

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»

На правах рукописи

НОВИКОВ Алексей Андреевич

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

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени доктора
сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук
Мелихов В.В.

Волгоград – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ОРОШЕНИИ	9
1.1. Биологические особенности картофеля	10
1.2. Севообороты для картофеля в орошаемом земледелии	12
1.3. Система обработка почвы	16
1.4. Дозы и способы внесения удобрений	20
1.5. Способы и направления посадки	23
1.6. Способы полива картофеля	25
1.7. Использование зелёных удобрений в орошаемом земледелии	29
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	35
2.1. Климат мест проведения полевых опытов	35
2.2. Почвы зон исследований и опытных участков	36
2.3. Метеорологические условия проведения исследований	40
2.4. Методика проведения исследований.....	44
2.5. Технология возделывания культур в опытах	49
2.6. Режим орошения картофеля в опытах	51
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ.....	53
3.1. Размещение картофеля в звене полевого севооборота	53
3.2. Обработка почвы и внесение удобрений перед посадкой	80
3.3. Способы полива и окучивания картофеля	88
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ.....	106
4.1. Основная обработка почвы осенью и способы рыхления почвы перед посадкой	106
4.2. Направление весенней и летней посадки	115
4.3. Режим орошения дождеванием	120

5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА СВЕТЛО–КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ	128
5.1. Режим орошения при поливе дождеванием	128
5.2. Режим капельного орошения раннего картофеля	137
5.3. Способ внесения минеральных удобрений	142
5.4. Направление весенней и летней посадки	148
6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ	152
6.1. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на черноземе южном.....	152
6.2. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на черноземе обыкновенном.....	159
6.3. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на светло-каштановой почве.....	162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	166
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	172
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	174
ПРИЛОЖЕНИЯ	215

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Издревле в нашей стране картофель называют вторым хлебом, так как он является важнейшей продовольственной культурой, используемой в пищу, скармливают животным, из него получают, спирт, крахмал, молочную кислоту, декстрин, вырабатывают искусственный каучук.

Чтобы обеспечить всё возрастающие потребности в картофеле в нашей стране необходимо организовать его промышленное производство. На юге России, где резко континентальный сухой и жаркий климат, промышленное производство картофеля 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 т/га, в Ростовской – 19,6, Краснодарском крае – 11,7 т/га. Такой уровень урожайности не достаточен для воспроизводства материально-технических и людских ресурсов и не обеспечивает потребности населения региона в продовольственном картофеле и сырье для его переработки.

Степень научной разработанности темы. Основные теоретические и практические принципы организации производства товарного и семенного картофеля разработаны для условий нечерноземной зоны (Лорх А.Г., 1968; Старовойтов В.И., 1995; Жевора С.В. и др., 2019), северных и северо-западных районов (Осипова Е.А., 1980, Егорова М.Ф., 1988), Западной и Восточной Сибири (Часовских и др. Н.П., 2003; Черемисин А.И., 2020) и других регионов (Киселев Е.П. и др., 2018; Рафальский и др. С.В., 2019).

На юге России проблеме производства картофеля на орошаемых землях посвятили свои работы А.А. Навитняя (2002), И.П. Кружилини и др. (2003), Ш.Б. Байрамбеков (2008), В.А. Шляхов и др. (2009), В.В. Бородычев и др. (2017), В.В. Мелихов (2017-1), Т.Н. Дронова (2018) и другие ученые. Ими научно обоснована необходимость возделывания картофеля на Юге России на орошаемых землях, разработаны и рекомендованы производству режимы его полива дождеванием и по бороздам, способы обработки почвы, нормы и сроки внесения удобрений, уходные мероприятия за посадками картофеля, интегрированные системы защиты

от вредителей, болезней и сорняков, а также подобраны наиболее адаптированные к засушливому климату сорта этой культуры, изучены особенности их роста и развития в зависимости от сроков и норм посадки на товарные цели.

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 встаёт вопрос о применении в звеньях севооборотов с картофелем промежуточных сидеральных культур, 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.

Цель исследований – разработать научные основы размещения картофеля в звеньях полевого севооборота с включением промежуточной сидеральной культуры, усовершенствовать и разработать новые технологические приёмы 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 приёмов 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 приёмов 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 приёмов возделывания картофеля, режимов орошения и звеньев полевого севооборота.

Практическая значимость работы. На основе многолетних исследований производству рекомендовано научно обоснованное трёхпольное 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, адаптированных к почвенно-климатическим условиям Юга России.

Результаты исследований внедрены в двух хозяйствах на черноземе обыкновенном Воронежской и черноземе южном Ростовской областей на площади 159 га с суммарным годовым экономическим эффектом 18,9 млн. руб. (приложение 41-42).

Методология и методы исследований основаны на обзоре отечественной и иностранной научной литературы, проведении полевых опытов, наблюдений, лабораторных исследований, статистической обработке экспериментальных данных, анализа 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 формирования урожая картофеля существенное влияние оказывают его размещение в звене орошаемого полевого севооборота, способы полива, режимы орошения и технологические приёмы выращивания;

- усовершенствованные технологические приёмы 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 приёмы возделывания, способы полива и режимы орошения повышают экономическую эффективность выращивания картофеля на орошаемых землях Юга России.

Публикации. Всего по теме диссертации опубликовано 26 научных работ, в том числе 2 статьи цитируются в международных базах данных Web of Science и Scopus, 14 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 8 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.

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.

Структура и объём 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 производству, списка литературы из 362 наименований, в том числе 35 иностранных авторов и 42 таблицы приложений.

1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ОРОШЕНИИ

Картофель уже несколько столетий как является одним из основных продуктов питания населения в мире и России. Он возделывается более чем в 150 странах мира на площади около 19 млн. га, а валовое производство достигло 385 млн. т. В Российской Федерации объёмы производства картофеля по годам изменяются от 28 до 33 млн. т (Агропромышленный комплекс..., 2017; Анисимов Б.В., 2003; Жевора С.В. и др., 2019). Несмотря на то, что Россия по валовому сбору картофеля занимает третье место в мире, уступая Китаю и Индии, она остаётся одной из последних стран по средней урожайности – 20-24 т/га против 60-65 т/га в развитых странах (Бородычев В.В. и др., 2017; Дубенок Н.Н. и др., 2018-1). Низкая урожайность картофеля сопровождается уменьшением в стране площади его посадки с 1990 года в 1,7 раза, и составляют в настоящее время всего 1,9 млн. га (Дубенок Н.Н. и др., 2015). По мнению авторов, значительное сокращение посадочных площадей произошло, опять же, из-за неконкурентоспособно низкой урожайности картофеля.

По этой причине не обеспечивается внутреннее потребление этим важным продуктом питания и появилась необходимость импортировать картофель из-за рубежа (Бутов А.В., Мандрова А.А., 2016). Проведенный Л.М. Колчиной (2014) и Н.Н. Колчиным с коллегами (2019) анализ состояния отрасли картофелеводства показал, что большинство сложившихся в отрасли проблем можно решить за счет внутренних резервов. Для этого картофелеводство должно стать одним из приоритетных направлений в России, что отражено в «Федеральной программе развития сельского хозяйства России на 2017–2025 годы».

Согласно этому документу к 2026 году планируется обеспечить импортозамещение сортов и посадочного материала картофеля на российском рынке (Журавлева Е.В. и др., 2018, 2018-1), существенно увеличить его урожайность Байрамбеков Ш.Б (2016) и валовое производство путем выращивания в крупных сельхозпредприятиях и на орошаемых землях (Вопросы картофелеводства..., 2006).

Важную роль в решении этих сложных и многогранных задач может сыг-

рать Юг России, где картофель в промышленных масштабах можно выращивать и получать высокие урожаи высококачественных клубней при орошении (Дубровин Н.К. и др., 2017; Дронова Т.Н. и др., 2018).

1.1. Биологические особенности картофеля

Картофель *Solanum tuberosum* L., получивший самое широкое распространение в культуре, относится к семейству Паслёновые (Solanaceae), роду *Solanum* (Лорх А.Г., 1968) и представляет собой однолетнее и многолетнее, травянистое, клубненоносное растение. В производстве более практично использование однолетнего растения, у которого жизненный цикл от посадки до образования зрелых клубней проходит в течение одного вегетационного периода.

Корневая система картофеля, выращенного из клубня, мочковатая, и представляет собой переплетение корневых систем отдельных стеблей. Корневая система имеет ростковые, пристолонные корни, появляющиеся в течение всего периода вегетации, и столонные корни, находящиеся на столонах. Клубень картофеля представляет собой утолщённый и укороченный стебель на вершине stolона (Смирнов А. Н., 2001). Корневая система картофеля менее развита, чем у других полевых культур, поэтому, а также из-за образования в почве клубней, культура картофеля требовательна к созданию рыхлого слоя при основной и предпосадочной подготовке почвы. Для создания благоприятных условий для роста корневой системы и столонов, картофель чаще всего высаживают в гребень и возделывают по гребневой технологии (Романова И.Н. и др., 2019).

В жизненном цикле картофеля Т.Н. Мухортова и др. (2010), Васильев А.А. (2015) выделяют пять физиологических этапов: от начала прорастания клубня в хранилищах до его посадки в поле; от посадки до появления всходов, когда формируются корни и побеги за счёт запасных веществ материнского клубня; от всходов до начала завязывания клубней, когда идёт рост листьев, стеблей и корней преимущественно за счёт фотосинтеза и частично за счёт запасов материнского клубня; период роста клубней, частично совпадающий с продолжающимся ростом ботвы; период отмирания ботвы и усиленного отложения запасных пита-

тельных веществ в клубнях.

Эти периоды онтогенеза растений картофеля учитывают физиологически переломные моменты в жизни растения (всходы, начало клубнеобразования, начало и завершение отмирания ботвы) и, по мнению Н.П. Часовских, В.А. Новикова, Т.А. Забияко (2003) должны учитываться при проведении полевых опытов с картофелем по разработке элементов технологии.

Картофель принадлежит к числу растений, неприхотливых к климату и почве, наиболее способных к акклиматизации. Поэтому во всех климатических зонах нашей страны картофель обладает способностью при обеспечении необходимой агротехники обеспечить получение до 40–60 т/га клубней. Однако, по мнению Б.В. Анисимова с коллегами (2008), для получения такой урожайности необходимо в каждом регионе подбирать районированные сорта, разрабатывать и совершенствовать технологию возделывания культуры.

По мнению Л.С. Гиль с коллегами (2007) картофель относится к засухоустойчивым и малотребовательным к влажности почвы культурам. Этот вывод сделан автором на основании того, что его водопотребление на 30–40 % меньше, чем у зерновых, сахарной свёклы и клевера. В то же время картофель отзывчив на наличие влаги в почве, поэтому, чем больше выпадает осадков за период вегетации, тем выше урожайность картофеля.

У картофеля критическим периодом по отношению к влаге является время от начала цветения и до технологической спелости, когда происходит завязывание и формирование урожая клубней (Андрианов А.Д. и др., 2008, 2008-1). Поэтому Л.С. Федотова с коллегами (2006) считают, что оптимальной влажностью почвы для роста и развития картофеля находится выше 70 % от полевой влагоёмкости, а по данным Н.П. Часовских с соавторами (2003) она выше 80 %НВ.

На Юге России с его жарким континентальным климатом такую влажность почвы во время вегетации картофеля можно создать только при орошении, которое по мнению А.Д. Андрианова и Д.А. Андрианова (2003) является обязательным условием возделывания культуры в этом регионе в промышленных масштабах.

Картофель очень требователен к температуре воздуха и почвы во время вегетации. По наблюдениям А.В. Ивойлова с соавторами (2009) температура почвы более 18 °С угнетает рост и развитие растений, а при 26–29 °С они приостанавливают образование клубней. Поэтому важным приёмом снижения температуры почвы на Юге России является орошение, которое усиливает испарение воды с поверхности почвы и растений и снижает температуру приземного слоя на несколько градусов (Часовских Н.П. и др., 2003).

В условиях орошения большую роль играет обеспеченность растений элементами питания, которые повышают не только урожайность картофеля, но и его качество (Колягин Ю.С., В.В. Денисов, 2003). В опытах В.И. Старовойтова (2004), проведённых в Волго-Ахтубинской пойме, при орошении дождеванием без удобрений у сорта Импала получено 18,5 т/га, при внесении удобрений дозой $N_{240}P_{70}K_{250}$ урожайность возросла до 49,1 т/га. В условиях Северо-Запада России применение минеральных удобрений увеличивало урожайность клубней картофеля на 25–45 % (Иванов А.И. и др., 2019).

Важную роль в развитии растений картофеля играют микроэлементы – железо, медь, цинк, марганец, кобальт и др., большинство из которых входит в состав ферментов. Недостаток или отсутствие микроэлементов приводит к задержке роста, болезням и снижению урожайности картофеля (Кружилин И.П. и др., 2003-1). Поэтому при планировании урожайности картофеля необходимо использовать элементы программирования урожая и обеспечить его всеми элементами питания (Кружилин И.П. и др., 2012; Мелихов В.В., 2007).

Картофель лучше произрастает на лёгких рыхлых почвах, хорошо пронизываемых для воды и воздуха (Алексеев В.А., 2003). Для нормального роста растения картофеля требуют, чтобы реакция почвенной среды была на уровне рН равном 5-6. Поэтому целесообразно проводить гипсование щелочных и известкование кислых почв (Дубровин Н.К., Киселева Г.Н., 2017).

1.2. Севообороты для картофеля в орошаемом земледелии

Картофель принадлежит к числу немногих культур, которые при высокой

агротехнике способны давать хорошие урожаи при повторном и бессменном возделывании. Однако, по наблюдениям С.А. Банадысева (2001), возделывание картофеля в монокультуре вызывает почвоутомление и создаёт благоприятные условия для накопления вредителей и возбудителей болезней, что приводит к росту затрат на борьбу с ними и снижению урожайности культуры.

Поэтому в современных технологиях возделывания картофеля, особенно на орошении, севооборот занимает очень важное место, так как научно обоснованное чередование культур в пространстве и во времени позволяет решить ряд важных технологических вопросов, связанных с сохранением и воспроизводством плодородия почвы (Чеботарев Н.Т. и др., 2019), необходимостью чередования способов её обработки для регулирования физических свойств, питательного и водного режимов (Васильев С.М., 2006), улучшения фитосанитарного состояния посевов и почвы (Akiew S et al., 1996, Дробилко А.Д. и др., 2011; Шестеперов А.А. и др., 2019), предотвращения накопления болезнетворных начал и токсинов, выделяемых корнями растений (Amer KH et al., 2004).

