и пространстве, для чего было проведено три закладки опыта (2011, 2012 и 2013 гг.), а технологические приемы возделывания картофеля – по ежегодным закладкам опытов. Повторность опытов 3–4-кратная, площадь делянки 550–600 м², учетная 210–225 м². Размещение делянок систематическое.

Отбор почвенных образцов проводили по ГОСТ 28168–89, в которых определяли агрегатный состав почвы, состав водопрочных агрегатов, коэффициенты структурности и водопрочности (ГОСТ 12536–79). Плотность почвы определяли пикнометрическим методом (ГОСТ 5180–84), наименьшую влагоемкость – методом затопления площадок по методике ЮжНИИГиМ (1983).

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268–89). Поливную норму, суммарное и среднесуточное потребление воды, а также коэффициенты водопотребления определяли по формуле А. Н. Костякова (1960). Учет воды при поливах проводили с помощью водомерных счетчиков ВД-180, установленных на дождевальных машинах.

Содержание гумуса в почве определяли по ГОСТ 26213–91, легкогидролизуемого азота методом Тюрина-Кононовой по ГОСТ 26205–91, подвижного фосфора и обменного калия – по ГОСТ 26205–91.

Динамику нарастания зеленой массы и сухого вещества растениями картофеля определяли по методическим указаниям ВНИИОЗ (1983). Наблюдения за нарастанием клубней и надземной массы проводили по методике ВНИИ картофельного хозяйства (1967). Площадь листовой поверхности картофеля определяли методом высечек по методике А. А. Нечипорович (1955), чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали на 1 м² листовой поверхности растений картофеля.

В фазе технологической спелости клубней по диагонали каждой делянки в пятикратной повторности с площади 1 м² выкапывали растения картофеля и определяли структуру и биологическую урожайность. Товарность клубней оценивали по ГОСТ Р 51808–2001. Для определения продуктивности звеньев севооборотов урожайность всех культур по коэффициентам, утвержденным приказом Минсельхоза России № 330, переводили в зерновые единицы (з. е.).

Экономическую эффективность звеньев севооборотов и технологических приемов возделывания картофеля определяли по ГОСТ Р 53056–2008 и ГОСТ 24055–2016. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову (1985) и В. П. Томилову (1987) с использованием современных программ для ЭВМ.

2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ

2.1. Размещение картофеля в звене полевого севооборота. Вегетационный период картофеля весенней посадки составил от 130 до 135 дней, летней – 88–92 дня. Наиболее продолжительное время произрастали озимая пшеница – 163 и лук – 142–146 дней. Самым коротким был период вегетации у промежуточной сидеральной горчицы сарептской – 85 дней при пожнивном посеве после озимой пшеницы и 74 дня при ранневесеннем посеве (Таблица 1).

Таблица 1 – Использование культурами звеньев севооборотов тепловых ресурсов для формирования урожая на черноземе южном (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Период вегетации, дн.	Сумма температур, °С	Коэффициент использования	
				пашни	тепловых ресурсов
1	Озимая пшеница	163	2209	0,62	0,67
	Картофель весенней посадки	130	2415		
	Лук	142	2643		
2	Озимая пшеница +	163	2209	0,76	0,83
	горчица на сидерат (пожнивно)	85	1609		
	Картофель весенней посадки	135	2530		
	Лук	146	2643		
3	Озимая пшеница	163	2209	0,67	0,72
	Горчица на сидерат весной +	74	1050		
	картофель летней посадки	88	1884		
	Лук	146	2643		
4	Озимая пшеница +	163	2209	0,81	0,87
	горчица на сидерат (пожнивно)	85	1609		
	Горчица на сидерат весной +	74	1050		
	картофель летней посадки	92	1948		
	Лук	146	2643		
5	Озимая пшеница +	163	2209	0,75	0,82
	горчица на сидерат (пожнивно)	85	1609		
	Лук	146	2643		
	Картофель весенней посадки	131	2427		
6	Соя	138	2625	0,59	0,71
	Картофель весенней посадки	131	2427		
	Лук	142	2643		

Период вегетации отдельных культур севооборота, промежуточный посев сидеральной горчицы сарептской и сроки посадки картофеля оказали существенное влияние на эффективность использования тепловых ресурсов звеньями севооборотов. Меньше всего занимали пашню культуры 1-го и 6-го звеньев севооборота с картофелем весенней посадки после озимой пшеницы и сои без посева сидеральной культуры. Поэтому коэффициенты использования пашни и тепловых ресурсов в этих звеньях самые низкие.

Посев промежуточной сидеральной горчицы сарептской во 2-м, 3-м и 5-м звеньях приводил к увеличению этих показателей, но наиболее продолжительное время и больше всего тепловых ресурсов потребляли культуры 4-го звена севооборота с пожнивной и ранневесенней сидеральной культурой и летней посадкой картофеля.

Во всех звеньях севооборотов количество агрономически ценных агрегатов размером от 0,25 до 10 мм и коэффициент структурности слоя почвы 0–30 см в течение ротации изменялись в пределах ошибки опыта и составляли соответственно 74,38–74,92 и 2,90–2,99 %, что является отличным показателем структурного состояния почвы. Тем не менее наблюдается тенденция увеличения агрономически ценных агрегатов на 0,42 и коэффициента структурности на 0,06 % в 4-м звене севооборота, где пожнивно и ранней весной высевали горчицу сарептскую и ее надземную массу заделывали в почву. В остальных звеньях наблюдалась тенденция к снижению количества агрономически ценных агрегатов и коэффициента структурности, и даже однократный посев сидеральной культуры во 2-м, 3-м и 5-м звеньях не привел к увеличению этих показателей.

Количество водопрочных агрегатов размером больше 0,25 мм в слое почвы 0–30 см во всех изучаемых звеньях севооборота было более 75 %, что соответствует отличным показателям. После трех лет ротации различия по этому показателю между звеньями математически не доказуемы. Но во 2-м, 3-м и 5-м звеньях, где однократно высевали сидеральную горчицу сарептскую, наблюдалась тенденция к увеличению водопрочности агрегатов на 0,17–0,21 %, и самым большим оно было в 4-м звене (0,75 %) с двукратным посевом сидеральной горчицы сарептской (Таблица 2).

В 1-м и 6-м звеньях севооборотов, где горчицу не сеяли, за ротацию произошло снижение коэффициента водопрочности почвенных агрегатов на 0,05 и 0,01. Одноразовый посев горчицы во 2-м, 3-м и 5-м звеньях привел к увеличению коэффициента на 0,04. В обоих случаях снижение и увеличение коэффициента водопрочности не достоверно, а в 4-м звене с двукратным посевом промежуточной горчицы сарептской произошло математически доказуемое увеличение коэффициента водопрочности на 0,17 единицы.

Большее улучшение физических свойств чернозема южного в четвертом звене севооборота обусловлено существенно большим количеством поступающего в почву органического вещества в виде надземных и подземных остатков побочной продукции основных культур и растительной массы и корневых остатков сидеральной горчицы. В сумме за три года ротации этого звена в почву поступило 48,2 т сухого вещества (СВ) растительных остатков, что достоверно больше, чем во всех других звеньях. При этом 50,0 % из этого количества органического вещества составляет надземная и подземная масса сидеральной горчицы сарептской.

Таблица 2 – Изменение количества водопрочных агрегатов и коэффициента водопрочности слоя почвы 0–30 см за ротацию звеньев севооборотов

Звено	Водопрочных агрегатов > 0,25 мм, %			Коэффициент водопрочности		
	2011–2013 гг.	2013–2015 гг.	+/-	2011–2013 гг.	2013–2015 гг.	+/-
1	78,47	78,12	-0,35	3,65	3,57	-0,05
2	77,86	78,05	0,19	3,52	3,56	0,04
3	78,83	79,04	0,21	3,73	3,77	0,04
4	78,07	78,82	0,75	3,56	3,73	0,17
5	77,78	77,95	0,17	3,50	3,54	0,04
6	77,44	77,39	-0,05	3,44	3,43	-0,01
НСР ₀₅ между звеньями		2,48	–	0,14		–
НСР ₀₅ годы опытов		1,75	–	0,13		–
НСР ₀₅ частных различий		2,53	–	0,15		–

Достоверно меньше – 33,3–33,9 т/га – поступает в почву органического вещества во 2-м, 3-м и 5-м звеньях, в которых сидеральная культура высевается один раз за ротацию. В том числе растительной массы сидеральной горчицы сарептской поступает от 10,6 до 11,8 т/га СВ, что составляет 31,3–34,8 % от общего количества поступающего в почву органического вещества и в 2 раза меньше, чем в 4-м звене. Поступление такого количества органического вещества в почву обеспечило в этих звеньях севооборотов только поддержание и незначительное улучшение физических свойств чернозема южного.

Самое меньшее количество растительных остатков поступало в почву в 1-м и 6-м звеньях севооборотов – 18,7 и 21,6 т/га СВ, где не применяли сидеральную культуру, что не обеспечило даже поддержания физических свойств орошаемого южного чернозема.

Кроме улучшения физических свойств, в почву поступали питательные вещества, содержащиеся в растительных остатках основных и сидеральных культур, возделываемых в звеньях севооборотов. Больше всего элементов питания растений за ротацию звеньев севооборотов поступало в почву в 4-м звене, в котором дважды высевали и заделывали в почву растительную массу сидеральной горчицы сарептской – 1178 кг/га азота, 137 кг/га фосфора и 889 кг/га калия (Рисунок 1).

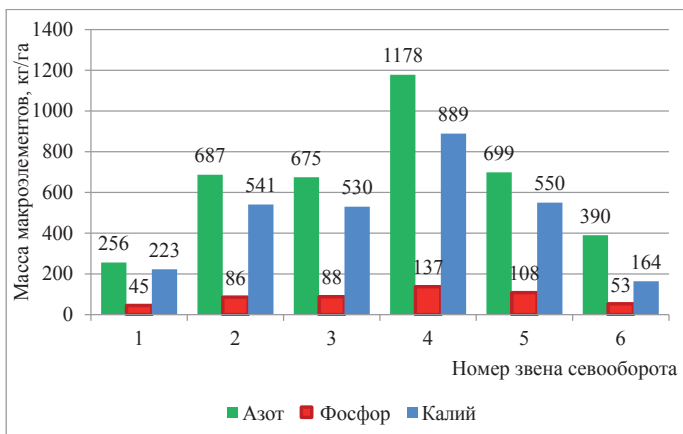


Рисунок 1 – Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками возделываемых в звеньях севооборотов культур (среднее за 2013–2015 гг.)