Структура посевных площадей в севообороте определяется потребностями в растениеводческой продукции, направленностью и специализацией сельхозпредприятия, орошением, величиной урожая и экономическими показателями возделываемых культур (Айдаров И.П., 2007; Захаров В.В., Леденев А.М., 2008; Шевченко П.Д. и др., 2009). В севообороте культуры подбираются таким образом, чтобы предшествующая создавала благоприятные условия для последующих культур (Thorup-Kristensen K. et al., 2003), так как возделывание их в монокультуре приводит к снижению эффективности использования пахотных земель (Ochiai N. et al., 2007; Селицкий С.А., 2011; Bhattacharyya R. et al., 2015). Обусловлено это тем, что в севообороте обеспечивается уменьшение накопления почвенных патогенов растений и болезней (Abawi G. S. et al., 2000; Peters RD et al., 2003; Тулинов А.Г., 2014), которые могут опустошить картофельные поля, выращиваемые в монокультуре в течение нескольких лет подряд (Florentin M.A., 2011; Wiggins B.E. et al., 2005).

По мнению А.Н. Постникова (2008) картофель на орошаемых землях можно

возделывать в полевых, кормовых и специализированных севооборотах по производству овощных культур, но в любом случае очень важно размещать картофель по лучшим предшественникам.

В.В. Мелихов (2007) лучшими предшественниками картофеля на орошаемых землях Нижнего Поволжья считает зерновые колосовые и зернобобовые, кукурузу и другие пропашные культуры. В их исследованиях размещение картофеля по этим предшественникам обеспечивает очищение поля от сорняков и вредителей, что положительно сказывается на фитосанитарном состоянии картофеля и его урожайности. Аналогичный эффект наблюдал и М.А. Базгиев с коллегами (2016) в условиях Республики Ингушетия.

Согласно рекомендаций зональных систем земледелия Ростовской области (2013) на орошаемых южных черноземах лучшими предшественниками картофеля являются озимые и яровые колосовые, кукуруза, соя, горох, люцерна, овощные (капуста, огурцы, корнеплоды) и бахчевые культуры. Однако, исследованиями Д. Шпаара (2016) установлено, что люцерна, оставляют после себя многочисленное потомство общих с картофелем вредителей, а именно проволочника. К тому же растительные остатки люцерны не успевают разложиться на следующий год после заделки и не способствуют обеспечению рыхлости почвы, что важно для картофеля. По этой же причине – наличия трудно заделываемых пожнивных остатков автор считает и кукурузу не лучшим предшественником картофеля.

В целях обеспечения производителей товарного картофеля семенным материалом ряд авторов (Плешаков В.Н и др., 1974; Харченко В.М., 2004; Навитня А.А. и др., 2009) рекомендуют летние посадки картофеля. В овощных орошаемых севооборотах Астраханской области Ш.Б. Байрамбеков с коллегами (2008) предлагают летнюю посадку картофеля проводить после ранней капусты, озимой пшеницы и других культур ранней уборки. По утверждению А.А. Скрыбина (2015) лучшим предшественником картофеля на орошаемых землях Центрально-Черноземной зоны, Северного Кавказа и Поволжья является озимая пшеница, размещенная по зернобобовым культурам и кукурузе на силос. По его мнению, это обусловлено тем, что озимая пшеница способствует сохранению почвенного

плодородия путем восполнения органического вещества почвы оставлением большого количества пожнивных остатков.

Кроме того, озимая пшеница хорошо подавляет сорняки и не имеет с картофелем одинаковых возбудителей болезней, что положительно сказывается на фитосанитарном состоянии посадок картофеля, а, благодаря невысоким затратам на ее возделывание, она является высокорентабельной культурой, позволяющей повысить экономическую эффективность севооборота (Банадысев С.А., 2020).

Наравне с озимой пшеницей В.В. Никитин с соавторами (2015) хорошим предшественником картофеля на орошаемых землях Юга России считают сою. Обусловлено это возможностью получения в регионе при поливе стабильных урожаев сои, являющейся одной из самых высокорентабельных культур (Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., 2017), и биологической фиксации азота из воздуха, который для формирования урожая использует следующая культура севооборота (Красюк Л.М., 2011; Щедрин В.Н. и др., 2016).

Это же подтверждают исследования М.И. Яковлевой с коллегами (2020), в которых размещение картофеля после люпина узколистного и сои на черноземах Чувашской Республики обеспечивало достоверное увеличение урожайности клубней картофеля на 31,2 и 30,8 %, сухого вещества на 6,7 и 9,2 % и крахмала – на 4,3 и 5,5 % соответственно. Однако в опытах И.С. Марданшина (2015) дополнительно накопленного азота бобовыми культурами, в том числе и соей, в количестве 21,7–29,3 кг/га не достаточно для получения высокого урожая картофеля на орошаемых землях, поэтому необходимо дополнительное внесение удобрений, в том числе азотных.

В свою очередь картофель является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур. В орошаемом земледелии на Юге России после картофеля в полевых севооборотах лучше всего размещать озимые зерновые, кукурузу, в овощных севооборотах он является хорошим предшественником для лука, сахарной свеклы и других культур (Бабичев А.Н., 2015).

Таким образом, в орошаемых условиях Юга России картофель следует возделывать в севообороте. В полевых севооборотах лучшими предшественниками

для его размещения являются озимая пшеница, соя, в овощных – ранняя капуста, огурцы, корнеплоды, лук и бахчевые культуры, которые обеспечивают очищение поля от сорняков, вредителей и переносчиков болезней картофеля и положительно сказывается на фитосанитарном состоянии и урожайности картофельного поля.

1.3. Система обработки почвы

Обработка почвы при возделывании картофеля играет очень важную роль, так как она оказывает существенное влияние на водно-физические (Кулыгин В.А., 2014; Жевора С.В. и др., 2019), химические и биологические свойства почвы (Ильинская И.Н. и др., 2012), от которых во многом зависят условия произрастания и урожайность культуры. К тому же обработка почвы является одной из наиболее затратных технологических приемов (Тулинов А.Г., 2014) и требует большого расхода энергии, трудовых и материально-технических ресурсов, что оказывает существенное влияние на экономическую эффективность возделывания картофеля.

Способы подготовки почвы для посадки картофеля зависят от типа почв, сроков его посадки (Дубенок Н.Н., 2015; Гаспарян И.Н. и др., 2018), а при его возделывании на орошении и от техники и технологии полива (Навитня А.А., 2002). Во всех случаях обработка почвы должна быть направлена на создание благоприятных условий для посадки, роста и развития растений картофеля (Vohme K., 2000), борьбу с сорной растительностью с применением агротехнических и химических средств (Калинин А.Б., 2017; Плахов С.А. и др., 2019).

Большинство исследований отдают предпочтение отвальной обработке почвы, что связано с высокими требованиями картофеля к рыхлости почвы для образования и роста клубней (Алексеев В.А., 2003; Гиченкова О.Г. и др., 2019). В опытах И.В. Сатункина, А.А. Григорьева и И.А. Иванова (2021), проведённых на орошаемых южных чернозёмах Оренбургской области, самая высокая урожайность картофеля – 58,7 т/га с оптимальным содержанием в клубнях сухого вещества, крахмала и белка получена при отвальной вспашке на глубину 0,27-0,30 м с внесением органо-минерального удобрения.

В исследованиях В.И. Титовой и Э.Т. Акопджанян (2021) на дерново-подзолистых почвах Нижегородской области зяблевая вспашка оказала положительное влияние на фитосанитарное состояние посадок картофеля и обеспечила прибавку урожая клубней от 5,3 до 8,7 т/га. Аналогичные результаты получены В.В. Ивениным с коллегами (2017) на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона.

Обработка почвы под картофель начинается сразу после уборки предшественника (Туболев С.С. и др., 2007; Naase N.U., 2001). После озимой пшеницы, например, проводится лущение стерни и глубокая зяблевая вспашка на глубину 0,27–0,30 м (Дыйканова М.Е. и др., 2019; Колчин Н.Н. и др., 2019-1). После пропашных культур, при возделывании которых проводились междурядные обработки и применялись гербициды, вспашку можно проводить без предварительного лущения (Гиль Л.С. и др., 2007).

При наличии многолетних корнеотпрысковых трудноискоренимых сорных растений В.А. Алексеев (2003) рекомендует использовать гербициды сплошного действия из группы глифосатов – Раундап, Торнадо, Космик и др. Этими гербицидами производится обработка нормой 3–4 л/га в сентябре-октябре в тёплую погоду, действующее вещество проникает через листья в корни и вызывает полную гибель растений. В этом случае лущение стерни можно не проводить, а через 2–3 недели после гибели сорняков проводить вспашку (Долженко О.А., 2009).

Н.П. Часовских с коллегами (2003) предлагают при благоприятных фитосанитарных условиях заменить зяблевую отвальную вспашку безотвальным рыхлением плоскорезами. Их мнение поддерживает В.А. Кулыгин (2014), в опытах которого на обыкновенном черноземе Ростовской области значимых различий в уровне урожайности картофеля в зависимости от способа основной обработки не выявлено, но меньшие энергетические затраты при безотвальной обработке способствовали увеличению экономической эффективности возделывания культуры.

В то же время, Д.А. Костин (2007) утверждает, что на пойменных землях Мордовии использование отвальной вспашки на глубину 0,26–0,28 м позволило увеличить запасы осенне-зимней влаги, снизить засоренность посадок картофеля

и получить урожай клубней на уровне 60,7 т/га, что на 9,5 т/га больше по сравнению с безотвальной обработкой. О.А. Старовойтова с соавторами (2020) считают, что использование вспашки позволяет улучшить фитосанитарное состояние почвы (Васильева С.В. и др., 2020), чем при безотвальной обработке, что оказывает существенное влияние не только на урожайность, но и на качество получаемых клубней.

Важную роль при возделывании картофеля играет обработка почвы перед посадкой картофеля. В исследованиях Н.И. Шестакова и В.А. Макарова (2013) на дерново-подзолистой супесчаной почве весенняя вспашка на глубину 0,20–0,25 м с последующим выравниванием поверхности обеспечила получение прибавки урожая картофеля по сравнению с посадкой картофеля без рыхления почвы на 5,1 т/га, или 18 %. На выщелоченных чернозёмах Чувашской Республики (Моисеев Ю.Ф. и др., 2012) и Новосибирского Приобья (Галеев Р.Р., Шульга М.С., 2014) перед посадкой картофеля почву лучше всего обрабатывать фрезой. На тяжелых почвах юга России В.В. Мелихов (2007) в качестве предпосадочной обработки почвы рекомендует боронование и две-три культивации на глубину 15–18 см, а Е.Д. Арьянова с коллегами (2017) рекомендуют весной на светло-каштановых почвах, обыкновенных и южных черноземах Юга России ранневесеннее боронование проводить в сочетании с глубоким рыхлением.

Таким образом, в процессе совершенствования технологии возделывания картофеля система обработки почвы включали все больше операций. В конце 90-х годов прошлого столетия наиболее распространённая и освоенная в картофелеводческих хозяйствах технология выращивания картофеля включала следующие операции: обработка дисковыми орудиями в 2 следа после уборки предшественника, глубокая зяблевая вспашка, ранневесеннее боронование в два следа, культивация, вспашка, предпосадочное выравнивание и нарезка гребней (Колчина Л.М., 2014-1; Понамарев А.Г., Зернов В.Н., 2018). При этом мощность тракторов, глубина вспашки и ширина захвата плугов и других почвообрабатывающих орудий постоянно увеличивались (Коршунов С.А. и др., 2018; Беленков А.И. и др., 2019; Baig M. V. et al., 2006).

Однако многократный проезд по полю одно операционными почвообрабатывающими орудиями приводит к переуплотнению почвы, что особенно проявляется на тяжелых орошаемых землях Юга России, испытывающих высокую водную нагрузку от орошения. Такая технология обработки почвы требует расхода больших материально технических и людских ресурсов, что приводит к снижению экономической эффективности возделывания картофеля (Туболев С.С. и др., 2018).

Кроме того, интенсивная механическая обработка почвы ускоряет минерализацию и потерю гумуса, разрушает почвенную структуру, угнетает почвенную микрофлору, усиливает эрозионные процессы, способствует смыву почвы и питательных веществ, проявлению ветровой и водной эрозии (Старовойтов В.И., 2012). По мнению О.А. Старовойтовой с коллегами (2020) постоянная вспашка на глубину пахотного слоя приводит к уплотнению подпахотного горизонта, что сдерживает проникновение корневой системы в глубокие слои почвы.

Для ликвидации «плужной подошвы» Л.И. Якубышина с коллегами (2015) предлагает на фоне зяблевой вспашки весной проводить глубокое рыхление безотвальными орудиями, но это не решает проблему. По мнению Алакина В.М. и Г.С. Никитина (2018), Н.Н. Колчина и В.И. Леунова (2019-2) необходима разработка и создание отечественных комбинированных почвообрабатывающих орудий, выполняющих несколько технологических операций за один проход по полю, тем более, что за рубежом такие комплексы производятся и предлагаются к применению (Кой К. и др., 2018; Gugała M. et al., 2008).

Таким образом, можно заключить, что в качестве основной зяблевой и весенней обработки почвы под орошаемый картофель в большинстве своём предлагается отвальная вспашка. Применяется также большое количество обработок по выравниванию почвы, уничтожению сорняков, нарезке гребней и т.д., которые проводятся одно операционными орудиями. Такая технология обработки почвы приводит к ухудшению водно-физических свойств почвы, ухудшению её плодородия, требует большого расхода материально-технических и людских ресурсов и приводит к снижению экономической эффективности возделывания культуры.

Для устранения этих негативных явлений необходима разработка комбини-

рованных многооперационных почвообрабатывающих орудий, и как следствие появляется потребность в разработке научно обоснованных рекомендаций по их эффективному применению в технологии возделывания картофеля на орошаемых землях Юга России.

1.4. Дозы и способы внесения удобрений

Для получения высоких урожаев картофеля необходимо внесение достаточных и сбалансированных по элементам питания доз минеральных удобрений, что особенно важно на орошаемых землях (Ивойлов А.В., Танин А.А., 2009). Так в опытах А.А. Навитной (2002) на орошаемых светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья урожайность картофеля сорта Волжанин при внесении минеральных удобрений дозой $N_{214}P_{200}K_{200}$ составила 40 т/га, сорта Импала при внесении повышенной дозы удобрений $N_{400}P_{70}K_{300}$ – 70 т/га.

Одним из основных элементов, без которого растения картофеля не могут развиваться, является азот, так как именно азот обеспечивает синтез белков, и при его недостатке наблюдается слабое развитие его надземных органов, а при избытке мощное развитие ботвы в ущерб развитию клубней (Коршунов А.В., 2001). При этом азот должен поступать уже в начале вегетации, так как внесение его через 21 сутки после появления всходов несколько исправляет положение, а внесение в фазе бутонизации и позже приводит к недобору урожая и снижению качества (Иванов В.М., Д.С. Усков, 2005, 2008). По наблюдениям Л.С. Федотовой (2005) азот в большей мере потребляется во время нарастания вегетативной массы и чрезмерное использование азотных удобрений для увеличения урожая угрожает загрязнению этим элементом окружающей среды (Зуев В.И. и другие, 2005).

М.И. Юхневичем с коллегами (2000) установлено, что при наличии достаточного количества азота и другие элементы питания усваиваются лучше, например, фосфор и калий. Фосфор поступает в растения в окисленной форме P_2O_5 и входит в состав нуклеопротеидов, которые определяют и направляют клеточный метаболизм, осуществляют синтез белка, участвует в окислительно-восстановительных процессах дыхания и фотосинтеза (Часовских Н.П. и др., 2019). Поэтому

фосфорные удобрения используются растениями равномерно на протяжении всей вегетации картофеля и оказывают существенное влияние на величину и качество продукции, увеличивают устойчивость к фитофторе, вирусам, парше и другим болезням.

Самым востребованным элементом картофельного растения является калий, который потребляется в больших количествах по сравнению с азотом, фосфором и другими элементами (Бобохонова З.К., 2007). Обусловлено это тем, что калий участвует в белковом и углеводном обменах, способствует передвижению веществ и оттоку ассимилянтов в процессе фотосинтеза (Кружилин И.П. и др., 2001).

По наблюдениям В.В. Ивенина с коллегами (2015) дисбаланс питательных веществ в почве или слишком неуравновешенное соотношение фосфора и других элементов питания понижает физиологическую активность калия и способность растения перерабатывать аммиачный азот в органические соединения.

Важную роль при применении минеральных удобрений под орошаемый картофель играют способы их внесения. М.Ш. Тагиров (2009) на светло-серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан и Ш.Б. Байрамбеков с коллегами (2008) в условиях пойменных почв Астраханской области рекомендуют локальное внесение минеральных удобрений. На дерново-подзолистой почве с низким содержанием гумуса А.Э. Шабанов с коллегами (2016, 2019) рекомендуют при возделывании картофеля локальное дробное внесение удобрений двумя лентами.

По мнению Ю.Н. Переверзина и А.Ю. Левкина (2015) традиционное внесение удобрений приводит к перенасыщению ими на одном участке и недостатку на другом, что отрицательно отражается на урожайности картофеля. Поэтому они в условиях Саратовской области наиболее эффективным считают дифференцированное внесение минеральных удобрений с учетом потребностей картофеля и содержания питательных веществ в почве в течение вегетации культуры. В.А. Шляхов и соавторы (2011) также предлагают на залежных землях Астраханской области минеральные удобрения вносить дробно, но с поливной водой через системы капельного орошения.

В то же время Т.А. Амелюшкина (2018) отмечает, что в ее исследованиях в

Калужской области отзывчивость картофеля на дробное внесение минеральных удобрений оказалась ниже, чем на единовременное основное внесение эквивалентной дозы. Дробное внесение приводило только к увеличению затрат на их внесение и снижению экономической эффективности культуры. При этом в опытах Г.Ю. Рабинович, Д.В. Тихомировой и В.Н. Лапушкиной (2020) на дерново-подзолистых легкосуглинистых глееватых среднекислых почвах Верхневолжья внесение удобрений вразброс и лентой в гряды не оказали значимого влияния на урожайность картофеля.

Л.М. Колчина (2014) рекомендует внесение удобрений в рядки через сошник сажалки, а А.Н. Бабичев с соавторами (2021) на орошаемом обыкновенном черноземе Ростовской области наиболее целесообразным считает внесение минеральных удобрений одновременно с нарезкой гребней.

По срокам применения удобрений Д. Шпаар с коллегами (2016) рекомендует фосфорные и калийные туки вносить осенью вразброс под зяблевую вспашку, а азотные весной вразброс перед предпосадочной обработкой почвы. С ним соглашаются и другие исследователи, но В.И. Пожилов с коллегами (1997) наиболее эффективным считает внесение азотных удобрений перед предпосадочным рыхлением, Л.М. Колчина (2014-1) – под культивацию, а В.В. Бородычев с соавторами (2017) вразброс с последующей заделкой фрезерным агрегатом с активными рабочими органами или при нарезке гребней.

Таким образом, до настоящего времени нет единого мнения по оптимальным дозам, срокам и способам внесения минеральных удобрений под картофель. Поэтому необходимо уточнение и совершенствование этого очень важного агроприёма, что обусловлено ещё и большой потребностью орошаемого картофеля в элементах питания при одновременном существенном удорожании минеральных туков. К тому же с появлением специальных агрегатов, способных вносить удобрения в почву лентой различной ширины и на заданную глубину, что также требует научного обоснования их эффективного применения.

1.5. Способы и направления посадки

При выращивании картофеля на орошении очень важен способ и направление посадки. От этого во многом зависит количество поглощаемой растениями фотосинтетической активной солнечной радиации, эффективность использования поливной воды, что оказывает существенное влияние на рост, развитие и урожайность картофеля.

По мнению ученых Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова наиболее эффективной является посадка картофеля в гребни, что, по их мнению, обусловлено возможностью внесения минеральных удобрений и борьбы с сорняками в рядках путём засыпания их проростков при формировании гребня (Переверзин Ю.Н. и др., 2015). По мнению В.А. Шляхова с коллегами (2009) и И.Н. Романова с соавторами (2019) преимуществом гребневой посадки является возможность проведения не сплошного, а локального рыхления почвы под гребнями через 7–10 суток после посадки специальными рабочими органами с наклонной стойкой, что особенно важно на сильно уплотняющихся после полива орошаемых землях.

В исследованиях О.А. Старовойтовой с коллегами (2020) при выращивании картофеля на капельном орошении более эффективными являются посадки картофеля в гряды высотой до 0,35 м при схеме 1,10+0,30; 1,0+0,40 или 0,90+0,50 м, так как гряда менее подвержена воздействию погодных условий, чем гребень, а рыхлая почва в широкой гряде лучше сохраняет влагу и меньше подвержена прогреву и эрозии.

В настоящее время большинство сельхозпредприятий не обращают внимание на направление посева или посадки возделываемых культур. Чаще всего направление посева определяется наибольшей длиной гона или сложившейся конфигурацией полей. В то же время количество солнечной энергии, получаемой рядами растений, расположенными с севера на юг значительно больше, чем рядами, направленными с запада на восток. Обусловлено это тем, что на растения, направленные с запада на восток, действуют лучи с большим содержанием коротких волн, а на растения, расположенные с юга на север, – главным образом лучи утренних и вечерних часов, то есть лучи с меньшей интенсивностью коротковолно-

вой части спектра (Старовойтова О.В., 2020).

По сообщению Б.Г. Анненкова и Н.В. Глаза (2005) действие указанных двух направлений рядов на урожайность сельскохозяйственных культур была испытана на многих культурах в различных регионах Советского Союза. Во всех опытах, при северо-южном направлении посева и посадки получали более высокий урожай лучшего качества по сравнению с западно-восточным направлением.

Проводились исследования и по направлениям посадки картофеля. Опытами Н.М. Белоуса с коллегами (2010) и Горбунова А.К. с соавторами (2017), проведёнными в северных регионах страны, установлено, что при северо-южном, северо-западном и юго-восточном направлениях рядков растения равномернее освещаются в течение дня по сравнению с западно-восточным. Поэтому при северо-южном направлении рядков урожайность картофеля повышается на 1,6–2,0 т/га, содержание крахмала в клубнях – на 1–2 %.

Одним из условий успешного возделывания картофеля является защита растений от вредителей, болезней и сорных растений. Для этого, по мнению Н.П. Часовских с коллегами (2003), необходимо применять весь комплекс защитных мероприятий, который включает выращивание картофеля в севообороте и возвращение на прежнее место не ранее чем через 4 года, на орошении использовать промежуточные посевы крестоцветных культур в качестве сидератов при глубокой их заашке в почву, применять химические и биологические средства защиты растений (Филимонов М.С. 1961; Шевченко П.Д. и др., 2009).

Для получения качественного посадочного материала на юге России рекомендуются летние посадки картофеля (Басиев С.С., 2002; Байрамбеков Ш.Б., Дубровин Н.К., 2006; Дубровин Н.К. и др., 2019), в северо-западных регионах возможны и весенние посадки (Старовойтов В.И. и др., 2006).

Таким образом, до настоящего времени нет единого мнения о наиболее оптимальных способах посадки картофеля, а при повышенной температуре воздуха и почвы в южных широтах фотопериодическая реакция у картофеля изменяется по отношению к его возделыванию в северных регионах. Поэтому в орошаемых условиях Юга России необходимо провести исследования по изучению влияния

направлений посадки картофеля по частям света и определить оптимальные способы посадки культуры, которые возможно будут зависеть и от способов полива.

1.6. Способы полива картофеля

По сравнению с другими культурами картофель более чувствителен к дефициту воды (Гурина И.В. и др., 2018), что объясняется особенностями морфологии и физиологии его растений (Григоров С.М., Л.Л. Свиридова, 2007; Дубенок Н.Н. и др., 2015). Корневая система картофеля менее развита, поэтому она требовательна к достаточной влажности почвы (Гамаюн И.М. и др., 2007; Свиридова Л.Л., Григоров М.С., 2009), так как при высоких температурах и недостатке влаги устьица закрываются и процессы фотосинтеза нарушаются (Кружилин И.П. и др., 2001; Мухортова Т.В. и др., 2010). Это приводит к уменьшению синтеза органического вещества и снижению урожайности культуры (Кулыгин В.А., 2014). Поэтому в аридной зоне юга России, отличающейся большими тепловыми ресурсами, и одновременно большим дефицитом осадков, залогом получения высокой урожайности картофеля является орошение (Шляхов В.А. и др., 2008; Шабанов В.В., Шаршеев Э.С., 2009). При этом способы полива и режим орошения играют большую роль в создании благоприятных условий увлажнения для роста и развития растений (Иванов А.И. и др., 2019; Ольгаренко В.И. и др., 2019, 2019-1). Однако, для предотвращения ухудшения мелиоративного состояния почвы важно использовать оптимальные способы полива и регулирования водного режима почвы (Щедрин В.Н. и др., 2018).

Для полива сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля в мире чаще всего используют три способа: поверхностный, дождевание и подпочвенное (внутрипочвенное) орошение, и каждый метод орошения имеет свои недостатки и преимущества (Amer K. H. et al., 2016; Gebremariam H. L. et al., 2018). Поверхностный полив картофеля по бороздам является самым древним и наиболее распространенным. Распределение воды осуществляется самотеком из подающего канала и почва увлажняется путем поглощения воды, подаваемой на поверхность орошаемого поля сплошным слоем или в виде отдельных струй.

К преимуществам данного способа относятся низкая стоимость создания и эксплуатации оросительной системы (Иванов О.А. и др., 2018), возможность организации полива достаточно большой площади посадок картофеля (Гурина И.В. и др., 2018). Недостатками являются самый высокий по сравнению со всеми другими способами полива расход воды, осуществлять такой полив возможно только на полях с малым уклоном, неравномерное распределение воды по длине гребня – в начале гребня глубина увлажнения максимальная, что часто приводит к вторичному засолению почвы грунтовыми водами, в конце – минимальная, иногда не на всю глубину клубневого гнезда (Иванов А.Л. и др., 2011; Shock С.С., 2007). А.А. Терпигорев и М.С. Зверьков (2017) обращают внимание на то, что при таком способе полива необходимо учитывать впитывающую способность почвы, что ограничивает его применение на легких почвах.

В настоящее время наиболее распространённым является полив дождеванием (Черемисин А.И., 2000; Михеев П.А., Иванова Н.А., 2015; Новиков А.Е. и др., 2020). При орошении дождеванием поливная вода с помощью специальных аппаратов распыляется в воздухе на мелкие капли, контактирует с почвой, воздухом и растением и поэтому оказывает регулирующее влияние на влажность почвы, приземного слоя воздуха и растения картофеля (Ольгаренко Г.В., 2015; Сатункин И.В., 2019).

Дождевание обеспечивает полив строго заданными нормами, создает необходимый водный режим почвы, повышает влажность и снижает температуру воздуха в зоне развития надземной части растения, позволяет широко применять механизацию других сельскохозяйственных работ (Pawar D.D. et al.; 2014). Однако такой способ полива имеет и больший расход воды (в сравнении с капельным и внутрипочвенным орошением) из-за высокого испарения воды при ее распылении дождевальными аппаратами. Также к недостаткам способа полива дождеванием можно отнести высокую стоимость строительства такой оросительной системы (Костоварова И.А., 2013; Балакай Г.Т. и др., 2017).

Наиболее эффективно влага используется при капельном орошении (Кабачков Н.С. и др., 2002; Зволинский В.П. и др., 2018; Khakbazan M. et al., 2010). По

данным Международной комиссии по ирригации и дренажу (URL:https://icid-ciid.org/icid_data_web/sprinklerandmicro.pdf, 2017) площади капельного орошения в мире к середине 2000 годов составили 6,0 млн. га.

Росту площадей, поливаемых системами капельного орошения, способствует целый ряд преимуществ перед другими способами полива: точное локальное регулирование водного и питательного режимов, сохранение структуры и достаточной аэрации почвы (Икромов И.И., 2009), снижение испарения влаги (Овчинников А.С., Азарьева И.И., 2010), исключение поверхностного стока и водной эрозии (Бутов А.А. и др., 2003; Дубенок Н.Н. и др., 2018-2), возможность полива различных видов культур, повышение их урожайности и качества продукции при одновременном снижении поливных норм и удельного расхода воды на единицу продукции (Храбров М.Ю., 2000).

Высокая эффективность капельного орошения картофеля по использованию оросительной воды на черноземах Башкирии подтверждается в работе А.Д. Андрианова Д.А. Андрианова (2008, 2009). В Астраханской области на аллювиальных и луговых почвах поймы реки Волги урожайность картофеля при капельном орошении достигала 47 т/га, а коэффициент водопотребления снижался до 168,7-234,7 м³/т (Туманян А.Ф. и др., 2010). По данным Л.С. Гиля с коллегами (2007) в условиях юга Украины этот способ орошения даёт возможность регулировать контур увлажнения почвы и получать урожайность картофеля до 60 т/га и более.

Полив капельным орошением начал развиваться в последние 25-30 лет с появлением современных технологий изготовления капельных линий и снижением затрат на орошение (Кружилин И.П. и др., 2001, 2003-2). Однако стоимость строительства системы капельного орошения самая высокая в сравнении с другими (Лихацевич А.П. с коллегами, 2015), а необходимость ежегодной замены капельных линий, их раскладки в начале вегетации и сбора в конце сезона поливов удорожает процессы орошения (Григоров М.С. и др., 2009). При этом оснащение системами капельного орошения относительно больших площадей весьма затруднительно технически, так как длина капельной ленты ограничена расчетными потерями давления при подаче воды к капельницам (Семененко С.Я. и др., 2018).

Поэтому системы капельного орошения большее распространение имеют на культурах, значительно повышающих урожайность: овощные и картофель, сады и ягодники (Кабачков Н.С. и др., 2002).

В зависимости от способа полива, почвенно-климатических условий и возделываемой культуры существенно изменяются оросительные нормы и режимы полива. Для зоны южных черноземов при поливе картофеля дождеванием А.Н. Бабичев с коллегами (2021) рекомендуют оросительную норму 2200–3400 м³/га, которую необходимо обеспечить путем проведения 4-6, а на светло-каштановых почвах 6-8 поливов нормой 400–600 м³/га. А.В. Коршунов с соавторами (2011) рекомендует в зоне выщелоченных черноземов Самарской области полив картофеля дождеванием проводить оросительной нормой от 2000 до 5000 м³/га.