В звеньях севооборотов с одноразовым посевом сидеральной культуры (2-е, 3-е и 5-е) в почву поступало 675–699 кг/га азота, 88–108 кг/га фосфора и 530–556 кг/га калия. Еще меньше поступало питательных веществ в 1-м и 6-м севооборотах, в которых сидеральную культуру не сеяли.

Больше всего биологически связанных минеральных веществ поступало в почву с зеленой массой горчицы сарептской. При пожнивном и весеннем посеве от нее поступало от 378 до 450 кг/га азота, 35–42 кг/га фосфора и 280–333 кг/га калия. Довольно много питательных веществ остается в побочной продукции картофеля и сои (124–202 кг/га азота, 23–35 кг/га фосфора, 80–113 кг/га калия), и меньше всего их после уборки лука, соответственно 38–44, 8–9 и 20–23 кг/га.

На фоне применения под все культуры звеньев севооборотов рекомендуемых научными учреждениями доз минеральных удобрений поступающие в почву элементы минерального питания оказывают влияние на их содержание в почве. При одинаковом во всех звеньях содержании в слое почвы 0,0–0,4 м перед закладкой опыта 27,9–28,4 мг/кг подвижного фосфора в течение ротации в 1-м и 6-м звеньях севооборотов произошло математически недоказуемое снижение концентрации этого элемента, до 27,4 и 27,3 мг/кг почвы.

В севооборотах с одноразовым посевом горчицы за три года содержание подвижного фосфора увеличилось до 30,1–31,1 мг/кг, что также было математически недоказуемым, но достоверно больше, чем в 1-м и 6-м звеньях севооборотов. В этом решающую роль сыграла горчица

сарептская, у которой в почву заделывалась растительная масса в фазе бутонизации – начале цветения с существенно большей концентрацией фосфора, чем в сухих остатках основных культур. Кроме того, растительная масса горчицы поступала в почву в сыром виде, что обеспечило ее более быстрое разложение почвенными микроорганизмами и выделение в почву доступных для растений элементов питания.

Об этом же свидетельствует достоверное увеличение содержания подвижного фосфора за ротацию 4-го звена севооборота до 33,9 мг/кг (увеличение на 5,8 мг/кг), где за три года зеленая масса горчицы заделывалась в почву два раза. Поэтому в этом звене к концу ротации этого элемента в почве было существенно больше, чем в звеньях севооборотов с одноразовой заделкой горчицы.

В звеньях, где в почву поступали только остатки побочной продукции основных культур, содержание органического вещества снизилось на 0,02–0,03 %. В звеньях с одним посевом сидеральной горчицы за три года наблюдалась тенденция к увеличению этого показателя на 0,05–0,07 %. В 4-м же звене с двукратной заделкой в почву растительных остатков сидеральной культуры наблюдался достоверный рост содержания органического вещества на 0,11 % (Таблица 3).

Таблица 3 – Влияние звеньев севооборотов на содержание органического вещества в слое почвы 0,0–0,4 м

Звено	Содержание органического вещества, %		Валовые запасы органического вещества, т/га	
	2011–2013 гг.	2013–2015 гг.	2011–2013 гг.	2013–2015 гг.
1	3,01	2,98	148,0	146,5
2	3,01	3,06	147,4	150,1
3	3,00	3,06	147,0	150,2
4	3,00	3,11	147,3	152,8
5	2,98	3,05	146,5	149,6
6	3,00	2,98	147,2	146,1
НСР ₀₅ между звеньями	0,11		5,2	
НСР ₀₅ годы опытов	0,10		7,2	
НСР ₀₅ частных различий	0,13		10,2	

Изменения содержания в почве органического вещества привели к тому, что в 1-м и 6-м звеньях произошло математически не доказуемое снижение его валовых запасов на 1,5 и 1,1 т/га, во 2-м, 3-м и 5-м

звеньях – незначительное увеличение этого показателя на 3,2–3,7 т/га, тогда как в 4-м звене наблюдался достоверный рост содержания валовых запасов органического вещества на 0,55 %.

Изменение физических и химических свойств почвы оказало существенное влияние на рост, развитие и урожайность возделываемых культур. Достоверно самый большой фотосинтетический потенциал имели посеы 4-го звена севооборота – 4,10 млн м²·дн/га (Таблица 4).

Таблица 4 – Влияние звеньев севооборотов на фотосинтетический потенциал посевов возделываемых культур (среднее за ротацию звена, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Фотосинтетический потенциал, млн м ² ·дн/га	
		Культура	Среднее
1	Озимая пшеница	2,92	2,52
	Картофель весенней посадки	3,12	
	Лук	1,51	
2	Озимая пшеница +	2,95	3,37
	горчица на сидерат (пожнивно)	1,84	
	Картофель весенней посадки	3,56	
	Лук	1,76	
3	Озимая пшеница	2,95	3,47
	Горчица весеннего посева на сидерат +	1,64	
	картофель летней посадки	3,77	
	Лук	2,05	
4	Озимая пшеница +	2,95	4,10
	горчица на сидерат (пожнивно)	1,84	
	Горчица весеннего посева на сидерат +	1,65	
	картофель летней посадки	3,94	
	Лук	1,91	
5	Озимая пшеница +	3,01	3,51
	горчица на сидерат (пожнивно)	1,80	
	Лук	1,88	
	Картофель весенней посадки	3,82	
6	Соя	3,25	2,83
	Картофель весенней посадки	3,24	
	Лук	1,98	
НСР ₀₅		–	0,32

Существенно меньшим он был во 2-м, 3-м и 5-м звеньях, где промежуточную сидеральную культуру сеяли один раз – от 3,37 до 3,51 млн $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$. Достоверно самые низкие показатели фотосинтетического потенциала в 1-м и 6-м звеньях севооборота – 2,52 и 2,83 млн $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$, где посев сидеральной горчицы сарептской не применяли.

Из возделываемых культур самый большой фотосинтетический потенциал формировал картофель, потом по этому показателю идет соя, за ней озимая пшеница и самый низкий он у лука. Фотосинтетический потенциал сидеральной горчицы сарептской в пожнивном посеве составил 1,80–1,81 млн $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$, что на 0,15–0,20 $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$, или на 8,3–11,1 %, больше, чем при весеннем посеве, что обусловлено более мощным развитием фотосинтетического аппарата растений, вегетирующих во второй половине вегетационного периода в условиях сокращающейся длины дня.

Более развитый фотосинтетический аппарат посевов 4-го звена за сутки синтезировал 28,06 $\text{г}/\text{м}^2$ листовой поверхности органического вещества, что обеспечило получение в среднем за 1 год 26,8 т/га СВ всеми культурами звена севооборота. В звеньях с одной сидеральной культурой 1 м^2 листовой поверхности синтезировал 18,8–20,8 $\text{г}/\text{сутки}$ органического вещества. Такая производительность работы фотосинтетического аппарата позволила произвести 20,5–21,3 т/га СВ, что достоверно на 5,5–6,3 т/га, или на 20,5–23,5 %, меньше, чем в 4-м звене севооборота. В звеньях севооборота без сидеральной горчицы за сутки производилось 13,47–15,8 $\text{г}/\text{м}^2$ органического вещества, что обеспечило получение 15,1–15,9 т/га сухого вещества.

В среднем за три года ротации орошаемых звеньев севооборота с одним полем картофеля больше всего зерновых единиц с учетом двух урожаев промежуточной сидеральной горчицы сарептской получено в 4-м звене – 14,08 тыс. з. е/га. Достоверно меньше (10,81–11,45 тыс. з. е/га) собрано продукции во 2-м, 3-м и 5-м звеньях с одним посевом горчицы, и существенно меньше продуктивность 1-го и 6-го звеньев без посева сидеральной культуры – 8,87 и 9,07 тыс. з. е/га.

Урожайности товарной продукции самой высокой также была в 4-м звене, где дважды за ротацию производили промежуточный посев сидеральной культуры, улучшившей плодородие почвы и тем самым обеспечившей рост урожайности основных культур севооборота (Рисунок 2).

В остальных изучаемых звеньях севооборотов урожайность товарной продукции существенно ниже, и самая низкая она в 1-м и 6-м звеньях, в которых сидеральную культуру не сеяли.

Размещение картофеля в звеньях севооборота оказало существенное влияние на качество клубней. Меньше всего больных и не стан-

дартных по размеру клубней получено при летней посадке картофеля после промежуточной пожнивной и ранневесенней сидеральной горчицы сарептской в 4-м звене севооборота, что объясняется большой санитарной ролью горчицы сарептской как капустной культуры, очищающей почву от инфекционного начала возбудителей болезней. Это обеспечило самую высокую товарность клубней – 95,5 %, что на 0,39–2,12 % больше, чем при одноразовом промежуточном посеве горчицы и достоверно на 3,88 % больше в сравнении со звеньями севооборота без сидеральной культуры. При этом на содержание в клубнях картофеля абсолютно сухого вещества и крахмала его размещение в звеньях севооборота не оказало существенного влияния.