Для достижения уровня урожайности картофеля 30 т/га на южных черноземах Западной Сибири при поливе дождеванием И.П. Кружилин и др. (1991) рекомендуют на протяжении всего вегетационного периода поддерживать влажность почвы на уровне 75–80 %НВ и прекращать поливы за месяц до уборки. На южных черноземах Ростовской области при поливе дождевальной машиной «Фрегат» была получена урожайность 39,5 т/га при поддержании уровня влажности почвы на уровне 80 %НВ (Ольгаренко В.И., 2018).

Исследованиями ученых Всероссийского НИИ орошаемого земледелия (Навитная А.А., Дергачева И.А., 2009) установлено, что на светло-каштановых почвах на фоне применения минеральных удобрений N₁₄₀P₁₀₀K₁₀₀ поддержание порога предполивной влажности почвы 70 %НВ обеспечило получение 27,9 т/га картофеля, тогда как при влажности 80 %НВ – до 40 т/га. При увлажнении почвы в слое 0,4 м системами капельного орошения при поддержании предполивной влажности 80 %НВ и внесении минеральных удобрений в дозе N₁₉₀P₈₀K₁₈₀ урожайность картофеля сорта Рокко увеличивалась от 30,4 до 43,6, сорта Романо – от 27,5 до 35,9 т/га клубней (Болотин Д.А. и др., 2018).

При определении оптимальных оросительных норм и режимов полива весьма актуальным в условиях всё возрастающего дефицита водных ресурсов является поиск методов рационального использования воды (Адиньяев Э. Д. и др., 2007;

Бабичев А. Н. и др., 2016) путем применения расчётных методов определения сроков полива (Филимонов М.С. и др., 1981; Данильченко Н. В., 2006), подготовки воды к использованию электрохимической активацией (Семененко С. Я. и др., 2014; Новиков А. Е. и др., 2017).

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о том, что в условиях юга России в большинстве своем рекомендуются поливы дождеванием и капельное орошение. В то же время, полив картофеля по бороздам ввиду невысокой стоимости строительства и эксплуатации используется достаточно широко и требует дальнейших исследований по уточнению режимов орошения картофеля.

Требуют дополнительного изучения вопросы дифференцированных режимов орошения в увязке с почвенно-климатическими условиями и фазами роста и развития растений картофеля, что важно для недопущения перерасхода оросительной воды и предотвращения ухудшения мелиоративного состояния почвы.

Возрастающий дефицит пресной воды предъявляет требования к разработке новых сочетаний способов полива и посадки картофеля для повышения эффективности использования оросительной воды. Появление новой оросительной техники с возможностями более оперативного назначения полива и поливных норм, в т ч на основе цифровых технологий, может способствовать решению этих важных вопросов.

1.7. Использование зелёных удобрений в орошаемом земледелии

Многолетний опыт ведения орошаемого земледелия показывает, что в результате более интенсивного использования пашни и существенного повышения урожайности возделываемых культур увеличивается потребление питательных веществ (Никитин В.В. и др., 2015; Дронова Т.Н., Дергачева И.А., 2013), часть из них вымывается в более глубокие почвенные горизонты, а в процессе текущей нитрификации в почве снижается содержание и состав гумуса (Комиссаров А.В., Комиссаров М.А., 2015). Все это отрицательно сказывается на плодородии орошаемых земель и может привести к их деградации. Особенно остро эта проблема стоит в южных регионах, где орошение применяется на малоплодородных почвах с

низким содержанием органического вещества. Поэтому для сохранения и воспроизводства плодородия и улучшение фитосанитарного состояния орошаемых земель и повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо применять целый комплекс агромелиоративных мероприятий (Навитня А.А., 2004; Шанин А.А., 2007; Dubey L. et al., 2015).

В первую очередь важно восполнять вынос минеральных элементов питания путём внесения расчётных доз минеральных удобрений под планируемую урожайность (Ochiai N. et al., 2007), а для увеличения обеспеченности почв органическим веществом использовать органические удобрения с высокими коэффициентами гумификации: полуперепревший навоз, органоминеральные компосты, гуминовые препараты и т.д. (Федотова Л.С., 2005). По мнению Ю.В. Евтефеева, Г.М. Казанцева (2008) и В.Г. Лошакова (2018) для поддержания положительного баланса гумуса на орошаемых почвах юга России необходимо ежегодное внесение органических удобрений: 7-12 т/га на черноземе выщелоченном, 6-8 т/га – на черноземе обыкновенном и 4-5 т/га – на каштановых почвах.

Однако обеспечить внесение такого количества органических удобрений в настоящее время из-за сокращения животноводства стало невозможным. Поэтому Б.Г. Розанов (2004), А.Д. Дробилко, Ю.А. Дробилко (2011) и Larkin R.P. et al. (2007) рекомендуют запахивать в почву все растительные остатки выращиваемых культур. По мнению С.М. Васильева (2005), Н.В. Сазонова, А.А. Дорохова (2019) и В.Л. Meena et al. (2012) более эффективным приёмом увеличения содержания органического вещества в почве является заделка в почву растительной массы сидеральных культур, которые возделываются в качестве промежуточных посевов в период от уборки одной и до посева следующей культуры севооборота.

Обусловлено это тем, что сидеральные культуры не только восполняют органическое вещество, но и улучшают водно-физические свойства и повышают плодородие почвы (Карпеня Г.М., 2016; Kumar R. et al., 2014), позволяют вести борьбу с сорными растениями, болезнями и вредителями агротехническими способами (Peters R.D. et al., 2004; Pung H. et al., 2004; Ochiai M. et al., 2008) и таким образом сокращать дозы применяемых гербицидов и минеральных удобрений

(Воеводина Л.А., Воеводина О.В., 2005; Литвинцев П.А. и др., 2014). Корневая система сидератов способствует растворению малодоступных минералов и переносу в верхние горизонты почвы веществ с зелёной массой из глубоких слоёв (Santos V.V. et al., 2012), а бобовые сидераты оставляют ещё почти вдвое большее количество симбиотического азота и других элементов питания (Алакин В.М., Никитин Г.С., 2018; Khan A.R. et al., 2000).

Запашка зеленой массы сидеральных культур значительно усиливает микробиологические процессы в почве (Kamil D. et al., 2009; Carvalho N.S. et al., 2015), а поглощение почвенными микроорганизмами питательных веществ уменьшает возможность вымывания их в нижние горизонты (Шалашова О.Ю. и др., 2004; Постников А.Н. и др., 2020). При этом они повышают буферность и ёмкость поглощения почвы, улучшают структуру и уменьшают плотность её сложения, увеличивают влагоёмкость и водопроницаемость почвы, вследствие чего снижается поверхностный сток и предотвращается водная эрозия (Щедрин В.Н. и др., 2008; Sarrantonio M. et al., 2003; Saini P. K. et al., 2019).

Происходит это потому, что эффективность 1 т зеленой массы сидератов эквивалентна 1 т подстилочного навоза. Поэтому 15-20 тонн зелёной массы пожнивной бобовой культуры, запаханной осенью, по своему удобрительному действию равноценны 20 т/га навоза, равномерно распределенного по площади и глубине почвенного слоя (Кружилин И.П., 2003). Но, по мнению N. Ochiai et al. (2008) сидеральные культуры повышают плодородие почвы при условии получения высоких урожаев зелёной массы, а при низких, они не оправдывают своего назначения.

На орошаемых землях Юге России достаточно тепловых ресурсов для возделывания сидеральных культур в промежуточных посевах, в которых недостаток влаги компенсируется поливом (Свист В.Н., Молявко А.А., 2009). Сидераты можно возделывать рано весной до посева основной культуры севооборота (например, картофеля летней посадки), пожнивно после уборки рано убираемых озимых зерновых или овощных культур и в качестве промежуточной озимой культуры, посеянной осенью с заделкой сидеральной массы перед посевом следующей культуры весной или в начале лета следующего года (Шляхов В. А. и др., 2009).

В качестве зелёных удобрений чаще используют бобовые растения – донник, вику, чину, люпин, эспарцет, кормовой горох, сераделлу (Шевченко П.Д. и др., 2011; Новикова И.В. и др., 2015; Шалыгина Н.М и др., 2018) и другие культуры (горчица, гречиха, амарант и др.) или их смеси (Борисова В.В., Калмыков С.И., 2009; Blackshaw R.E. et al., 2001). В качестве сидеральной культуры перед посадкой картофеля Ю.Г Мищенко и И.Н. Масик (2016) предлагают рано весной высевать редьку масличную, после заделки зеленой массы, которой улучшалась структура почвы, что способствовало увеличению урожая летнего картофеля.

В опытах З.И. Усановой и В.В. Козлова (2014) при выращивании картофеля в условиях Верхневолжья повышенный в 1,5 раза сбор клубней (с 28,0 до 42,4 т/га) был получен после заделки горчицы белой на сидерат. Аналогичные результаты по применению горчицы белой в качестве пожнивной сидеральной культуры получены в опытах А.А. Скрябина (2017) в условиях Среднего Предуралья с ранним картофелем. В исследованиях А.В. Бутова и А.А. Мандровой (2018) в черноземной лесостепи Липецкой области при возделывании картофеля на орошении использование белой горчицы в качестве сидерата позволило не только увеличить урожайность картофеля с 22,7 до 40,4 т/га, но и получить экологически безопасные по нитратам клубни.

Для условий лесостепной зоны Южного Урала А.А. Васильев (2013) рекомендует использовать на зеленое удобрение яровой рапс и вико-овсяную смесь, после которых количество жизнеспособных семян сорняков в пахотном слое снижалось на 3,3–12,5 %, личинок проволочника в 1,2-2,7 раза, озимой совки в 1,7-1,9 раза. Заделка этих культур трав на зеленое удобрение повышала урожайность картофеля на 4,87–4,92 т/га, распространенность ризоктониоза на полученных клубнях снижалась на 15,7-25,9 %, парши обыкновенной на 12,2–16,0 %.

В опытах З.А. Царикаева, С.С. Басиева, Х.Т. Дзедаева (2021), проведённых на бурых лесных почвах Юго-Осетинской республики, лучшей сидеральной культурой была горчица сизая (сарептская), которая не только увеличила урожайность картофеля и содержание в клубнях сухого вещества и крахмала, но и способствовала накоплению органического вещества и структурированию почвы.

На орошаемых светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья в опытах В.В. Бородычева и В.В. Цыбулина (2013) наиболее продуктивной культурой в качестве сидеральной культуры также была горчица сарептская, которая благоприятно повлияла на сохранение и повышение плодородия почв. По сообщению В.А. Монастырского с коллегами (2019), скошенные в фазе бутонизация – начало цветения (34–38 суток от начала вегетации) и заделанные в почву 35–40 т/га зеленой массы горчицы сарептской, содержат 90 кг/га нитратного азота, 30 подвижного фосфора и 100 кг/га обменного калия, что снижает потребность в удобрениях и улучшает качество получаемой продукции.

Производитель семян горчицы сарептской Волгоградский маслоэкстракционный завод «Сарепта» сообщает, что технология возделывания горчицы сарептской на сидерат весной аналогична её выращиванию для получения семян (URL: <https://sarepta.ru/suppliers/kultura-vozdelyvaniya-gorchitsy/>). Благодаря высокой холодостойкости горчицу можно высевать максимально рано весной, что позволяет эффективно использовать осенне-зимнюю влагу даже в зонах недостаточного увлажнения и не поливать её при посеве на сидерат. Минеральные удобрения не применяются, а скашивание осуществляется в начале цветения. Зелёная масса измельчается, разбрасывается по полю и затем заделывается в почву дисковыми орудиями (Васильев С.М., В.С. Корепанова, 2005-1; Монастырский В.А., Бабичев А.Н., 2017; Балпбко П.Н., 2019). Позднивно горчицу на сидерат возделывают также, с разницей в том, что перед её посевом требуется проведение влагозарядкового полива 400–600 м³/га.

Таким образом, на основании анализа работ многих исследователей можно заключить, что в целом технология возделывания картофеля на орошаемых землях Юга России научно обоснована и рекомендована производству. Установлены лучшие предшественники и место картофеля в севообороте, разработана система обработки почвы, дозы, сроки и нормы внесения удобрений, способы орошения и нормы полива, а также способы посадки картофеля и меры борьбы с сорняками, вредителями и болезнями.

Однако до настоящего времени не решены вопросы по сохранению плодо-

родия орошаемых на Юге России почв, чему могло способствовать введение в звенья севооборотов промежуточных сидеральных культур. В связи с разработкой принципиально новых сельскохозяйственных орудий, способных за один проход по полю выполнять несколько технологических операций по обработке почвы и внесению удобрений появилась необходимость разработки и усовершенствования системы основной и предпосадочной обработки почвы и способов внесения минеральных удобрений под картофель с их использованием. Необходимо провести исследования по оптимизации режимов орошения и экономного расходования поливной воды при различных способах посадки картофеля на наиболее распространенных в регионе орошаемых землях: светло-каштановых почвах, черноземах обыкновенных и южных.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Климат мест проведения полевых опытов

Полевые опыты проводили в КФХ Мурсова Новониколаевского, СПК «Престиж» Ленинского, ООО «Совхоз «Карповский» Городищенского районов Волгоградской области и в ООО «Маяк» Семикаракорского района Ростовской области в 2006-2017 гг.

КФХ Мурсова Новониколаевского района расположено в степной зоне чернозёмных почв (подзона обыкновенных черноземов) Волгоградской области. Климат здесь континентальный, зимой температура воздуха опускается до минус 30-37 °С, летом до плюс 40-42 °С.

Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С составляет 2800-3000 °С, среднегодовая температура 5,0-5,3 °С. Продолжительность безморозного периода в среднем 150, периода с положительными температурами воздуха 210-220 дней. Количество осадков за год составляет 460-480 мм, основное количество выпадает летом в июне – августе. Условия для возделывания сельскохозяйственных культур засушливые, ГТК=0,7. Испаряемость – 600 мм (Иванов А.Л., Кулик К.Н., Барабанов А.Т. и др., 2009).

Устойчивый снежный покров образуется в первой декаде декабря и лежит в течение 95-115 дней. Летом минимальная относительная влажность воздуха часто снижается до 58-63 %, нередко до 30 %, что вызывает суховеи продолжительностью в среднем 30 дней в году.

СПК «Престиж» Ленинского и ООО «Совхоз «Карповский» Городищенского районов расположены в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Климат здесь также континентальный, зимой температура воздуха опускается до минус 36–40 °С, летом до плюс 42–45 °С.

Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С составляет 3300–3500 °С, среднегодовая температура 7,5–7,8 °С. Продолжительность безморозного периода в среднем 170, периода с положительными температурами воздуха 220–230 дней. Количество осадков за год составляет 220–240 мм, основное количество

выпадает летом в июне – августе. Условия для возделывания сельскохозяйственных культур очень засушливые, ГТК = 0,2-0,3. Испаряемость здесь в 3–4 раза превышает осадки и составляет 750-800 мм (Данильченко Р.В., 2006).