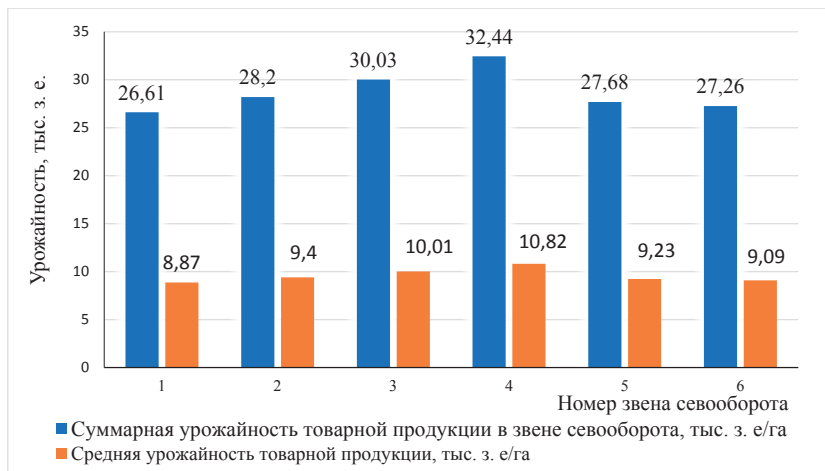


Рисунок 2 – Урожайность товарной продукции в звеньях севооборотов, тыс. з. е/га (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Однако выращивание промежуточной горчицы сарептской требовало проведения дополнительных поливов. При ее ранневесеннем посеве проводили два вегетационных полива с оросительной нормой 840 м³/га. При пожнивном возделывании горчицы до посева проводили влагозарядковый полив нормой 600 м³/га и три вегетационных полива с общим расходом оросительной воды 1840 м³/га.

Кроме того, картофель весенней посадки благодаря использованию накопившейся в почве осенне-зимне-весенней влаги в течение вегетации поливали шесть раз, и оросительная норма составила 2520 м³/га. При летней посадке после промежуточной горчицы про-

водили семь поливов, и оросительная норма увеличилась до 3120 м³/га, что обусловлено иссушением почвы предшествующей горчицей и необходимостью проведения дополнительного влагозарядкового полива. Поэтому в среднем за год на одном поле в 1-м и 6-м звеньях севооборотов без посева сидеральной культуры годовое количество поливов за годы исследований составило 4,5–4,7 и суммарное водопотребление и расход оросительной воды были самыми низкими (Таблица 5).

Таблица 5 – Влияние звеньев севооборотов на расход воды и коэффициенты водопотребления (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Расход воды культурами звена севооборота (м ³ /га в год)		Коэффициент водопотребления (м ³ /тыс. з. е.)	
	общей влаги	поливной воды	общей влаги	поливной воды
1	5657	1840	638	207
2	7038	2460	640	237
3	6950	2320	610	209
4	8584	2940	607	203
5	6746	2560	624	237
6	5527	2060	608	227

При одноразовом посеве горчицы во 2-м, 3-м и 5-м звеньях количество поливов увеличилось до 5,3–5,7, что привело к увеличению расхода общей влаги на 16,2–27,3 %, оросительной воды на 260–760 м³/га – на 12,6–39,1 %.

Больше всего поливов – 7,0 и расход общей и поливной воды был в 4-м звене севооборота, но коэффициенты водопотребления на получение тысячи зерновых единиц здесь одни из самых низких, что говорит об эффективном использовании воды в звене севооборота с двумя посевами промежуточной горчицы сарептской. В остальных звеньях, кроме 4-го, при значительном снижении расхода общей и оросительной воды наблюдается увеличение водопотребления на формирование единицы урожая, что указывает на существенное снижение эффективности расходования воды по сравнению с 4-м звеном.

2.2. Обработка почвы и внесение удобрений перед посадкой картофеля до проведения исследований состояла из рыхления почвы

чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с последующим внесением строчкой культиватором КСМГ-4А азотно-фосфорных ($N_{200}P_{180}$) удобрений с одновременной нарезкой гребней.

Для совершенствования технологии весенней обработки почвы под картофель нами разработан и запатентован комбинированный агрегат АКРУ-2,8, который за один проход по полю рыхлит почву на глубину до 0,45 м, ленточным способом вносит минеральные удобрения на заданную глубину и формирует гребни, в которые производится посадка картофеля.

Исследования показали, что такая предпосадочная система обработки почвы обеспечила формирование достоверно самой большой листовой поверхности картофеля весенней посадки (Таблица 6).

Таблица 6 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на площадь листовой поверхности картофеля весенней посадки, m^2/m^2 (среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Фенологическая фаза			ФСП, млн $m^2 \cdot dn/га$
обработки почвы	внесения удобрений	Бутони- зация	Цвете- ние	Клубне- образование	
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	Вразброс по поверхности	2,31	3,12	3,51	2,94
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	2,31	3,01	3,47	2,78
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	2,34	3,12	3,52	3,31
То же	То же на 0,15 м	2,53	3,21	3,77	3,57
То же	То же на 0,20 м	2,35	3,01	3,24	3,25
НСР ₀₅		0,15	0,14	0,15	0,21

Благодаря большей ассимиляционной поверхности и на два дня более продолжительному периоду вегетации при этом способе обработки почвы и внесения удобрений формируется и самый большой фотосинтетический потенциал (ФСП) посадок картофеля – 3,57 млн $m^2 \cdot dn/га$.

Значительно больший фотосинтетический аппарат и надземная масса при ленточном внесении удобрений АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м обеспечили и самую высокую урожайность картофеля – 66,1 т/га (Таблица 7).

Таблица 7 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность картофеля, т/га (среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Год			Среднее	Прибавка	
обработки почвы	внесения удобрений	2014	2015	2016		т/га	%
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	Вразброс по поверхности	55,5	54,6	53,1	54,4	–	–
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	48,9	50,1	53,4	50,8	–3,6	–7,1
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	62,5	60,1	60,1	60,9	6,6	12,1
То же	То же на 0,15 м	65,1	66,4	66,8	66,1	11,7	21,5
То же	То же на 0,20 м	60,5	60,1	58,7	59,8	5,4	10,1
НСР ₀₅		2,55	3,70	3,90	3,74	–	–

Внесение удобрений этим же агрегатом на меньшую или большую глубину приводит к достоверному снижению урожайности. Еще более существенное снижение наблюдается при разбросном внесении удобрений по поверхности почвы перед предпосадочным рыхлением почвы чизелем и особенно при строчном внесении КСМГ-4А на глубину 15 см.

2.3. Способы полива и окучивания картофеля. На черноземе южном при поливе дождеванием и посадке картофеля в гребни шириной 0,7 м до 70 % поливной воды стекает и впитывается в дно борозды и боковые откосы гребней, и уже оттуда происходит капиллярный подъем влаги и увлажнение верхнего слоя почвы в гребне. При таком же способе полива и посадке картофеля в гряды шириной 1,05 м впитывается большая часть поливной воды поверхностью широкой гряды, и только около 30 % воды стекает в борозду. Поэтому влажность почвы в гряде более высокая по сравнению с гребнем, и она равномернее распределяется по глубине и ширине гряды, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности растений картофеля. При поливе по бороздам основная доля поливной воды впитывается в дно борозды и в боковые откосы гребня или гряды и перераспределяется в почве силами капиллярного подъема.

При поливе системой капельного орошения контур увлажнения имеет шарообразную форму, характерную для тяжелосуглинистых и

глинистых почв. Однако при посадке картофеля в гребни распределение влаги от места «капания» ограничивается боками откосов гребня, а при окучивании с образованием гряды влага смыкается и образует сплошной увлажненный слой по всей гряде, что способствует лучшему потреблению влаги растениями картофеля.

Для соблюдения заданного порога влажности почвы не ниже 80 % НВ при поливе дождеванием в обоих способах посадки картофеля в среднем за годы исследований кратность поливов составила 6,3 при средней поливной норме 420 м³/га и оросительной норме 2660 м³/га. При поливе по бороздам поливная норма увеличилась до 600 м³/га при посадке картофеля в гребни и до 580 м³/га при посадке в гряды, но сокращалась кратность поливов до 4,3 и оросительная норма соответственно до 2590 и 2510 м³/га.

При капельном орошении подача воды производится малыми поливными нормами – 130, поэтому для поддержания заданного порога увлажнения кратность полива увеличилась до 16,7 при посадке в гребни и 15,3 – в гряды и соответственно уменьшилась оросительная норма до 2180 и 1940 м³/га.

Поэтому суммарное водопотребление с учетом почвенной влаги и выпадающих осадков при капельном поливе на обоих способах окучивания картофеля было значительно (на 419–637 м³/га, или на 7,6–11,5 %) меньше, чем при поливе дождеванием и по бороздам. При этом самая низкая потребность в воде наблюдается при капельном орошении и посадке картофеля в гряды – на 218 м³/га, или на 4,3 % меньше, чем при таком же поливе и нарезке гребней (Таблица 8).

Таблица 8 – Суммарное водопотребление картофеля весеннего срока посадки при различных способах полива и окучивания (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Потребление влаги (м ³ /га)			Всего	Отклонение	
полива	окучива- ния	Из по- чвы	Полив	Осадки		м ³ /га	%
Дождева- ние	Гребни	885	2660	1997	5542	0	0
	Гряды	1033	2660	1997	5689	147	2,7
По бороз- дам	Гребни	1087	2587	1997	5671	129	2,3
	Гряды	986	2506	1997	5488	–54	1,0
Капельный	Гребни	945	2182	1997	5123	–419	7,6
	Гряды	965	1943	1997	4905	–637	11,5

Снижение суммарного водопотребления при капельном орошении произошло благодаря существенному уменьшению расхода оросительной воды, которая в общем балансе при формировании гребней составляет 43, на грядах 41, тогда как при дождевании и поливе по бороздам этот показатель увеличивается до 45,6–48,0 %.

При всех способах полива большую надземную массу формируют посадки картофеля в гряды, при которых достоверно большую надземную массу в течение всего периода вегетации имеют посадки при капельном орошении (Рисунок 3).

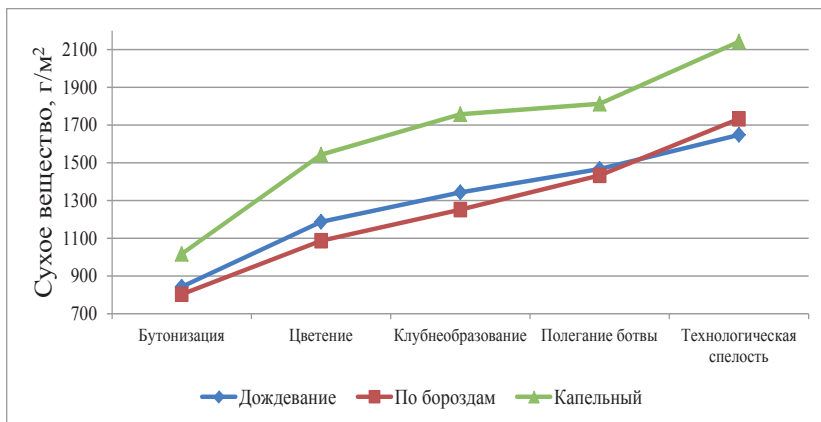


Рисунок 3 – Влияние способов полива на динамику сухой надземной массы растений картофеля весенней посадки в гряды (среднее за 2009–2011 гг.)

Поэтому во все годы исследований самую высокую урожайность клубней картофель формировал при капельном орошении, которая достоверно больше, чем при поливе дождеванием и по бороздам (Таблица 9).

При всех способах полива более высокая урожайность во все годы исследований получена при посадке картофеля в гряды, но при поливе дождеванием эти различия существенные, при капельном орошении и поливе по бороздам математически недоказуемые.

Самый высокий урожай клубней при капельном поливе и посадке в гряды получен за счет сохранности 4,95 шт/м² растений к уборке, большего количества стеблей на растении (5,21 шт.) и массы 1 клубня – 135,2 г. При таком же способе посадки картофеля и поливе дождеванием и по бороздам все элементы структуры урожая были существенно меньше и составили соответственно 4,81 и 4,84; 4,78 и 5,00;

112,1 и 129,9, что и привело к снижению их урожайности. При всех способах полива элементы структуры урожая посадок картофеля в гребни также были меньше, чем при выращивании в грядах.

Таблица 9 – Влияние способов полива и окучивания на урожайность картофеля весеннего срока посадки, т/га (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Год			Среднее	Прибавка от	
полива	окучивания	2009	2010	2011		полива	окучивания
Дождевание	Гребни	39,0	39,4	39,7	39,3	–	–
	Гряды	49,3	48,9	53,4	50,5	–	11,2
По бороздам	Гребни	51,2	52,1	50,1	51,1	11,8	–
	Гряды	53,0	57,4	54,0	54,8	4,3	3,7
Капельный	Гребни	66,7	62,6	67,5	65,6	26,3	–
	Гряды	68,5	70,0	68,4	69,0	18,5	3,4
НСР _{0,5} способ полива		9,3	1,0	1,1	–	3,8	–
НСР _{0,5} способ окучивания		12,3	1,4	1,4	–	–	5,0
НСР _{0,5} частных различий		16,9	1,9	2,0	6,9	–	–

При всех способах полива нестандартных по размеру (менее 50 мм) и больных клубней достоверно меньше было при посадке в гряды – 2,2–2,8 и 3,1–5,1 % против 3,4–3,9 и 3,7–5,4 % при посадке в гребни. Поэтому более высокая товарность клубней была при посадке в гряды, и самой большой она была при капельном орошении – 94,6 %.

Самое большое содержание крахмала наблюдалось при капельном орошении и посадке в гряды – 19,7 %, во всех остальных вариантах опыта крахмала в клубнях было достоверно меньше. Поэтому по сбору крахмала также существенное преимущество было посадок картофеля в гряды и капельного полива, где в среднем за 3 года этого продукта получено 13,59 т/га. При всех остальных вариантах опыта этот показатель достоверно меньше, и самый низкий он при поливе дождеванием и посадке в гряды – 6,84 т/га.

Способы полива и окучивания оказали существенное влияние на эффективность расходования поливной воды на формирование урожая. Больше всего ее расходовалось при поливе дождеванием и посадке картофеля в гребни – 141 м³/т полученных клубней. При остальных

способах полива и окучевания расход воды был существенно меньше, и эффективнее всего она расходовалась при капельном орошении и посадке в гряды – 71 м³/т.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

3.1. Зяблевая обработка почвы и способы ее рыхления перед посадкой. На черноземе обыкновенном зяблевая отвальная обработка почвы под картофель на глубину 0,28–0,30 м и сплошное безотвальное рыхление чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м не оказали существенного влияния на плотность слоя почвы 0,0–0,4 м осенью и весной во время ее физической спелости. В то же время рыхление почвы перед весенней посадкой картофеля агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременной нарезкой гребней обеспечивает достоверно более рыхлое сложение почвы в фазе цветения и технологической спелости клубней по сравнению с рыхлением чизелем ПЧ-2,5 по всем способам зяблевой обработки (Таблица 10).

Таблица 10 – Влияние зяблевой и весенней обработки на плотность слоя почвы 0,0–0,4 м во время вегетации картофелем, г/см³ (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Время определения	
		Цветение	Уборка
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28–0,30 м	Рыхление ПЧ-2,5 на 0,18–0,20 м сплошное	1,26	1,31
	Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,23	1,26
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	Рыхление ПЧ-2,5 на 0,18–0,20 м сплошное	1,28	1,30
	Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,23	1,23
То же + гребни КРН-4,2	Рыхление ПЧ-2,5 на 0,18–0,20 м сплошное	1,27	1,29
	Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,22	1,22
НСР ₀₅ зяблевая обработка		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
НСР ₀₅ предпосадочная обработка		0,03	0,04
НСР ₀₅ частных различий		0,04	0,05

3.2. Направление весенней и летней посадки. При весенней посадке картофеля в гряды по направлению восток–запад температура почвы во время прорастания клубней и до появления всходов в слое 0,3 м составляет 15,7–21,0, при летней – 26,5–29,2, что достоверно на 1,1–2,1 и 3,4–4,0 °С больше, чем при посадке с севера на юг. Это обусловлено более сильным нагреванием почвы при расположении гребней с востока на запад, когда в полуденные часы гребни располагаются поперек свечения солнца, тогда как при размещении с севера на юг они в это время находятся вдоль солнечных лучей. Поэтому растения картофеля при летней посадке с востока на запад от появления всходов и в течение всего периода вегетации произрастают в условиях чрезмерно высоких температур воздуха и почвы (до 32,3 °С), чем при посадке с севера на юг. При весенней же посадке с востока на запад увеличение температуры воздуха и почвы способствует лучшему ее прогреванию, что оказывает положительное влияние на рост и развитие растений по сравнению с посадкой с севера на юг.

В среднем за годы исследований весенняя посадка картофеля с востока на запад способствует увеличению полевой всхожести посадочного материала, формированию достоверно большего количества стеблей, увеличению их линейного роста и существенному уменьшению вегетационного периода (Таблица 11).

Таблица 11 – Влияние срока и направления посадки на полевую всхожесть, высоту растений и период вегетации картофеля на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Полевая всхожесть, %	Количество стеблей на 1 растении, шт.	Высота растений, м	Период вегетации, дней
Весенний	Север – юг	97,8	5,6	0,66	106
	Восток – запад	98,4	6,2	0,73	101
Летний	Север – юг	97,8	6,5	0,73	94
	Восток – запад	94,8	5,5	0,63	89
НСР ₀₅ срок посадки		2,7	0,5	0,06	2,6
НСР ₀₅ направление посадки		1,1	0,4	0,04	1,8
НСР ₀₅ частных различий		6,5	0,8	0,10	5,9

При летней посадке в этом же направлении, наоборот, происходит существенное снижение этих показателей по сравнению с направлением посадки с севера на юг.

В течение всего периода вегетации большую листовую поверхность также имели весенние посадки с востока на запад и летние с севера на юг. Фотосинтетический потенциал таких посадок составил 1476 и 1587 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$, что достоверно на 110 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$ больше, чем при весенней посадке с севера на юг, и на 330 тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$ больше летней посадки с востока на запад.

Аналогичное наблюдалось по динамике нарастания вегетативной массы растений и клубней, что обеспечило получение 54,6 т/га клубней картофеля при весенней посадке с востока на запад и 55,7 т/га – при летней посадке с севера на юг, существенно на 2,3 и 4,6 т/га превышая остальные сроки и способы посадки.

3.3. Режим орошения дождеванием. При 6–7-кратном поливе весенней посадки картофеля дождеванием поливной нормой 450 и оросительной 3000 $\text{м}^3/\text{га}$ (1,0 м) продолжительность его вегетационного периода составила 77 дней. Повышение поливной и оросительной нормы на 20 % (1,2 м) приводило к увеличению периода вегетации на 2 дня, а уменьшение поливной нормы на 20 % (0,8 м) сокращало его на такое же количество дней. Снижение поливной нормы на 40 % (0,6 м) и выращивание картофеля без полива приводило к сокращению периода вегетации до 73 и 71 дня.

Под влиянием водообеспеченности изменялся линейный рост растений картофеля, который самым большим был при увеличенной на 20 % норме полива, достигнув в фазе клубнеобразования 0,74 м. По мере снижения поливной нормы высота растений достоверно уменьшалась на 0,04–0,06 м и самыми низкорослыми были посадки картофеля, выращенные без полива, – 0,59 м. Наблюдается прямая тесная корреляционная зависимость высоты растений с поливной нормой (x), которая описывается уравнением регрессии $Y_h = 0,251x + 0,471$ при коэффициенте детерминации $d_{yx} = 98\%$.

Аналогичная ситуация складывалась по развитию фотосинтетического аппарата растений картофеля. В среднем за 3 года исследований самый большой листовой индекс – 3,09 $\text{м}^2/\text{м}^2$ и фотосинтетический потенциал (2,44 млн $\text{м}^2 \cdot \text{дн}/\text{га}$) посадок картофеля наблюдался при повышенной норме полива (1,2 м). По мере снижения поливной нормы эти показатели снижались, и самыми маленькими они были при выращивании картофеля без орошения. Однако при большем листовом индексе при поливе рекомендованной нормой (1 м), чем при сниженной на 20 % норме (0,8 м), различия между ними по этим показателям в течение всей вегетации были несущественными, так как находились в пределах ошибки опыта.