Устойчивый снежный покров образуется в третьей декаде декабря и лежит в течение 75-85 дней. Летом в среднем 50 дней наблюдаются суховеи, когда относительная влажность воздуха снижается до 30 % и ниже.

Землепользование ООО «Маяк» Семикаракорского района расположено в центральной орошаемой зоне Ростовской области. Климат здесь умеренно континентальный, среднегодовая температура воздуха 8,0–8,5 °С, сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С - 3200–3400 °С, безморозный период 165 дней.

Среднегодовая сумма осадков составляет 413 мм, в т.ч. за тёплый период выпадает 240–260 мм. ГТК = 0,5–0,6. Среднемноголетняя испаряемость в 2 раза больше годовых осадков и составляет 800–900 мм. Количество суховейных дней за тёплый период с относительной влажностью воздуха менее 30 % составляет 40–55 дней (Авдеенко А.П., Агафонов Е.В., Артохин К.С., 2012).

Таким образом климат в местах проведения исследований континентальный с очень жарким летом, засушливыми и очень засушливыми естественными условиями увлажнения, частыми атмосферными и почвенными засухами разной продолжительности и интенсивности с проявлением суховеев. В таких условиях возделывать картофель и получать высокие и стабильные по годам урожаи этой культуры можно только на орошении.

2.2. Почвы зон исследований и опытных участков

В подзоне обыкновенных черноземов степной зоны чернозёмных почв Волгоградской области, где расположено землепользование КФХ Мурасова, преобладают черноземы обыкновенные, которые обладают оптимальной для роста и развития растений плотностью – 1,09-1,17 г/см³, высокой пористостью (55-57 %), хорошей структурой, благоприятными водно-физическими свойствами.

По сообщению О.С. Безугловой (2001) мощность гумусового горизонта обык-

новенных черноземов юга России составляет от 0,6-0,7 до 1,1-1,2 м, содержание гумуса в горизонте А варьирует в интервале 4,6-5,6 %, запасы гумуса в метровом слое составляют 390-450 т/га. Валовое содержание азота в слое 0-20 см составляет 0,30-0,32 %, фосфора – 0,14-0,16 %, калия 2,05-2,15 %.

В Волгоградской области черноземы обыкновенные занимают 422,3 тыс. га, что составляет 7,3 % пахотных земель. На юге России черноземы обыкновенные распространены также в Ростовской области, Ставропольском и Краснодарском краях, а также в прилегающих к району исследований Воронежской и Саратовской областях.

Почвенный покров опытного участка в КФХ Мурасова представлен черноземом обыкновенным карбонатным малогумусным среднemosным тяжелосуглинистым сформированным на лёссовидных тяжёлых суглинках. Мощность гумусового слоя составляет 0,58-0,65 м, содержание гумуса 4,55-5,47 %, содержание подвижного фосфора и калия среднее. Почвы характеризуются средним содержанием легкогидролизуемого азота в слое 0,0-0,3 м (2,1-5,3 мг/100 г почвы). Сильное вскипание отмечается с глубины 0,30-0,40 м. рН = 6,5-7,0. Глинистых частиц в слое почвы 0,0-1,0 м больше 60 %. Глубина залегания грунтовых вод более 4 м.

В полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области, где расположены СПК «Престиж» и ООО «Совхоз «Карповский» преобладают светло-каштановые почвы. Равновесная плотность этих почв составляет 1,31-1,34 г/см³, пористость с поверхности – 50-53 %. С глубиной плотность почвы увеличивается, а пористость уменьшается. Поэтому у светло-каштановых почв возможно повышенное уплотнение, что может вызвать некоторое снижение урожайности возделываемых культур, в том числе и картофеля.

Мощность горизонта А+В светло-каштановых почв составляет от 0,25 до 0,40 м, содержание гумуса в горизонте А варьирует от 1,5 до 2,3 %, валовые запасы гумуса в метровом слое – 120-140 т/га (Мелихов В.В., 2007).

Валовое содержание азота в светло-каштановых почвах в 2-3 раза меньше, чем в черноземных почвах и в слое почвы 0,00-0,20 м составляют 0,10-0,14 %. При этом основная часть азота этих почв малодоступна для растений, поэтому

возделываемые растения (в том числе картофель) испытывают азотное голодание и требуется их подкормка азотными удобрениями.

Валовые запасы фосфора светло-каштановых почв составляет 0,11-0,13 %, что немного меньше, чем в черноземах, а по содержанию калия они не уступают и даже превосходят черноземные почвы – 2,08-2,12 %. Однако, как и в черноземах, доступного фосфора в этих почвах недостаточно для получения урожаев сельскохозяйственных культур, поэтому внесение фосфорных удобрений под орошаемый картофель на этих почвах очень эффективно (Куприченков М.Т., 2005).

В Волгоградской области светло-каштановые почвы занимают 561,4 тыс. га, что составляет 9,6 % пахотных земель. На юге России светло-каштановые почвы распространены также в Калмыкии, Ставропольском крае, Дагестане, Астраханской и Ростовской областях.

Почвенный покров опытных участков, расположенных в зоне светло-каштановых почв друг от друга на расстоянии 20-25 км, представлен светло-каштановыми малогумусными маломощными тяжелосуглинистыми. Только в СПК «Престиж» почвы по гранулометрическому составу среднесуглинистые.

Мощность гумусового горизонта находится в пределах от 0,13 до 0,25 м, содержание гумуса – от 1,0 до 2,3 %, рН = 7,2-8,1. На всех опытных участках содержание нитратного азота в почве очень низкое, подвижного фосфора (по Мачигину) среднее, обменного калия среднее и повышенное (таблица 1).

Равновесная плотность у тяжелосуглинистой почвы варьирует в пределах от 1,28 до 1,42, среднесуглинистой – 1,18-1,21 г/см³. Из-за высокой плотности сложения светло-каштановые почвы трудны в обработке, имеют пониженную водопроницаемость, требуют глубоких рыхлений.

Чрезмерное увлажнение приводит к снижению их водо- и воздухопроницаемости. Общая пористость в верхнем слое почвы 0,0-0,1 м равна 49,3-52,7 %, а в нижнем 0,9-1,0 м – 41,1-43,0 %, наименьшая влагоёмкость – соответственно 24,5 и 18,8 %, влажность завядания – 8,25 и 7,58 %. В слое 0,6 м наименьшая влагоёмкость равна 21,1-22,6 % от массы абсолютно сухой почвы.

Таблица 1 – Характеристика светло-каштановых почв
мест проведения исследований

Показатель	Место расположения опытного участка	
	СПК «Престиж»	ООО «Совхоз «Карповский»
Мощность гумусового слоя, м	0,15-0,25	0,20-0,26
Содержание гумуса, %	1,6-2,3	1,4-2,2
Содержание, мг/кг: азотом	2,29-2,89	3,62-4,47
доступным фосфором	24,5-26,7	20,7-23,6
обменным калием	307-321	224-290
Равновесная плотность, %	1,18-1,21	1,34-1,41

Таким образом, светло-каштановые почвы, обладая довольно низким плодородием, что обусловлено их формированием в сухом климатическом районе с малым количеством осадков и высокой испаряемостью, содержат большое количество элементов минерального питания растений и при орошении способны давать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. При этом пристальное внимание следует обращать на обработку почвы, особенно при выращивании корне- и клубнеплодов, к которым относится картофель.

В центральной орошаемой зоне Ростовской области, где расположен ООО «Маяк», в структуре почвенного покрова преобладают черноземы южные, которые на юге России размещены узкой полосой между обыкновенными черноземами и каштановыми почвами. Мощность гумусового горизонта южных черноземов составляет от 50-60 до 90-100 см, в горизонте А содержится 3,4-3,8 % гумуса, его валовые запасы в метровом слое – 260-290 т/га.

Валовое содержание азота в южных черноземах в слое почвы 0,00-0,20 м составляют 0,19-0,22 %, что существенно меньше, чем в обыкновенных черноземах. По содержанию валового фосфора южные черноземы немного уступают обыкновенным (0,14 %), а по содержанию калия они их даже превосходят – 2,25 % против 2,10 % в обыкновенных черноземах (Шапошникова И.М., 2004).

Почва опытного участка в ООО «Маяк» представлена чернозёмом южным

карбонатным малогумусным среднемоощным тяжелосуглинистым сформировавшимся на лессовидных суглинках. Мощность гумусового горизонта составляет 0,59 м, содержание гумуса в горизонте А 3,84 %. Обеспеченность нитратным азотом средняя – 11,5-1,8 мг/кг подвижным фосфором и обменным калием – высокая (45-47 мг/кг почвы и 400-450 мг/кг почвы по Мачигину). Структурное состояние почвы при сухом просеивании отличное (коэффициент структурности более 1,5), водопрочность агрегатов по всему участку хорошая – агрегатов после мокрого просеивания размером более 0,25 мм более 60 %. Равновесная плотность сложения в слое почвы 0,00-0,20 м составляет 1,19, в слое 0,2-0,4 м – 1,26 г/см³. Наименьшая влагоёмкость в слое 0,0-0,6 м составляет 29,1 %.

Таким образом почвы опытных участков соответствуют почвам, наиболее распространенным в почвенно-климатических зонах проведения полевых опытов. Кроме того черноземы обыкновенные, южные и светло-каштановые почвы распространены и в других регионах юга России. По содержанию гумуса и минеральных элементов питания растений на этих почвах можно возделывать различные сельскохозяйственные культуры, в том числе и картофель. Но из-за засушливости климата и высокой испаряемости, в разы превышающей годовое количество осадков, возделывать картофель в промышленных масштабах на указанных почвах возможно только при орошении.

2.3. Метеорологические условия проведения исследований

Метеорологические условия в годы исследований в целом были характерными для почвенно-климатических зон проведения полевых опытов с большей засушливостью во второй половине вегетационного периода. При проведении исследований на черноземах обыкновенных по условиям увлажнения более увлажненными – 2010, 2016 и, особенно 2011 гг., когда при годовой климатической норме осадков 467 мм выпало 538, 528 и 640 мм. Более засушливыми были 2013 и 2014 гг. с годовым количеством осадков 354 и 359 мм. По сумме активных температур более жарким был 2010, прохладным – 2017 г.

Для формирования урожая ранних сортов картофеля требуется 1200-

1400 °С, средних и поздних – 1700-1900 °С среднесуточных температур воздуха, что позволяет на юге России выращивать его при весеннем и летнем сроках посадки. Поэтому нами проведён анализ погодных условий в годы проведения опытов, сложившихся при этих сроках посадки картофеля.

На черноземе обыкновенном более благоприятные условия увлажнения атмосферными осадками складывались при летней посадке картофеля в третьей декаде июня и копке в последних числах сентября. В среднем за годы исследований за это время выпадало 213 мм осадков, ГТК составил 1,04, что говорит о неустойчивом увлажнении вегетационного периода летнего срока посадки.

При весенней посадке в первых числах апреля и копке в третьей декаде июля в среднем за годы исследований за период вегетации картофеля выпадало 179 мм осадков, ГТК составил 0,82, что говорит о засушливых условиях произрастания при весенней посадке (таблица 2).

Таблица 2 – Метеорологические условия вегетации весенней и летней посадки картофеля в годы исследований на черноземе обыкновенном

Год	Весенняя посадка			Летняя посадка		
	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК
Много-летнее	2177	179	0,82	2073	218	1,06
2009	2062	182	0,88	2039	123	0,61
2010	2473	115	0,46	2415	214	0,89
2011	2136	176	0,82	2069	322	1,56
2012	2419	172	0,71	2088	292	1,40
2013	2220	127	0,57	1918	171	0,90
2014	2094	141	0,67	2036	123	0,61
2015	2127	254	1,19	2049	220	1,08
2016	2443	199	0,81	2032	228	1,13
2017	1888	242	1,28	1975	228	1,16
Среднее	2207	179	0,82	2069	213	1,04

Наиболее благоприятные условия увлажнения атмосферными осадками при летней посадке складывались в 2011 и 2012 гг., когда за вегетацию картофеля выпадало 322 и 292 мм осадков, ГТК составил 1,56 и 1,40. Наиболее засушливыми при этом сроке посадки были 2009 и 2014 гг. – 123 мм осадков при ГТК равном 0,61.

При весенней посадке наиболее увлажнённым был вегетационный период 2017 года (242 мм осадков, ГТК = 1,28), наиболее 2010 год с количеством осадков 115 мм, ГТК равном 0,46, что указывает на остро засушливые условия роста и развития культуры.

При проведении исследований на светло-каштановой почве условия увлажнения в годы исследований были значительно хуже, чем на обыкновенном черноземе. Более благоприятными были они в 2016, 2018 и, особенно, 2013 году, когда при годовой норме 386, выпало 458, 420 и 533 мм осадков. Наиболее засушливыми были 2012, 2017 и 2011 гг., с годовым количеством осадков 286, 283 и 252 мм.

На светло-каштановой почве условия увлажнения атмосферными осадками при обоих сроках посадки картофеля были остро засушливыми, но немного мягче они были при весенней посадке, когда в среднем за годы исследований за вегетационный период картофеля выпало 116 мм осадков при ГТК = 0,50, тогда как при летней посадке осадков было 81 мм, ГТК = 0,36 (таблица 3).

Наиболее благоприятные условия естественного увлажнения при весенней посадке складывались в 2016 и 2013 гг. с осадками во время вегетации интенсивностью 203 и 190 мм и ГТК равном 0,94 и 0,78. При летней посадке больше влаги выпало в 2013 году – 182 мм (ГТК = 0,86).

Наиболее засушливые условия весенней посадки сложились в 2011, 2012 и 2014 гг., когда за вегетацию картофеля выпало всего 54, 60 и 68 мм (ГТК = 0,23-0,29), при летней посадке экстремальные условия увлажнения наблюдались в 2017 и 2015 гг. – 26 и 43 мм осадков, ГТК = 0,11 и 0,19.

При проведении исследований на черноземе южном более благоприятными по увлажнению был 2012 год, когда при среднегодовом количестве 587 выпало 611 мм осадков, самыми засушливыми были 2010 и 2013 гг. – 476 и 464 мм.

Таблица 3 – Метеорологические условия вегетации весенней и летней посадки картофеля в годы исследований на светло-каштановой почве

Год	Весенняя посадка			Летняя посадка		
	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК
Много-летнее	2182	125	0,58	2103	101	0,48
2008	2151	150	0,70	2135	84	0,40
2009	2207	83	0,38	2161	71	0,33
2010	2443	147	0,61	2527	70	0,28
2011	2347	54	0,23	2301	115	0,50
2012	2684	60	0,23	2377	63	0,27
2013	2446	190	0,78	2133	182	0,86
2014	2359	68	0,29	2295	56	0,25
2015	2359	100	0,43	2310	43	0,19
2016	2164	203	0,94	2032	100	0,50
2017	2303	113	0,49	2364	26	0,11
Среднее	2346	116	0,50	2264	81	0,36

По срокам посадки картофеля засушливые условия вегетации сложились при весенней посадке (ГТК=0,76) и очень засушливые при летней посадке – ГТК =0,58 (таблица 4).