В среднем за 2015–2017 гг. динамика нарастания надземной массы растений картофеля при рекомендованной и повышенной норме

полива была одинаковой, но масса клубней в первом случае составила 1511, во втором достоверно меньше – 1440 г/м², что обусловлено повышенной влажностью воздуха и почвы при норме орошения 1,2 *m* и вызывало заболевание растений и клубней различными болезнями, основной из которых была фитофтора. По этой причине самая высокая урожайность картофеля во все годы исследований получена при рекомендованной норме полива и орошения, составив в среднем 58,8 т/га. При поливе повышенными на 20 % нормами наблюдалась тенденция к снижению урожайности на 2,8 т/га.

Полив сниженными на 20 % нормами (0,8 *m*) приводил к достоверному снижению урожайности картофеля до 53,1 т/га. Еще ниже она при уменьшенной на 40 % норме полива – 43,7, и самый малый сбор клубней получен при возделывании картофеля без орошения – 17,2 т/га.

Следует отметить, что при снижении поливной и оросительной нормы полива на 20 % (0,8 *m*) и достоверном снижении урожайности картофеля на 5,7 т/га это уменьшение от рекомендованных норм полива и орошения (1,0 *m*) составляет всего 9,7 %, что говорит о существенно меньшем снижении урожайности по сравнению со снижением поливной нормы. То есть при снижении поливной нормы на 20 % наблюдается уменьшение расхода (экономия) оросительной воды на формирование единицы урожая. Такое же наблюдается при уменьшении поливной и оросительной нормы на 40 % (0,6 *m*), что приводит к снижению урожайности картофеля всего на 25,6 %.

Об этом же свидетельствует значительно меньший суточный расход поливной воды, несмотря на то, что при более высоких оросительных нормах вегетационный период картофеля на 4–6 дней продолжительнее (Таблица 12).

Таблица 12 – Влияние режима орошения на эффективность расходования общей и поливной воды картофелем весенней посадки на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма, м ³ /га	Суточное потребление воды, м ³ /га·сут	Получено клубней на 1000 м ³ поливной воды, т/га
м ³ /га	Доля от расчетной			
450	1 <i>m</i>	3000	61,8	19,6
540	1,2 <i>m</i>	3600	62,5	15,5
360	0,8 <i>m</i>	2400	56,8	22,1
270	0,6 <i>m</i>	1800	52,9	24,3
Без орошения			32,8	–

Снижение оросительной нормы на 20 и 40 % (0,8 и 0,6 *m*) обеспечивает также получение на 1000 м³ поливной воды значительно больше клубней, чем при повышенной и рекомендованной нормах полива и орошения.

4. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ

4.1. Режим орошения при поливе дождеванием. На светло-каштановой почве самый большой фотосинтетический потенциал формировали посадки картофеля, поливаемые повышенной на 20 % (1,2 *m*) нормой полива и орошения, который снижается по мере уменьшения водообеспеченности растений (Таблица 13).

Таблица 13 – Влияние режима орошения на эффективность работы фотосинтетического аппарата посадок картофеля на светло-каштановой почве (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² ·дн/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² ·сут	Сухая масса растений, г/м ²
м ³ /га	Доля от расчетной				
310	1,0 <i>m</i>	3200	2150	23,2	1631
372	1,2 <i>m</i>	3840	2240	21,1	1550
248	0,8 <i>m</i>	2560	1900	21,0	1280
186	0,6 <i>m</i>	1920	1720	13,2	821
Без орошения			1490	8,5	330

Но наиболее эффективно фотосинтетический аппарат работал при рекомендованной норме полива и орошения (1,0 *m*). Повышение или уменьшение поливной нормы на 20 % (1,2 и 0,8 *m*) приводило к снижению чистой продуктивности фотосинтеза до 21,1 и 21,0 г/м²·сут, по сути не отличаясь между собой.

Снижение продуктивности работы фотосинтетического аппарата растений картофеля при увеличенной норме орошения связано с поражением листьев, а впоследствии и клубней, болезнями, вызванными переувлажнением почвы и приземного слоя. Уменьшение этого показателя при снижении поливной нормы от рекомендованной на 20 % обусловлено угнетением растений из-за нехватки воды в очень засушливых и жарких условиях произрастания на светло-каштановой почве.

По этой причине самую большую сухую массу растений в фазе технологической спелости клубней формировали посадки картофеля, оро-

шаемые рекомендованной (1,0 *m*) нормой полива – 1631 г/м². Увеличение поливной нормы на 20 % и ее снижение на 20 и 40 % приводит к уменьшению этого показателя соответственно до 1550, 1280, 821 г/м², и самым низким он был при выращивании картофеля без орошения – 330 г/м². Все это сказалось на урожайности картофеля, которая во все годы проведения опытов самой высокой была при поливе рекомендованной нормой и в среднем составила 48,5 т/га (Таблица 14).

Таблица 14 – Влияние режима орошения на урожайность картофеля весеннего срока посадки на светло-каштановой почве, т/га (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Год				Прибавка	
м ³ /га	Доля от расчетной		2015	2016	2017	Средняя	т/га	%
310	1,0 <i>m</i>	3200	46,9	48,6	50,0	48,5	0,0	0,0
372	1,2 <i>m</i>	3840	44,8	45,5	46,8	45,7	–2,8	–5,8
248	0,8 <i>m</i>	2560	36,4	37,3	38,6	37,4	–11,1	–22,8
186	0,6 <i>m</i>	1920	23,1	24,0	23,9	23,7	–24,8	–51,2
Без орошения			8,1	9,5	10,7	9,4	–39,1	–80,5
НСР ₀₅			1,5	1,1	1,8	1,7	–	–

Увеличение поливной нормы на 20 %, как и ее уменьшение на это же количество, приводило к достоверному снижению урожайности клубней на 2,8 и 11,1 т/га, или на 5,8 и 22,8 %. Снижение поливной нормы на 40 % (0,6 *m*) еще больше уменьшало урожайность культуры, и самой низкой она была при выращивании картофеля без орошения.

При поливе повышенной нормой (1,2 *m*) растения картофеля из почвы использовали 1094, при поливе рекомендованной нормой этот показатель увеличился до 1300, а снижение оросительной нормы на 20 и 40 % (0,8 *m* и 0,6 *m*) увеличивало потребление воды из почвы до 1452 и 1566 м³/га. То есть чем меньше оросительная норма, тем больше растения картофеля потребляли влаги из почвы и тем самым уменьшали расход поливной воды на формирование урожая. Поэтому на 1000 м³/га поливной воды при орошении рекомендованной нормой получено 15,2 т/га клубней, при поливе сниженной на 20 % нормой этот показатель немного меньше и составил 14,6 т/га, а при орошении повышенной нормой произведено всего 11,9 т клубней с 1 га.

4.2. Режим капельного орошения раннего картофеля. Увеличение продолжительности полива с содержанием в почве влаги 80 % НВ от цветения картофеля, от бутонизации или появления всходов до созревания клубней увеличивало оросительную норму при ранней уборке картофеля с 1500 до 1590 и 1600, при уборке зрелых клубней с 2060 до 2150 и 2210 м³/га. Это приводило к увеличению продолжительности вегетационного периода картофеля на 1–2 дня и достоверному повышению листовой поверхности и фотосинтетического потенциала (Таблица 15).

Чистая же продуктивность фотосинтеза посадок картофеля существенно большей была при повышенной норме полива с фазы бутонизации, а масса синтезированного сухого вещества при таком режиме орошения была одинаковой с поливом 80 % НВ от фазы полных всходов до технологической спелости клубней. Более продолжительное время полива с предполивной влажностью почвы 70 % НВ от посадки до фазы цветения приводило к достоверному снижению сухой массы растений по сравнению с поливом 80 % НВ начиная с фазы бутонизации и полных всходов.

Таблица 15 – Влияние режима капельного орошения на рост и развитие картофеля ранней уборки, т/га (среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Период вегетации, дн.	Максимальный листовой индекс, м ² /м ²	ФСР, тыс. м ² ·дн/га	ЧПФ, г/м ² ·сут	СВ, т/га
70 % НВ	80 % НВ					
Посадка – цветение	Цветение – созревание	71	3,88	1300	5,10	6,66
Посадка – бутонизация	Бутонизация – созревание	72	4,13	1421	5,33	7,59
Посадка – всходы	Всходы – созревание	74	4,37	1515	5,10	7,68
НСР ₀₅		–	0,21	77	0,21	0,41

Уборка картофеля после полного созревания клубней увеличивала биометрические показатели растений и посадок картофеля, но закономерности по их изменению в течение вегетации в зависимости от режима орошения были такими же, как при ранней уборке. Поэтому самая высокая урожайность ранних и зрелых клубней получена при поливе 80 % НВ с фазы бутонизации и в среднем за годы исследований составила 26,1 и 44,1 т/га. Увеличение продолжительности поли-

ва с поддержанием предполивного порога 80 % НВ с фазы всходов, как и его сокращение с фазы цветения, приводило к достоверному снижению урожайности при обоих сроках уборки.

4.3. Способ внесения минеральных удобрений. При внесении рекомендованной дозы минеральных удобрений $P_{80}K_{270}$ (150 кг аммофоса и 450 кг калийной соли) через сошник картофелесажалки КСМ-4 все они располагались на глубине 0,15 м строчкой шириной 0,05 м, где размещалось 95,5 % удобрений. При внесении удобрений разработанным нами агрегатом АКРУ-2,8 все они размещались на той же глубине лентой, шириной 0,2 м, и 94 % внесенных удобрений равномерно распределялись по всей ширине ленты.

Во время появления всходов длина корней одного клубня при ленточном внесении удобрений и поливе с предполивной влажностью почвы 80 % НВ составила 14,9 м, что достоверно в 2,9 раза больше, чем при внесении удобрений строчкой при этом же режиме орошения. При поливе 70 % НВ длина корней при внесении удобрений лентой существенно уменьшилась до 10,2 м, но она была в 2,3 раза больше, чем при строчном внесении удобрений с таким же поливом.

Более развитая корневая система при ленточном внесении удобрений и поливе 80 % НВ способствовала формированию самой большой листовой поверхности растений картофеля, которая в течение всей вегетации была достоверно больше, чем при строчном внесении удобрений с этой же нормой полива и обоих способах применения туков с орошением 70 % НВ. Это говорит о более благоприятных условиях потребления питательных веществ удобрений при их ленточном внесении и повышенной норме полива, что и обеспечило получение урожайности клубней 48,5 т/га, что достоверно на 10,2 т/га больше, чем при строчном применении удобрений с этой же нормой полива, и на 4,3 и 8,2 т/га больше полива 70 % НВ с внесением удобрений лентой и строчкой.

4.4. Направление весенней и летней посадки. На светло-каштановой почве из-за более высоких температур воздуха, чем в зоне расположения чернозема обыкновенного, температура почвы в гребне во время появления всходов летней посадки картофеля с востока на запад составила 31,3 °С. Поэтому расположение весенних посадок картофеля с востока на запад и летних с севера на юг способствовало оптимальному прогреванию почвы, что положительно сказалось на росте и развитии растений и обеспечило получение соответственно 51,4 и 53,7 т/га клубней, что существенно на 4,1 т/га меньше, чем при весенней посадке с севера на юг, и на 8,3 т/га больше летней посадки с востока на запад.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

5.1. На черноземе южном. Самая высокая стоимость товарной продукции, большая прибыль и рентабельность производства получена в 4-м звене севооборота, в котором дважды за три года ротации высевается промежуточная горчица сарептская с заделкой ее вегетативной и корневой массы в почву (Таблица 17).

Таблица 17 – Экономическая эффективность производства товарной продукции в звеньях севооборотов (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено севооборота	Затраты, тыс. руб/га	Стоимость продукции, тыс. руб/га	Себестоимость, тыс. з. е., руб.	Прибыль, тыс. руб/га	Рентабельность, %
1	278,6	605,7	10470	327,1	117,4
2	283,8	648,0	10065	364,2	128,3
3	283,5	748,0	9440	464,5	163,8
4	290,0	810,9	8940	520,9	179,6
5	286,1	613,5	10336	327,4	114,4
6	291,3	680,5	10686	389,2	133,6

В остальных звеньях севооборота с одноразовым посевом промежуточной сидеральной горчицы или без ее посева показатели экономической эффективности снижаются, а себестоимость произведенной продукции увеличивается.

Наиболее эффективным способом предпосадочной подготовки почвы под посадку картофеля на черноземе южном является рыхление почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным внесением минеральных удобрений лентой на глубину 0,15 м, который обеспечил получение 268,8 тыс. руб/га прибыли с рентабельностью производства 210,3 %.

Уменьшение глубины внесения минеральных удобрений этим же агрегатом до 10 см, как и ее увеличение до 20 см, а также рыхление почвы чизелем ПЧ-2,5 с поверхностным или строчным внесением удобрений приводило к снижению прибыли на 29,9–87,8 тыс. руб/га и рентабельности на 21,6–64,0 %.

Самые большие затраты наблюдаются при капельном орошении. Это обусловлено необходимостью применения большого количества ручного труда и высокой стоимостью капельного орошения (Таблица 18).

Таблица 18 – Влияние способов полива и окучевания на экономическую эффективность картофеля весеннего срока посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Затраты, тыс. руб/га		Реализация, тыс. руб/га	Прибыль, тыс. руб/га	Рентабельность, %
полива	окучевания	Всего	В т. ч. на орошение			
Дождевание	Гребни	124,2	13,9	235,8	111,6	89,8
	Гряды	124,2	13,9	303,0	178,8	144,0
По бороздам	Гребни	159,9	6,9	306,6	146,7	91,7
	Гряды	159,8	3,5	328,8	169,0	105,8
Капельный	Гребни	159,9	49,8	393,6	233,7	146,2
	Гряды	159,8	46,2	414,0	254,2	159,1

Но благодаря большей урожайности самая высокая прибыль и рентабельность производства получена при капельном орошении и посадке картофеля в гряды. Посадка картофеля в гребни при таком же способе орошения, как и полив дождеванием и по бороздам, приводит к существенному снижению экономической эффективности возделывания культуры.

5.2. На черноземе обыкновенном самую большую прибыль, 238,5 тыс. руб/га, и рентабельность, 181,0 %, обеспечивает зяблевая обработка почвы чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней в сочетании с весенним рыхлением агрегатом АКРУ-2,8 на эту же глубину и одновременной нарезкой гребней. Уменьшение глубины осенней и весенней обработки до 0,28–0,30 м приводит к снижению прибыли до 166,8–200,8 тыс. руб/га и рентабельности производства до 130,5–154,0 %.

Благодаря большей урожайности наиболее целесообразным является весеннюю посадку картофеля на черноземе обыкновенном проводить по направлению восток – запад, летнюю – с севера на юг. Прибыль при таком направлении посадки составила 208,4 и 206,5 тыс. руб/га, рентабельность 174,8 и 161,7 %, что на 17,0–24,5 тыс. руб/га и на 9,0–13,3 % больше, чем при весенней посадке с севера на юг и летней с востока на запад.

Самая большая прибыль и рентабельность производства картофеля получена при поливе рекомендованной научными учреждениями региона оросительной нормой 3000 м³/га (1 м), тогда как увеличение оросительной нормы на 20 % (1,2 м) приводило к снижению экономической эффективности возделывания картофеля (Таблица 19).

Таблица 19 – Влияние режима орошения на экономическую эффективность картофеля весенней посадки на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Затраты, тыс. руб/га		Стоимость продукции, тыс. руб/га	Прибыль, тыс. руб/га	Рентабельность, %
м ³ /га	Доля от расчетной		Всего	Орошение			
450	1 <i>m</i>	3000	130,8	20,2	352,8	222,0	169,7
540	1,2 <i>m</i>	3600	134,7	24,2	335,4	200,7	149,0
360	0,8 <i>m</i>	2400	129,0	18,4	318,6	189,6	147,0
270	0,6 <i>m</i>	1800	123,9	13,4	262,2	138,3	111,6
Без орошения			109,5	0	103,2	–6,3	–5,7

Снижение оросительной нормы на 20 (0,8 *m*) и 40 % (0,6 *m*) от рекомендованной также уменьшало экономическую эффективность производства, но полученная рентабельность, 147,0 и 111,6 %, приемлема и обеспечивает расширенное воспроизводство материально-технических и людских ресурсов. В то же время выращивание картофеля без полива даже на черноземе обыкновенном, обладающем высоким потенциальным плодородием, убыточно.

5.3. На светло-каштановой почве также самая высокая прибыль, 155,7 тыс. руб/га, и рентабельность, 115,1 %, получена при поливе картофеля рекомендованной оросительной нормой (1,0 *m*). Полив повышенной на 20 % нормой приводит к снижению экономической эффективности. Это же происходит и при снижении нормы полива на 20 % (0,8 *m*), но полученная рентабельность производства картофеля в 75,7 % позволяет вести расширенное воспроизводство, тогда как снижение поливной нормы до 40 % (0,6 *m*) приводит к уменьшению рентабельности до 16,9 % и делает невозможным даже простое воспроизводство.

При капельном орошении картофеля весенней посадки наиболее экономически выгодным режимом орошения, когда от посадки до фазы бутонизации предполивная влажность почвы составляет 70 % НВ, а с фазы бутонизации до технологической спелости клубней она поддерживается на уровне 80 % НВ. При получении ранних клубней прибыль составила 157,4 тыс. руб/га с рентабельностью 76,2 %, зрелых клубней – соответственно 126,2 тыс. руб/га и 56,3 %. Увеличение времени полива с влажностью почвы 70 % НВ до фазы цветения и ее сокращение до получения всходов приводят к значительному снижению экономической эффективности получения ранних и зрелых клубней.

Самая большая прибыль, 151,6 тыс. руб/га, и рентабельность, 108,8 %, получена при ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 и поливе картофеля с влажностью почвы 80 % НВ, что на 19,6 тыс. руб/га и на 9,5 % больше, чем при поливе 70 % НВ. Внесение удобрений строчкой приводит к еще большему снижению экономической эффективности возделывания картофеля.

На светло-каштановой почве, как и на черноземе обыкновенном, наиболее эффективным является направление весенней посадки картофеля восток – запад, летней – север – юг, где также получена более высокая прибыль и рентабельность по сравнению с весенней посадкой с севера на юг и летней с востока на запад.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение ротации орошаемых трехпольных звеньев полевого севооборота с полем картофеля и одноразовым промежуточным посевом сидеральной горчицы сарептской наблюдается тенденция к большему поступлению в почву органического вещества, увеличению содержания органического вещества и подвижного фосфора в слое почвы 0,0–0,4 м, улучшению структуры и водопрочности почвенных агрегатов, тогда как без применения сидеральной культуры физические свойства и плодородие чернозема южного ухудшаются. В звене севооборота с двукратным пожнивным и ранневесенним посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры в почву поступает существенно больше органического вещества надземных и подземных остатков побочной продукции основных культур и растительной и корневой массы сидеральной горчицы, чем в других звеньях. Это обеспечивает улучшение физических свойств и математически доказуемое увеличение содержания органического вещества и доступного для растений фосфора в черноземе южном.

Решающую роль в повышении плодородия чернозема южного в орошаемых трехпольных звеньях севооборота с полем картофеля играет промежуточная сидеральная горчица сарептская, у которой в почву заделывается вся надземная и подземная масса с существенно большим содержанием органического вещества и элементов питания растений, чем в побочной продукции основных культур. Растительная масса горчицы поступает в почву в сыром виде, что обеспечивает ее быстрое разложение почвенными микроорганизмами и увеличение содержания в почве органического вещества и доступных для растений элементов питания.

Самый высокий фотосинтетический потенциал, наибольшее количество синтезированного органического вещества, продуктивность и урожайность товарной продукции обеспечивают культуры орошаемого звена трехпольного севооборота с одним полем картофеля летней посадки, в котором производится двукратный посев сидеральной

горчицы сарептской. Одноразовый посев горчицы, как и отказ от ее возделывания, приводит к существенному снижению эффективности работы фотосинтетического аппарата посевов и достоверному снижению урожайности производимой продукции.