Более благоприятными по увлажнению весенние посадки были в 2012 и 2014 гг. – за вегетацию выпало 222 и 257 мм осадков (в 1,3 и 1,5 раза больше нормы) при ГТК равном 1,02 и 0,97, что является неустойчивым увлажнением. При летней посадке больше всего дождей было в 2012 году – 184 мм, при ГТК = 0,81 (засушливые условия).

Наиболее засушливым при весенней посадке были 2009 и 2013 гг. с количеством осадков за вегетацию 93 и 90 мм, ГТК = 0,42 и 0,37, при летней посадке 2010 и 2014 гг. – 86 и 88 мм осадков, ГТК = 0,36 и 0,38. При обоих сроках посадки условия естественного увлажнения были остро засушливыми.

Таблица 4 – Метеорологические условия вегетации весенней и летней посадки картофеля в годы исследований на черноземе южном

Год	Весенняя посадка			Летняя посадка		
	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК	сумма температур воздуха, °С	осадки, мм	ГТК
Много-летнее	2045	170	0,84	2082	137	0,66
2009	2258	93	0,42	2257	141	0,63
2010	2444	208	0,86	2491	88	0,36
2011	2340	216	0,93	2308	162	0,71
2012	2535	257	1,02	2289	184	0,81
2013	2470	90	0,37	2232	132	0,60
2014	2303	222	0,97	2285	86	0,38
Среднее	2392	181	0,76	2310	132	0,58

Таким образом более благоприятные условия увлажнения в годы проведения полевых опытов наблюдались на черноземе обыкновенном, наиболее жесткими они были на светло-каштановой почве. Такие же закономерности наблюдались и при весеннем и летнем сроках посадки картофеля – на черноземе обыкновенном они были засушливыми при ранней и неустойчиво влажными при летней посадке, на черноземе южном, соответственно, засушливыми и остро засушливыми, а на светло-каштановой почве остро засушливыми при обоих сроках посадки. То есть, условия естественного увлажнения в годы исследований подтвердили необходимость выращивания картофеля на юге России на орошении, но выпадающие во время его вегетации атмосферные осадки оказывают существенное влияние на оросительные нормы и нормы вегетационных поливов.

2.4. Методика проведения исследований

В основу постановки полевых опытов и обобщения результатов исследований положены методические указания Всероссийского НИИ орошаемого земледелия по проведению полевых опытов в условиях орошения (Плешаков В.Н., 1983) и картофелем (Моисейченко В.Ф., 1996; Филимонов Р.А., 2008).

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 опыте картофель возделывали в шести орошаемых трёхпольных звеньях полевого севооборота. Основными культурами звеньев севооборота были картофель, лук и озимая пшеница (в шестом звене вместо озимой пшеницы была соя). В трёх звеньях севооборотов (2-ое, 3-ье, 5-ое) пожнивно после уборки озимой пшеницы или весной следующего года сеяли промежуточную сидеральную культуру горчицы сарептской, в одном (4-ом) звене сидеральную горчицу сеяли дважды: пожнивно после уборки озимой пшеницы и весной следующего года, и в двух звеньях севооборота (1-ое и 6-ое) горчицу не сеяли (таблица 5).

Таблица 5 – Чередование культур в орошаемых трёхпольных звеньях полевого севооборота

Звено севооборота	Культура		
	первое поле	второе поле	третье поле
1	озимая пшеница	картофель весенней посадки	лук
2	озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	картофель весенней посадки	лук
3	озимая пшеница	весной горчица на сидерат + картофель летней посадки	лук
4	озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	весной горчица на сидерат + картофель летней посадки	лук
5	озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	лук	картофель весенней посадки
6	соя	картофель весенней посадки	лук

После уборки всех изучаемых культур, оставшиеся растительные остатки

(побочная продукция) заделывали в почву. Надземную массу горчицы сарептской в фазе цветения тяжелыми дисковыми боронами измельчали и следом проводили отвальную вспашку с их заделкой в почву.

Изучение звеньев полевого орошаемого севооборота проводили в течение 6 лет (2011-2015 гг.), одновременно с 2006 по 2017 гг. проводили краткосрочные (3-5 лет) исследования по совершенствованию технологии возделывания картофеля при орошении на черноземах южных, обыкновенных и светло каштановых почвах.

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; сроки и густота посадки на семенные цели закладывали на фоне принятой в зоне технологии возделывания картофеля и других высеваемых в опытах культур, по принципу единственного различия изучаемого фактора.

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

Исследования проводили в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия: 03.04.02. «Разработать ресурсосберегающие и почвозащитные технологии орошения сельскохозяйственных культур, обеспечивающие высокопродуктивное долголетие мелиорируемых агроландшафтов степной и полупустынной зон РФ» (2006-2010 гг.); 03.03.02. «Разработать водосберегающие технологии орошения, биологизированные способы мелиорации и системы управления водным режимом почвы» (2011-2013 гг.) и Государственное задание 0714-2014-0007. «Разработать ресурсосберегающие почвозащитные технологии орошения биологизированные способы мелиорации поливной воды и информа-

ционные системы управления водным режимом почвы» (2014-2017 гг.).

При закладке и проведении полевых опытов были использованы методики Б.А. Доспехова (1985, 1987), В.Н. Плешакова (1983), Т.Н. Кононенко (1993). Влажность почвы на глубину 1,0 м до и после проведения поливов и выпадения осадков более 10 мм определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 17.4.3.01; ГОСТ 17.4.4.02; ГОСТ 12071), определение влажности по (ГОСТ 28268-89). Поливную норму для заданного в опытах уровня увлажнения расчётного слоя почвы, суммарное и среднесуточное потребление воды, а также коэффициенты водопотребления определяли по формуле А.Н. Костякова (1960). Учёт воды при поливах проводили с помощью водомерных счетчиков ВД-180, установленных на дождевальных машинах.

Агрегатный состав почвы и состав водопрочных агрегатов, а также коэффициенты структурности и водопрочности в слое почвы 0,0-0,3 м послойно через 0,1 м определяли до и после ротации звеньев севооборотов и в специальных опытах до и после поливов и способов обработки почвы по методике (ГОСТ 12536-79). Плотность почвы определяли пикнометрическим методом (ГОСТ 5180-84), наименьшую влагоёмкость – методом затопления площадок по методике ЮжНИИ-ГиМ (1983).

Содержание гумуса определяли по ГОСТ 26213-91, легкогидролизуемого азота методом Тюрина – Кононовой по ГОСТ 26205-91, подвижного фосфора и обменного калия – по ГОСТ 26205-91. Отбор образцов проводили в слое почвы 0,0-0,4 м до и после ротации звеньев полевых севооборотов. Агрохимические анализы образцов почвы выполнялись в аналитической лаборатории ВНИИ орошаемого земледелия.

Фенологические наблюдения, определение густоты стояния культурных растений после всходов и перед уборкой, высоты растений картофеля по фенологическим фазам роста и развития и другие сопутствующие наблюдения проводили в соответствии с общепринятой методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Федин М.А., 1985). На посадках картофеля отмечали появление всходов, бутонизацию, начало и завершение цветения, клубнеоб-

разование и усыхание ботвы – технологическая спелость клубней (Коршунов А.В., 2005).

Динамику нарастания зелёной массы и накопления сухого вещества растениями картофеля определяли по методическим указаниям ВНИИОЗ (Плешаков В.Н., 1983). Наблюдения за динамикой нарастания клубней и надземной массы проводили по методике ВНИИ картофельного хозяйства (1967).

Площадь листовой поверхности картофеля и определение листового индекса проводили по методом высечек по методике А.А. Нечипорович (1955), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали на 1 м² листовой поверхности растений картофеля по методике А.А. Нечипорович, Л.Е. Строгановой и С.Н. Чмора (1961).

В фазе технологической спелости клубней картофеля по диагонали каждой делянки в трёх-пяти кратной повторности с площади 1 м² выкапывали растения картофеля и определяли структуру урожая. По этим же метровкам определяли биологическую урожайность.

Товарность клубней картофеля оценивали по ГОСТ Р 51808-2001 (2010). Подсчёт нестандартных клубней производили по размеру (менее 50 мм) и поражению паршой, ооспорозом, ржавой железистой пятнистостью в процентах от массы урожая одновременно с его учётом.

Для сравнительной оценки продуктивности изучаемых звеньев севооборотов урожайность товарной продукции всех культур переводили в зерновые единицы (з.е.) по коэффициентам, утверждённым приказом Минсельхоза России № 330 (2017).

Коэффициенты использования пашни звеньями севооборотов рассчитаны путём деления количества дней, при которых произрастали возделываемые культуры, к продолжительности периода со среднесуточной температурой воздуха более 5 °С (213 дней). Коэффициенты использования тепловых ресурсов рассчитаны путем деления суммы положительных температур более 5 °С во время произрастания культур в звеньях севооборотов к общей сумме среднесуточных температур воздуха за этот период (3550 °С).

Расчёт экономической эффективности изучаемых элементов технологии возделывания картофеля и сельскохозяйственных культур в звеньях севооборотов при орошении произведен по ценам 2019 года с использованием ГОСТ Р 53056-2008, ГОСТ 24055-2016, а также методики Волгоградского аграрного университета (1994) и Методических указаний Всероссийского НИИ экономики сельского хозяйства (1997).

Полученные экспериментальные данные обработаны статистически по методике Б.А. Доспехова (1985) и В.П. Томилова (1987) с использованием современных программ для ЭВМ (Вакулов Э.А., 2004).

2.5. Технология возделывания культур в опытах

Технология возделывания картофеля и других сельскохозяйственных культур в опытах соответствовала рекомендациям, описанным в Системе ведения агропромышленного производства Волгоградской области (Пожилов В.И. и др., 1996), Зональная система земледелия Ростовской области (Авдеенко А.П., Агафонов Е.В., Артохин К.С. и др. 2012).

Технология возделывания картофеля включала лущение стерни, поверхностное внесение фосфорно-калийных удобрений, зяблевую вспашку на глубину 0,28-0,32 м или безотвальную обработку чизелем на глубину 0,40 м.

Весной, при наступлении физической спелости почвы, – закрытие влаги зубовыми боронами в два следа. Перед посадкой картофеля по поверхности полянок разбрасывателем удобрений вносили азотные удобрения, после чего проводили рыхление почвы чизелем на глубину 0,23-0,25 м. К посадке картофеля приступали при прогревании почвы до 10-12 °С. Проводили её картофелесажалкой с одновременным внесением азотно-фосфорных удобрений и нарезкой гребней. Глубина посадки клубней 0,10-0,12 м, норма посадки 55-60 тыс. шт./га. Сажали прогретыми и пророщенные клубни с длиной ростков 1,0-1,5 см, для чего в марте клубни сортировали и закладывали слоем толщиной 2-3 клубня.

Уход за посадками картофеля состоял из опрыскивания полянок почвенным гербицидом Зенкор после посадки и окучивания картофеля при появлении всхо-

дов. Для борьбы с вредителями, основным из которых является колорадский жук и болезнями (фитофтора, бактериальные увядания) применяли гербициды и фунгициды, рекомендованные к использованию для защиты картофеля.

Уборку урожая проводили при технологической спелости клубней. Сначала скашивали и удаляли ботву, после чего клубни выкапывали копалкой с последующим их ручным сбором или картофелеуборочным комбайном.

В опытах высевали сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, допущенные к использованию: озимая пшеница Ермак, лук гибрид Манас F1, соя Дива, горчица сарептская Камышинская 10, картофель весенней посадки Ласунак, Невский и Жуковский ранний, картофель летней посадки Колетте и Ароза. Семена и посадочный материал, высеваемые в опытах, отвечали требованиям 1-2 класса посевного стандарта. Нормы высева устанавливались на основе имеющихся опытных данных результатов исследований Госсортсети и рекомендаций производству по количеству всхожих семян и посадочного материала картофеля.

Под все культуры звеньев севооборота, кроме горчицы сарептской, вносили минеральные удобрения, дозы которых соответствовали рекомендуемым научными учреждениями региона при возделывании изучаемых культур на орошении (Авдеенко А.П., Агафонов Е.В., Артохин К.С. и др., 2012). Доза удобрений под озимую пшеницу составила $N_{120}P_{60}K_{30}$, из которых $2/3$ фосфорных (40 кг д.в.) и 100 % калийных (30 кг д.в.) вносили осенью под основную обработку, $1/3$ фосфорных (20 кг д.в.) при посеве и 100 % азотных (120 кг д.в.) в подкормку. Под лук вносили $P_{60}K_{60}$ под зяблевую вспашку, N_{60} весной под предпосевную культивацию и N_{60} в подкормку во время фазы бутонизации, под картофель – $P_{90}K_{90}$ под зяблевую вспашку и N_{120} весной под предпосевную культивацию. При летней посадке после горчицы разово под вспашку вносили калий 100 %, под предпосадочную культивацию вносили аммофос 50 % и аммиачную селитру 50 %, а оставшиеся по 50 % – картофелесажалкой при посадке. Под сою – $P_{90}K_{90}$ под зяблевую вспашку и N_{90} весной под предпосевную культивацию. Горчицу сарептскую в промежуточных посевах возделывали без удобрений. В качестве удобрений применяли аммиачную селитру, аммофос и калий хлористый.

2.6. Режим орошения картофеля в опытах

В наших опытах режим орошения картофеля на разных типах почв соответствовал рекомендациям Всероссийского НИИ орошаемого земледелия. Сроки и нормы вегетационных поливов картофеля назначались по влажности почвы, которую определяли перед каждым поливом. В соответствии с рекомендациями зональных систем земледелия во время вегетации влажность почвы под картофелем и возделываемыми сельскохозяйственными культурами выдерживали выше 80 %НВ в слое почвы 0,6 м. В опытах по изучению режимов орошения и норм полива влажность почвы в течение вегетации поддерживалась согласно схем проведения исследований.

Полив сельскохозяйственных культур в звеньях севооборотов и в опытах по изучению способов обработки почвы, внесения удобрений, направлений, сроков и норм посадки картофеля проводили дождеванием (ДДА-100ВХ, ДМ RKD и ДМ Valley).

Количество поливов картофеля дождеванием для поддержания заданного уровня влажности почвы зависело от сложившихся в месте проведения опыта условий увлажнения по годам исследований. В среднем было выполнено от 4 до 8 поливов (1-2 в фазе массовых всходов, 1-2 в фазе бутонизации, 2-3 во время цветения и 1 при пожелтении нижних ярусов ботвы) поливной нормой 400–600 м³/га. Оросительная норма по годам исследований составила от 2200 до 3400 м³/га.