Самый большой расход общей и оросительной воды наблюдается в звене севооборота, в котором из основных культур возделываются озимая пшеница, лук и картофель летней посадки и дважды высевается промежуточная сидеральная культура горчицы сарептской. Однако использование воды в этом звене севооборота самое эффективное, так как на формирование единицы урожая возделываемых культур расходуется меньше всего влаги. Одноразовый посев сидеральной горчицы в звене севооборота или полный отказ от ее посева, как и замена летней посадки картофеля на весеннюю, приводит к существенному уменьшению потребления воды звеньями севооборота, но эффективность ее использования существенно уменьшается.

При весенней посадке картофеля на черноземе южном лучшие условия для потребления питательных веществ удобрений корневой системой создаются при предпосадочном рыхлении почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным ленточным внесением азотно-фосфорных удобрений на глубину 0,15 м и нарезанием гребней, что обеспечивает лучший линейный рост растений – 0,77 м, формирование хорошо развитого и эффективно работающего фотосинтетического аппарата ($\PhiСП = 3,57$ млн $м^2 \cdot дн/га$) и получение самой высокой урожайности клубней картофеля – 66,1 т/га. Увеличение или уменьшение глубины внесения удобрений этим же агрегатом, как и их внесение вразброс по поверхности почвы перед ее рыхлением чизелем или строчкой на глубину 0,15 м, приводит к существенному уменьшению площади фотосинтетической поверхности посадок на 0,26–0,79 млн $м^2 \cdot дн/га$ (7,3–22,1 %) и достоверному снижению урожайности на 5,4–11,7 т/га, или на 10,1–21,5 %.

На черноземе южном лучшие условия для роста и развития картофеля складываются при весенней посадке в гряды и капельным орошением, что обеспечивает развитие самого мощного фотосинтетического аппарата растений, формирование ими большей надземной и корневой массы и получение 69,0 т/га высококачественных клубней. Это на 3,5 т/га больше, чем при посадке в гребни, и в 1,3–1,7 раза превышает урожайность культуры при поливе дождеванием и по бороздам. При этом расход поливной воды на формирование 1 т клубней составляет 71 $м^3$, что на 7 $м^3$, или на 9,9 %, меньше, чем при посадке в гребни, и на 29–70 $м^3$ меньше, чем при поливе дождеванием и по бороздам.

При зяблевой обработке почвы чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней в сочетании с весенним рыхлением агрегатом

АКРУ-2,8 на эту же глубину и одновременной нарезкой гребней плотность чернозема обыкновенного в течение вегетации находится в пределах оптимальных значений для роста и развития картофеля (1,22–1,24 г/см³), что обеспечивает формирование самого высокого фотосинтетического потенциала растений (2,44 млн м²/га·сут), их вегетативной массы (755 г/м²) и получение наибольшей урожайности клубней – 61,7 т/га. Уменьшение глубины осенней и весенней обработки до 0,28–0,30 м приводит к чрезмерному уплотнению чернозема обыкновенного до 1,29–1,33 г/см³, уменьшению площади листовой поверхности растений на 0,18–0,51 млн м²/га·сут, снижению их наземной массы на 6,7–11,3 % и, как следствие, достоверному снижению урожайности до 49,1–55,2 т/га.

На черноземе обыкновенном и светло-каштановой почве при весенней посадке картофеля в гребни, нарезанные с востока на запад поперек направления свечения солнца, в течение вегетации нагреваются на 1,1–2,5 °С больше, чем при посадке с севера на юг, а при летней посадке, наоборот, с севера на юг прогреваются на 3,4–4,8 °С меньше, чем при посадке с востока на запад. В обоих случаях такое направление гребней весенней и летней посадки сохраняет температуру почвы в гребне в пределах оптимальных значений для роста и развития растений, что обеспечивает хорошую полевую всхожесть посадочного материала, лучшее развитие фотосинтетического аппарата растений, формирование большей вегетативной массы и получение 54,6 и 55,7 т/га клубней на черноземе обыкновенном и 51,4 и 53,7 т/га на светло-каштановой почве, что в обоих случаях достоверно и больше, чем при весенней посадке с севера на юг и летней с востока на запад.

На черноземе обыкновенном полив картофеля повышенной на 20 % оросительной нормой (1,2 м) обеспечивает формирование растениями самого развитого фотосинтетического аппарата и большей вегетативной массы, но из-за поражения растений и клубней болезнями, вызванными чрезмерным увлажнением почвы и воздуха в приземном слое, урожайность клубней снижается по сравнению с рекомендованной нормой полива (1,0 м) на 2,8 т/га, или на 4,8 %. Снижение на 20 % поливной и оросительной нормы (0,8 м) на этой почве приводит к математически не доказуемому снижению листовой поверхности и надземной массы растений, и, несмотря на снижение урожайности на 9,7 %, на 1000 м³ оросительной воды производится 22,1 т/га клубней, что на 2,5 т/га, или на 12,8 %, больше, чем при рекомендованной (1,0 м) норме полива. При снижении оросительной нормы на 40 % (0,6 м) урожайность клубней по сравнению с более высокими нормами полива существенно снижается, но она в 2,5 раза больше, чем при выращивании картофеля без орошения.

На светло-каштановой почве с более сухим климатом уменьшение рекомендованной оросительной нормы на 20 и 40 % приводит к достоверно-

му снижению урожайности картофеля на 22,8 и 51,2 % и уменьшению производства клубней на 1000 м³ оросительной воды с 15,2 до 14,6 и 12,3 т/га.

На светло-каштановой почве самый развитый и эффективно работающий фотосинтетический аппарат растения картофеля формируют при их поливе от посадки до фазы бутонизации с поддержанием предполивной влажности почвы 70 % НВ, а с фазы бутонизации до технологической спелости клубней с нормой полива с влажностью почвы 80 % НВ. Такой режим орошения обеспечил получение самой высокой урожайности ранних, 26,1 т/га, и зрелых клубней, 44,1 т/га, и наиболее эффективное использование общей и оросительной воды. Перенос начала полива с поддержанием предполивной влажности почвы 80 % НВ на более позднее (с фазы цветения) или раннее (с фазы полных всходов) время приводит к существенному снижению площади и эффективности работы фотосинтетического аппарата растений, достоверному уменьшению урожайности клубней при ранней уборке до 22,6 и 18,2 т/га, при уборке зрелых клубней – до 39,2 и 37,4 т/га и падению эффективности использования общей и оросительной воды.

Самую большую площадь листовой поверхности, надземную массу, линейный рост растений и урожайность клубней 48,5 т/га формируют посадки картофеля при предпосадочном ленточном внесении рекомендованной дозы фосфорно-калийных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 в гребень на глубину 15 см и режиме орошения с поддержанием предполивной влажности почвы 80 % НВ. Внесение удобрений строчкой приводит к существенному уменьшению биометрических показателей растений картофеля в течение вегетации и достоверному снижению урожайности до 38,3 т/га при назначении полива при 80 % НВ и 36,0 т/га при предполивном пороге 70 % НВ.

На черноземе южном Юга России наиболее экономически выгодным является орошаемое звено полевого севооборота, в котором дважды за три года ротации высевается промежуточная горчица сарептская с заделкой ее вегетативной и корневой массы в почву. В этом звене получена самая большая прибыль (520,9 тыс. руб/га) и рентабельность производства – 179,6 %.

Рыхление почвы перед весенней посадкой картофеля выгоднее проводить агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 0,15 м, которое обеспечивает увеличение прибыли и рентабельности производства клубней по сравнению рыхлением чизелем и внесением удобрений поверхностно или строчкой. Полив картофеля эффективнее вести системой капельного орошения с его посадкой в гряды.

На черноземе обыкновенном оптимальным способом подготовки почвы под картофель является осеннее рыхление чизелем ПЧ-2,5 на

глубину 0,45 м с нарезкой гребней в сочетании с весенним рыхлением агрегатом АКРУ-2,8 на эту же глубину и одновременной нарезкой гребней. При таком способе обработки почвы обеспечивается получение самой высокой прибыли (238,5 тыс. руб/га) и рентабельности производства – 181,0 %. При всех других способах зяблевой и предпосадочной обработки почвы прибыль и рентабельность снижаются.

На светло-каштановой почве наиболее экономически выгодным режимом орошения является полив от посадки до фазы бутонизации с влажностью почвы 70 % НВ, а с фазы бутонизации до технологической спелости клубней 80 % НВ. Самая большая прибыль 151,6 тыс. руб/га и рентабельность – 108,8 % при ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 и поливе картофеля с влажностью почвы 80 % НВ, что на 19,6 тыс. руб/га и на 9,5 % больше, чем при поливе 70 % НВ.

На черноземе обыкновенном и светло-каштановой почвах лучшим направлением весенней посадки является восток – запад, летней – север – юг, обеспечивающими рост урожайности и экономической эффективности производства клубней. При дефиците водных ресурсов на черноземе обыкновенном возможно снижать оросительную норму на 20 и 40 % с получением рентабельности производства 147,0 и 111,6 %, на светло-каштановой почве в такой ситуации возможно снижение поливной нормы только на 20 % и получение рентабельности 75,7 %, которая обеспечивает расширенное воспроизводство материально-технических и людских ресурсов. Дальнейшее уменьшение поливной нормы на обоих типах почв приводит к снижению экономической эффективности производства, не обеспечивающему даже простое воспроизводство, а посадка картофеля без орошения является убыточной.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения высоких урожаев картофеля, сохранения и повышения плодородия орошаемых земель юга России рекомендуется:

1. На черноземе южном:

- осваивать трехпольное звено полевого севооборота с картофелем летней посадки и промежуточным двухразовым посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры со следующим чередованием:
 - 1) озимая пшеница + горчица сарептская на сидерат (пожнивню),
 - 2) горчица сарептская весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки,
 - 3) лук;
- перед весенней посадкой картофеля почву рыхлить агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м и одновременно ленточным способом вносить азотно-фосфорные удобрения на глубину 0,15 м;

- картофель весенней посадки после появления всходов окучивать в гряды шириной 1,05 м и поливать системой капельного орошения.