Влагозарядковые поливы проводились только под культуры летнего или осеннего срока посева: перед посевом озимой пшеницы и пожнивным посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры, а также перед посадкой картофеля летнего срока посадки. Влагозарядковая поливная норма составляла 600 м³/га, так как влажность почвы в это время опускалась до 65-70 %НВ.

Полив по бороздам осуществляли из магистрального полиэтиленового трубопровода низкого давления (1 бар) с водовыпусками через 0,7 м до полного смыкания влаги в гребне, которое определяли визуально. Для учета расхода поливной воды на входе в магистральный трубопровод устанавливали расходомер. Полив начинали после появления всходов. За вегетацию проводили 6-8 поливов полив-

ной нормой 600-800 м³ /га. Оросительная норма за годы исследований составила 3800-4400 м³ /га.

Капельного орошение осуществлялся системами промышленного изготовления фирмы Netafim (Израиль) с применением ленты Streamline с расходом воды на один эмиттер 1,6 л/час. Расстояние между эмиттерами 0,3 м. За время вегетации в годы исследований осуществляли от 12 до 20 поливов поливной нормой 130-160 м³/га. Оросительная норма составила 2200-2600 м³/га.

На все способы полива вода подавалась из закрытой оросительной сети. Так как различные способы полива нуждаются в подаче воды под различным давлением то на систему полива по бороздам и капельного орошения устанавливали регуляторы давления.

Поливные нормы при орошении дождеванием и по бороздам определяли по А.Н. Костякову (1960). При поливе системами капельного орошения поливную норму определяли с учётом локального увлажнения почвы под капельницей (Ясониди Щ.Е., 1984; Кружилин И.П. и др., 2003-2).

3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ

3.1. Размещение картофеля в звене полевого севооборота

Юг России обладает большими тепловыми ресурсами, поэтому для более полного использования пашни и фотосинтетической активной радиации важно, чтобы при освоении севооборотов и их звеньев возделываемые культуры произрастали как можно более продолжительное время, что способствует росту урожайности и повышению эффективности ведения растениеводства (Тищенко В.Н. и др., 2005; Артемьев А.А. и др., 2018). Особенно это важно в орошаемом земледелии, где потребность в воде обеспечивается поливом и есть возможность получения на одном и том же поле 2-3 урожаев в год (Шабалдас О.Г., 1995).

В наших опытах наиболее продолжительное время произрастали озимая пшеница – 163 дня и лук – 142-146 дней со среднесуточными температурами воздуха более 5 °С. Однако, при одинаковой продолжительности вегетации, лук использовал 2643 °С среднесуточных температур воздуха, тогда как озимая пшеница всего 2209 °С, что на 434 °С, или на 16,4 % меньше (таблица 6). Обусловлено это тем, что лук произрастает в самое тёплое время года с самыми высокими температурами воздуха, а озимая пшеница сеется осенью и вегетирует до наступления холодов, ранней весной, когда среднесуточные температуры воздуха значительно ниже, чем летом, а уже в конце первой декады июля созревает.

Немногом менее продолжительным был вегетационный период картофеля весенней посадки – от 130 до 135 дней, за которые использовано 2415-2530 °С со среднесуточными температурами воздуха более 5 °С. Период вегетации картофеля летней посадки существенно меньше – 88-92 дня, за которые им использовано 1884-1948 °С. Следует отметить, что на продолжительность вегетационного периода картофеля и, соответственно, потребление тепловых ресурсов, оказывали влияние предшественники. При его весенней посадке после озимой пшеницы в 1-ом звене севооборота и после сои в 6-ом звене период вегетации составил 130 и 131 дней, тогда как при посадке после промежуточной сидеральной культуры во

2-ом звене севооборота он произрастал 135 дней, или на 4-5 дней дольше. Потребление тепловых ресурсов составило, соответственно, 2415 и 2530 °С. Более продолжительный период вегетации картофеля при посадке после сидеральной культуры с потреблением на 115 °С больше среднесуточных температур воздуха положительно сказалось на формировании его урожая.

Таблица 6 – Использование культурами звеньев севооборотов тепловых ресурсов для формирования урожая на черноземе южном (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Дата		Период вегетации, дн.	Сумма температур, °С
		посева	уборки		
1	Озимая пшеница	15.09	10.07	163	2209
	Картофель весенней посадки	12.04	20.08	130	2415
	Лук	6.04	28.08	142	2643
2	Озимая пшеница +	15.09	10.07	163	2209
	горчица на сидерат (пожнивно)	17.07	10.10	85	1609
	Картофель весенней посадки	12.04	25.08	135	2530
	Лук	6.04	1.09	146	2643
3	Озимая пшеница	15.09	10.07	163	2209
	Горчица на сидерат весной+	28.03	8.06	74	1050
	картофель летней посадки.	18.06	14.09	88	1884
	Лук	6.04	1.09	146	2643
4	Озимая пшеница +	15.09	10.07	163	2209
	горчица на сидерат (пожнивно)	17.07	10.10	85	1609
	Горчица на сидерат весной +	28.03	8.06	74	1050
	картофель летней посадки	18.06	18.09	92	1948
	Лук	6.04	1.09	146	2643
5	Озимая пшеница +	15.09	10.07	163	2209
	горчица на сидерат (пожнивно)	17.07	15.10	85	1609
	Лук	6.04	1.09	146	2643
	Картофель весенней посадки	12.04	21.08	131	2427
6	Соя	22.04	8.09	138	2625
	Картофель весенней посадки	12.04	21.08	131	2427
	Лук	6.04	28.08	142	2643

Меньше всего тепловых ресурсов потребляла горчица сарептская при промежуточном посеве в качестве сидеральной культуры – 85 дней и 1609 °С при пожнивном посеве после озимой пшеницы и 74 дня с 1050 °С среднесуточных температур воздуха при посеве весной при наступлении физической спелости почвы.

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 – в среднем за год культуры занимали пашню 145 и 137 дней и потребляли 2422 и 2565 °С среднесуточных температур воздуха. Поэтому коэффициент использования пашни и тепловых ресурсов в этих звеньях также самые низкие (таблица 7).

Таблица 7 – Использование звеньями севооборотов тепловых ресурсов для формирования урожая (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Использовано		Коэффициент использования	
		дней	температур воздуха >5°C, °C	пашни	тепла
1	Озимая пшеница	145	2422	0,62	0,67
	Картофель весенней посадки				
	Лук				
2	Озимая пшеница +	176	2997	0,76	0,83
	горчица на сидерат (пожнивно)				
	Картофель весенней посадки				
	Лук				
3	Озимая пшеница	156	2595	0,67	0,72
	Горчица на сидерат весной+				
	картофель летней посадки.				
	Лук				
4	Озимая пшеница +	187	3153	0,81	0,87
	горчица на сидерат (пожнивно)				
	Горчица на сидерат весной +				
	картофель летней посадки				
	Лук				
5	Озимая пшеница +	175	2962	0,75	0,82
	горчица на сидерат (пожнивно)				
	Лук				
	Картофель весенней посадки				
6	Соя	137	2565	0,59	0,71
	Картофель весенней посадки				
	Лук				

Посев пожнивной сидеральной горчицы сарептской после уборки озимой пшеницы с летней посадкой картофеля в 3-ем звене севооборота немного увеличили продолжительность вегетации и потребление тепловых ресурсов. Значительно больше эти показатели во 2-ом и 5-ом звеньях, где после пожнивной горчицы провели весеннюю посадку картофеля и лука, но самые высокие они в 4-ом звене при пожнивном и весеннем посеве сидеральной культуры и летней посадке картофеля. В среднем за год в течение ротации этого звена севооборота культуры занимали пашню 187 день и потребляли 3153 °С среднесуточных температур воздуха. Коэффициенты использования пашни и тепловых ресурсов в этом звене также наибольшие и составили 0,81 и 0,87.

Значительно меньшие показатели потребления тепловых ресурсов в 3-ем звене севооборота по сравнению со вторым обусловлены существенно меньшим периодом вегетации и, соответственно, потреблением среднесуточных температур воздуха картофелем летней посадки (88 дней и 1884 °С) в третьем звене по сравнению с весенней посадкой (135 дней и 2530 °С) во 2-ом звене севооборота.

Таким образом наиболее продолжительное время произрастают и больше всего потребляют тепловых ресурсов культуры, возделываемые в трёхпольном звене полевого севооборота с применением пожнивной и ранневесенней сидеральной культуры (горчицы сарептской) и летней посадкой картофеля (4-ое звено). Отказ от промежуточной сидеральной культуры, как и исключение в отдельности пожнивного или весеннего посева горчицы сарептской приводит к снижению эффективности использования орошаемой пашни и тепловых ресурсов.

По наблюдениям многих исследователей (Королев В.А., 2009; Быкова С.Л., 2015) при орошении часто наблюдается снижение количества агрономически ценных и водопрочных почвенных агрегатов, их разрушение водой, что приводит к переуплотнению верхнего слоя почвы и оказывает отрицательное влияние на рост и развитие возделываемых растений. В наших опытах количество агрономически ценных агрегатов размером от 0,25 до 10 мм в слоях почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см перед закладкой опыта (приложение 1) и после ротации всех звеньев севооборотов (приложение 2) составляло от 72,40 до 76,04 %, что по классификации

А.А. Околеловой с коллегами (2013) является отличным показателем структурного состояния почвы.

В среднем в слое почвы 0-30 см количество агрономически ценных агрегатов во всех звеньях севооборотов до закладки опытов и после трех лет ротации было одинаковым, так как произошедшие изменения находятся в пределах ошибки опыта. Тем не менее, наблюдается тенденция увеличения агрономически ценных агрегатов на 0,42 % в 4-ом звене севооборота, где пожнивно и ранней весной высевали горчицу сарептскую и её надземную массу заделывали в почву. В остальных звеньях наблюдалась тенденция к снижению количества агрономически ценных агрегатов, и даже однократный посев сидеральной культуры во втором, третьем и пятом звеньях не привел к увеличению этого показателя (таблица 8).

Таблица 8 – Изменение количества агрономически ценных агрегатов и коэффициента структурности слоя почвы 0-30 см за ротацию звеньев севооборотов

Звено	Агрономически ценные агрегаты, %			Коэффициент структурности		
	2011-2013 гг.	2013-2015 гг.	+/-	2011-2013 гг.	2013-2015 гг.	+/-
1	74,48	74,38	-0,10	2,92	2,90	-0,02
2	74,52	74,46	-0,06	2,92	2,91	-0,01
3	74,92	74,92	0,00	2,99	2,99	0,00
4	74,47	74,89	0,42	2,92	2,98	0,06
5	74,67	74,62	-0,05	2,95	2,94	-0,01
6	74,51	74,42	-0,10	2,92	2,91	-0,01
НСР ₀₅ между звеньями		2,87		0,11		
НСР ₀₅ годы опытов		2,14		0,09		
НСР ₀₅ частных различий		2,95		0,13		

Коэффициент структурности почвы во всех звеньях севооборотов до закладки опытов и после трёх лет ротации по классификации М.А. Мазирова (2012) характеризовался отличными показателями, и различия между звеньями и после трёх лет исследований не достоверны. Однако также как и с агрономически

ценными агрегатами, наблюдается тенденция к увеличению коэффициента структурности на 0,06 в том же звене севооборота с двумя посевами сидеральной горчицы, тогда как в остальных звеньях наблюдалось его небольшое снижение.

Количество водопрочных агрегатов размером больше 0,25 мм в слоях почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см в течение трёх лет исследований (приложение 3, 4) было более 75 %, что соответствует отличным показателям (Кузыченко Ю.А., Кулинцев В.В., 2012). После трёх лет ротации различия по этому показателю между звеньями севооборотов в слое почвы 0-30 см математически не доказуемы. Но во втором, третьем и пятом 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-ом звене (0,75 %) с двукратным посевом горчицы сарептской на сидераты: пожнивно после озимой пшеницы и весной перед летней посадкой картофеля (таблица 9).

Таблица 9 – 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		

Горчица сарептская в качестве промежуточной сидеральной культуры оказала существенное влияние и на коэффициент водопрочности почвенных агрегатов. В первом и шестом звеньях севооборотов, где не производили посев горчицы,

за трёхлетнюю ротацию произошло снижение этого показателя на 0,05 и 0,01. Одноразовый посев сидеральной горчицы во втором, третьем и пятом звеньях севооборотов привел к увеличению коэффициента на 0,04. В обоих случаях снижение и увеличение коэффициента водопрочности не достоверно и можно говорить только о тенденции изменения этого показателя, а в четвертом звене севооборота с двукратным посевом горчицы сарептской наблюдается математически доказуемое увеличение коэффициента водопрочности на 0,17 единиц.

Таким образом в течение ротации орошаемых трёхпольных звеньев полевых севооборотов с одним посевом сидеральной горчицы сарептской наблюдается тенденция к улучшению структуры и водопрочности почвенных агрегатов, повышению коэффициентов структурности и водопрочности, тогда как без применения сидеральной культуры физические свойства чернозема южного за это же время ухудшаются. В звене севооборота с двукратным пожнивным и ранневесенним посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры также наблюдается тенденция по улучшению структуры, коэффициентов структурности и водопрочности почвенных агрегатов, и математически доказуемое увеличение коэффициента водопрочности чернозема южного.

По нашему мнению наибольшее улучшение физических свойств почвы чернозёма южного в четвертом звене севооборота с двукратным посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры 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. Так в сумме за три года ротации этого звена севооборота 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 10).

Достоверно меньше – 33,3-33,9 т/га поступает в почву органического вещества во 2-ом, 3-ем и 4-ом звеньях, в которых сидеральная культура высевается один раз за ротацию. В том числе растительной массы сидеральной горчицы са-

рептской 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 четвертом звене. Поэтому в этих звеньях севооборотов поступление такого количества органического вещества в почву обеспечило только поддержание и незначительное улучшение физических свойств чернозема южного.

Таблица 10 – Поступление в почву сухого вещества растительных остатков культур за ротацию звеньев полевого севооборота, т/га (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Всего за 3 года	в т.ч. горчица сарептская	
			т/га	%
1	Озимая пшеница	21,6	-	-
	Картофель весенней посадки			
	Лук			
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	33,9	11,8	34,8
	Картофель весенней посадки			
	Лук			
3	Озимая пшеница	33,9	10,6	31,3
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.			
	Лук			
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	48,2	24,1	50,0
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки			
	Лук			
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	33,3	11,6	34,8
	Лук			
	Картофель весенней посадки			
6	Соя	18,7	-	-
	Картофель весенней посадки			
	Лук			
НСР ₀₅		1,9	-	-

Самое меньшее количество растительных остатков поступало в почву в 1-ом и 6-ом звеньях, где не применяли сидеральную культуру. Поступление в этих звеньях от 18,7 до 21,6 т/га СВ органического вещества не обеспечило даже под-

держания физических свойств орошаемого южного чернозема, что и привело к их ухудшению в течение трех лет ротации звеньев полевого севооборота.