2. На черноземе обыкновенном:

- для весенней посадки картофеля зяблевую обработку следует проводить чизелем на глубину 0,45 м с нарезкой гребней в сочетании с весенним рыхлением агрегатом АКРУ-2,8 на эту же глубину и одновременной нарезкой гребней;
- при весенней посадке картофель сажать по направлению с востока на запад, при летней посадке – с севера на юг;
- при дефиците водных ресурсов снижать рекомендованную научными учреждениями региона оросительную норму полива дождеванием на 20 %, при острой нехватке оросительной воды норму орошения можно снижать на 40 %.

3. На светло-каштановой почве:

- при возделывании картофеля на светло-каштановой почве и остром дефиците водных ресурсов возможно снижение рекомендованной научными учреждениями региона оросительной нормы полива дождеванием не более чем на 20 %;
- при капельном орошении картофеля весенней посадки поливать его от посадки до фазы бутонизации с поддержанием предполивной влажности почвы 70 % НВ, а с фазы бутонизации до технологической спелости клубней с влажностью почвы 80 % НВ;
- рекомендуемую дозу фосфорно-калийных удобрений вносить перед посадкой картофеля агрегатом АКРУ-2,8 лентой шириной 0,2 м в гребень на глубину 0,15 м и поливать при поддержании предполивной влажности почвы 80 % НВ;
- при весенней посадке картофель сажать по направлению с востока на запад, при летней посадке – с севера на юг.

Автор выражает глубокую признательность научному консультанту члену-корреспонденту РАН В. В. Мелихову за полезные советы и наставления по подготовке диссертации. Огромная благодарность сотрудникам ФГБНУ ВНИИ орошаемого земледелия за помощь в проведении полевых исследований и лабораторных анализов; большое спасибо руководству, сотрудникам агрономической и гидротехнической службы СПК «Престиж», ООО «Совхоз «Карповский» и КФХ «Мурасова А. Н.» Волгоградской области, ООО «Маяк» Ростовской области за неоценимую помощь в материально-техническом обеспечении опытов, предоставлении орошаемых участков и сельскохозяйственной техники, и персональное спасибо известному агроному-картофелеводу Ю. П. Маконину за практические уроки и наставления по технологии возделывания картофеля.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Мелихов, В. В. Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков** // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011 – № 4. – С. 38–40. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16563225>
2. Мелихов, В. В. Оптимальный режим капельного орошения и минерального питания раннего картофеля [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков** // Картофель и овощи. – 2011-1. – № 8. – С. 16. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18955334>
3. Мелихов, В. В. Эффективность удобрения раннего картофеля при капельном орошении [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков** // Плодородие. – 2011-2. – № 5. – С. 25–26. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16972868>
4. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии [Текст] / Н. Н. Дубенок, Д. А. Болотин, А. Г. Болотин, **А. А. Новиков** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 83–90. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36600041>
5. **Новиков, А. А.** Влияние способов полива и окучивания на режим орошения картофеля [Текст] / А. А. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2 (54). – С. 145–153. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-17
6. **Новиков, А. А.** Влияние способов полива и окучивания картофеля на структурное состояние почвы [Текст] / А. А. Новиков // Агрофизика. – 2019-1. – № 3. – С. 14–19. DOI: 10.25695/AGRPH.2019.03.03
7. **Новиков, А. А.** Содержание гумуса и питательных веществ в почве в зависимости от предшественников картофеля в севообороте [Текст] / А. А. Новиков // Плодородие. – 2020. – № 2 (113). – С. 53–56. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.16
8. **Новиков, А. А.** Влияние водообеспеченности на формирование урожайности и водопотребление картофеля на черноземных почвах Волгоградской области [Текст] / А. А. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020-1. – № 3 (39). – С. 38–51. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-38-5
9. **Новиков, А. А.** Рациональное использование водных ресурсов картофеля при его выращивании в орошаемых звеньях севооборотов на черноземах [Текст] / А. А. Новиков // Достижения науки и техники АПК. – 2020-2. – Т. 34. – № 5. – С. 37–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10507
10. **Новиков, А. А.** Ресурсосберегающее устройство для локальной обработки почвы и ленточного внесения удобрений под картофель [Текст] / А. А. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020-4. – № 4 (58). – С. 153–164. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-14
11. **Новиков, А. А.** Особенности возделывания картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье [Текст] / А. А. Новиков // Картофель и овощи. – 2021. – № 9. – С. 28–32. DOI: 10.25630/PAV.2021.22.92.004

12. **Новиков, А. А.** Влияние сроков нарезки гребней на рост, развитие и урожайность картофеля [Текст] / А. А. Новиков, В. В. Мелихов // Земледелие. – 2021-1. – № 7. – С. 26–29. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-26-29
13. **Новиков, А. А.** Географическое направление весенних и летних посадок картофеля на черноземах обыкновенных [Текст] / А. А. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022-1. – № 1 (65). – С. 123–131. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-01-11.
14. **Новиков, А. А.** Зяблевая обработка почвы и способы ее рыхления перед посадкой картофеля [Текст] / А. А. Новиков // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6.

Публикации в международных реферативных базах данных:

15. Processing of specific growth of various potato varieties under drip irrigation in Lower Volga region [Text] / N. N. Dubenok, V. V. Melikhov, **A. A. Novikov**, D. A. Bolotin, D. I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021, 624(1), 012014/ DOI:10.1088/1755-1315/624/1/012014
16. **Novikov, A. A.** The crops influence on the nutrients content in the soil dynamics in the crop rotation links [Text] / A. A. Novikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3. Сер. «Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture III-2020» – 2021-2. – С. 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/786/1/012005

Монографии, рекомендации

17. Мелихов, В. В. Капельное орошение и удобрение раннего картофеля: монография [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков**. – Волгоград : ООО «СФЕРА», 2017. – 232 с. ISBN 978-5-9909909-0-6. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43830694>
18. Проектирование и расчет систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур : методическое пособие [Текст] / В. В. Мелихов, И. П. Кружилин, Н. Н. Дубенок, А. Г. Болотин, А. Е. Новиков, В. Ф. Мамин, **А. А. Новиков**, Т. Г. Константинова, Д. А. Болотин, Т. С. Кошкарова, Д. И. Василюк, А. В. Гурба. – Волгоград, 2017-1. – 184 с. ISBN 978-5-9500473-7-4. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44216188>

Патенты на изобретение РФ:

19. Мелихов, В. В. Патент 2435361 Российская Федерация Способ возделывания картофеля летними посадками на орошаемых землях в условиях юга России, преимущественно для зон с рискованным земледелием [Текст] // Мелихов В. В., Кузнецов П. И., Навитня А. А., **Новиков А. А.** ; заявитель и патентообладатель Всероссийский НИИ орошаемого земледелия. – 2010122366/13 ; заявл. 01.06.2010 ; опубл. 10.12.2011. – 2011-3. Бюл. № 34. – 7 с.
20. **Новиков, А. А.** Патент 2685398 Российская Федерация. МПК А01В 49/06. Комбинированное устройство для рыхления почвы и ленточного внесения удобрений в гребне [Текст] // Новиков А. А., Мелихов В. В., Болотин Д. А. ; заявитель и патентообладатель Всероссийский НИИ орошаемого земледелия. – № 2018140847/18 ; заявл. 19.11.2018 ; опубл. 17.04.2019-2. – Бюл. № 11. – 8 с., 2 ил.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

21. **Новиков, А. А.** Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020616945. Многофакторная оценка и прогнозирование продуктивности раннего картофеля при возделывании на капельном орошении [Текст] / А. А. Новиков, В. В. Мелихов, Л. Н. Медведева, А. Ф. Рогачев, Е. В. Мелихова, Д. И. Василюк, Т. С. Кошкарлова, А. В. Медведев, А. В. Дранников ; Правообладатели: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия». Заявка № 2020615913, Дата регистрации: 08.06.2020, Дата публикации: 25.06.2020-5.

В научных трудах, материалах конференций:

22. Мелихов, В. В. Условия реализации потенциала продуктивности картофеля при возделывании в ранней культуре [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков** // Защитное лесоразведение в Российской Федерации : матер. Междунар. науч.-практ. конф. во ВНИАЛМИ 17–19 октября 2011 г. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2011-4. – С. 223–226. – URL: <https://www.twirpx.org/file/1260958/>
23. Мелихов, В. В. Удобрение и продуктивность картофеля при капельном орошении в ранней культуре [Текст] / В. В. Мелихов, **А. А. Новиков** // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : матер. Междунар. науч.-практ. конф. в Рязанском ГАУ им. П. А. Костычева. – Рязань : Рязанский ГАУ, 2011-5. – С. 74–77. – URL: http://www.cnsbh.ru/jour/j_as.asp?id=116245
24. Кружилин, И. П. Водосбережение в орошаемом земледелии [Текст] / И. П. Кружилин, **А. А. Новиков**, А. Г. Болотин // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию Всероссийского НИИ орошаемого земледелия 6–9 сентября 2017 г. – Волгоград : ФГБНУ ВНИИОЗ, 2017. – С. 43–49. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34928424>
25. **Новиков, А. А.** Влияние предшественника на качество картофеля при его возделывании в зоне южных черноземов [Текст] / А. А. Новиков // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти академика РАН В. П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в ФГБНУ «Прикаспийский АФНЦ» 10–12 августа 2021 г. – Прикаспийский АФНЦ, 2021-2. – С. – 346–350.
26. **Новиков, А. А.** Влияние способа внесения удобрений и режима орошения на концентрацию водорастворимых веществ в почве [Текст] / А. А. Новиков // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. в Волгоградском ГАУ 9 февраля 2022 г. – Волгоградский ГАУ, 2022-3. (В печати).

Подписано в печать 07.06.2022.

Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,0. Заказ № 130. Тираж 120 экз.

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