Из возделываемых в опыте основных культур севооборота больше всего органического вещества в виде соломы, половы и корневых остатков оставляла озимая пшеница – 12,4 т/га СВ (приложение 5), горчица сарептская – 12,6 т/га (Новиков А.А., 2020). После уборки сои оставалось 8,2 т/га СВ побочной продукции, картофель летней посадки оставлял 6,7-7,4, весенней посадки – от 5,0-5,3 т/га при размещении после озимой пшеницы до 6,2-6,4 т/га после сои и лука. Меньше всего органического вещества в почве оставалось после лука – 3,8-4,4 т/га СВ.

Кроме улучшения физических свойств, в почву поступали питательные вещества, в том числе азот, фосфор и калий, 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 четвертом звене, в котором дважды высевали и заделывали в почву растительную массу сидеральной горчицы сарептской – 1178 кг/га азота, 137 фосфора и 889 кг/га калия (рисунок 1).

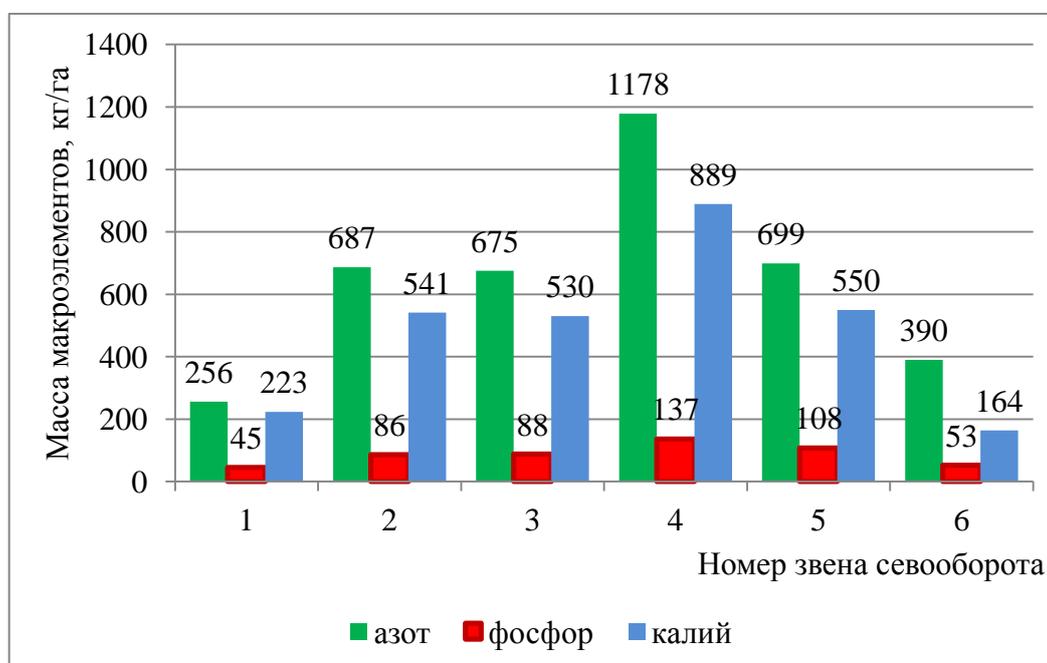


Рисунок 1 – Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками возделываемых в звеньях севооборотов культур (среднее за 2013–2015 гг.)

В севооборотах с одноразовым посевом сидеральной культуры (2-ой, 4-ый и 5-ый) 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-ом и 6-ом севооборотах, в которых сидеральную культуру не сеяли, соответственно 256 и 390, 45 и 53, 223 и 164 кг/га азота, фосфора и калия.

Больше всего биологически связанных минеральных веществ поступало в почву с зелёной массой горчицы сарептской. При пожнивном и весеннем посеве от неё поступало от 378 до 450 кг/га азота, 35-42 кг/га фосфора и 280-333 кг/га калия (приложение 6). Довольно много питательных веществ остаётся в побочной продукции картофеля и сои и меньше всего их поступает после уборки лука (Novikov A.A., 2021-2).

На фоне применения под все культуры звеньев севооборотов рекомендуемых научными учреждениями доз минеральных удобрений, поступающие в почву элементы минерального питания оказывают существенное 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-ом и 6-ом звеньях севооборотов, в которых не высевалась сидеральная горчица сарептская, произошло хоть математически и не доказуемое, но снижение концентрации этого элемента до 27,4 и 27,3 мг/кг почвы (приложение 7).

В севооборотах с одним посевом горчицы на сидеральное удобрение (2-ое, 3-ье и 5-ое звенья) за три года увеличение содержания подвижного фосфора было также в пределах ошибки, но в конце ротации в этих звеньях в слое почвы 0,40 см содержалось 30,1-31,1 мг/кг фосфора, что достоверно больше, чем в 1-ом и 6-ом звеньях, где сидеральная культура не высевалась. По нашему мнению в этом решающую роль сыграла сидеральная культура 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.

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 слое почвы 0,0-0,4 м было существенно больше, чем во 2-ом, 3-ем и 5-ом звеньях севооборотов с одноразовой заделкой горчицы.

Аналогичная ситуация наблюдается и по валовому содержанию доступного фосфора в слое почвы 0,0-0,4 м (приложение 8). Наблюдается математически не доказуемое снижение в звеньях севооборотов без применения сидеральной культуры, такое же увеличение в звеньях с одноразовым посевом горчицы и достоверное увеличение и содержание этого элемента в 4-ом звене, где горчицу в качестве сидеральной культуры высевали дважды: пожнивно после уборки озимой пшеницы и рано весной следующего года.

Для установления влияния звеньев севооборотов на обеспеченность картофеля подвижным фосфором, нами было определено его содержание в слое почвы 0,0-0,2 м, по показателям которого судят о обеспеченности тем или иным элементом питания различных культур, в том числе картофеля. По градации Э.А. Муравина и В.И. Титовой (2010) во всех звеньях севооборотов до закладки опыта обеспеченность картофеля подвижным фосфором в этом слое почвы было низким – от 31 до 45 мг/кг почвы (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние звеньев севооборотов на содержание и обеспеченность картофеля подвижным фосфором в слое почвы 0,0–0,2 м, (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено севооборота	Время определения			
	до ротации, 2011-2013 гг.		после ротации, 2013-2015 гг.	
	мг/кг	обеспеченность	мг/кг	обеспеченность
1	36,9	низкая	35,5	низкая
2	37,4	низкая	40,7	низкая
3	37,2	низкая	40,5	низкая
4	36,9	низкая	46,1	средняя
5	37,8	низкая	40,4	низкая
6	36,5	низкая	35,3	низкая

Поступающее в почву органическое вещество в виде побочной продукции основных и сидеральных культур оказало влияние не только на обеспеченность растений минеральными элементами питания, но и на его содержание в почве. При практически одинаковом содержании органического вещества перед закладкой опыта в слое почвы 0,0-0,4 м 2,98-3,01 %, в 1-ом и 6-ом звеньях севооборотов, в которых в почву поступали только остатки побочной продукции основных культур, его содержание снизилось до 2,98 %, или на 0,02-0,03 %. Во 2-ом, 3-ем и 5-ом звеньях с дополнительным посевом промежуточной сидеральной горчицы сарептской за три года содержание органического вещества увеличилось на 0,05-0,07 %. В обоих случаях увеличение содержания органического вещества в почве было математически не доказуемым. Только в 4-ом звене севооборота с двукратной заделкой в почву растительных остатков промежуточной сидеральной культуры произошло достоверное увеличение содержания органического вещества в этом же слое почвы на 0,11 % (таблица 12).

Изменения содержания органического вещества в почве в течение ротации звеньев севооборотов привело к изменениям его валовых запасов. В 1-ом и 6-ом звеньях произошло математически не доказуемое снижение этого показателя на 1,5 и 1,1 т/га, во 2-ом, 3-ем и 5-ом звеньях также не достоверное, но увеличение на 3,2-3,7 т/га, в 4-ом звене достоверный рост содержания валовых запасов органического вещества в слое почвы 0,0-0,4 м на 0,55 %.

Следует отметить, что в конце ротации звеньев севооборотов различия между звеньями (кроме 4-го) по содержанию и валовым запасам органического вещества в слое почвы 0,0-0,4 м математически не доказуемы. Достоверные различия по этим показателям наблюдаются только между 4-ым звеном и 1-ым и 6-ым звеньями, в которых за это время произошло снижение содержания органического вещества, что произошло это из-за существенного увеличения его содержания в почве 4-го звена севооборота.

По мнению В.М. Семёнова и Б.М. Когута (2015) быстрое увеличение содержания и валовых запасов органического вещества в почве возможно и наблюдается при существенном увеличении его поступления в почву.

Таблица 12 – Влияние звеньев севооборотов на содержание ОВ
в слое почвы 0,0-0,4 м (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Зве- но	Культура	Содержание гумуса, %		Валовые запасы гумуса, т/га	
		2011-2013 гг.	2013-2015 гг.	2011-2013 гг.	2013-2015 гг.
1	Озимая пшеница	3,01	2,98	148,0	146,5
	Картофель весенней посадки				
	Лук				
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3,01	3,06	147,4	150,1
	Картофель весенней посадки				
	Лук				
3	Озимая пшеница	3,00	3,06	147,0	150,2
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.				
	Лук				
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3,00	3,11	147,3	152,8
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки				
	Лук				
	Лук				
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	2,98	3,05	146,5	149,6
	Лук				
	Картофель весенней посадки				
6	Соя	3,00	2,98	147,2	146,1
	Картофель весенней посадки				
	Лук				
НСР ₀₅ между звеньями		0,11		5,2	
НСР ₀₅ годы опытов		0,10		7,2	
НСР ₀₅ частных различий		0,13		10,2	

Если масса поступающей органики не увеличится, то со временем темпы роста его содержания в почве снижаются, и его количество стабилизируется на уровне, соответствующем количеству поступающего в почву органического вещества. При дополнительном поступлении органического вещества опять произойдет увеличение его содержания в почве. Аналогичная ситуация наблюдается при уменьшении поступающего в почву органического вещества.

Таким образом, при двукратном промежуточном посеве горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры в трёхпольном орошаемом звене полевого севооборота с полем картофеля в почву поступает существенно больше, чем в других звеньях органического вещества надземных и подземных остатков побочной продукции основных культур и растительной и корневой массы сидеральной горчицы, что обеспечивает математически доказуемое увеличение содержания органического вещества и доступного для растений фосфора в слое 0,0-0,4 м чернозема южного.

При однократном посеве сидеральной горчицы в трёхпольном звене севооборота с полем картофеля в течение ротации наблюдается тенденция к увеличению поступления в почву органического вещества и подвижного фосфора, тогда как без применения промежуточной сидеральной культуры содержание органического вещества и фосфора снижается.

То есть решающую роль в повышении плодородия чернозема южного в орошаемых трёхпольных звеньях севооборотов с одним полем картофеля играет промежуточная горчица сарептская, у которой в почву заделывается вся надземная и подземная масса с существенно большим содержанием органического вещества и элементов питания растений, чем в сухих остатках основных культур. Кроме того, растительная масса горчицы поступает в почву в сыром виде, что обеспечивает её быстрое разложение почвенной биотой и увеличение содержания в почве органического вещества и доступных для растений элементов питания.

Улучшение физических свойств почвы, увеличение содержания в ней органического вещества и доступных для растений элементов питания оказали существенное влияние на рост, развитие и урожайность возделываемых культур. (Novikov A.A., 2021-2) Достоверно самый большой фотосинтетический потенциал имели посевы 4-го звена севооборота – 4,10 млн. м²·дн./га, почва которого имела самую лучшую структуру, в ней содержалось больше всего органического вещества, подвижного фосфора и других элементов питания. Существенно меньший фотосинтетический потенциал сформировали культуры 2-го, 3-го и 5-го звеньев, где в отличие от 4-го звена промежуточную сидеральную культуру сеяли один раз

и почва хуже обеспечена органическим веществом, азотом, фосфором и калием – от 3,37 до 3,51 млн. м²×дн./га. Достоверно самые низкие показатели фотосинтетического потенциала в 1-ом и 6-ом звеньях севооборота – 2,52 и 2,83 млн. м²×дн./га, где посев сидеральной горчицы сарептской не применяли (таблица 13).

Таблица 13 – 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 + горчица на сидерат (пожнивно)	2,95	3,37
	Картофель весенней посадки	1,84	
	Лук	3,56	
	Лук	1,76	
3	Озимая пшеница	2,95	3,47
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки.	1,64	
	Лук	3,77	
	Лук	2,05	
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	2,95	4,10
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	1,84	
	Лук	1,65	
	Лук	3,94	
	Лук	1,91	
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3,01	3,51
	Лук	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

Из возделываемых культур самый большой фотосинтетический потенциал формировал картофель. При этом, несмотря на более короткий период вегетации, немного больший фотосинтетический потенциал имели его летние посадки. Обусловлено это тем, что летние посадки проводились после заделки в почву зелёной массы горчицы сарептской, обеспечившей лучшие условия по плодородию почвы и

обеспеченности элементами питания для роста и развития растений, чем при весенней посадке без сидеральной культуры. К тому же, растения летней посадки формируют значительно большую вегетативную массу и фотосинтетический аппарат, чем при весенней посадке. Это обусловлено их произрастанием в условиях сокращающейся длины дня, способствующей большему нарастанию вегетативной массы, тогда как при весенней посадке в условиях нарастающей длины дня растения формируют существенно меньшую надземную массу (Васин В.Г. и др., 1999; Дридигер В.К., 2010; Гребенников В.Г. и др., 2014).

Среди остальных культур самый большой фотосинтетический потенциал у посевов сои – 3,25 млн. $\text{м}^2 \cdot \text{дн.}/\text{га}$, озимая пшеница за вегетацию формирует листовую поверхность площадью от 2,92 до 3,01 млн. $\text{м}^2 \cdot \text{дн.}/\text{га}$ и самый низкий показатель из основных культур звеньев севооборота у лука – 1,51-2,05 млн. $\text{м}^2 \cdot \text{дн.}/\text{га}$. Фотосинтетический потенциал сидеральной горчицы сарептской в пожнивном летнем 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 также обусловлено более мощным развитием фотосинтетического аппарата растений, вегетирующих во второй половине вегетационного периода в условиях сокращающейся длины дня.

Фотосинтетический потенциал посевов оказал существенное влияние на количество синтезированного сухого вещества (СВ) надземной и корневой массы возделываемых культур. Установлена тесная корреляционная зависимость количества синтезированного АСВ всеми культурами звеньев севооборотов от суммарного фотосинтетического потенциала посевов этих культур – $r = 0,964$.

Кроме того на накопление органического вещества существенное влияние оказывает эффективность работы фотосинтетического аппарата посевов, которая напрямую зависит от плодородия почвы, обеспеченности растений влагой и элементами питания. В наших исследованиях больше всего суммарно синтезировал листовой аппарат посевов 4-го звена севооборота – 28,06 $\text{г}/\text{м}^2$ листовой поверхности в сутки, в котором создаются лучшие условия для роста и развития растений. В звеньях севооборота с одной сидеральной культурой суммарная чистая продуктивность фотосинтеза составила 18,8-20,8, без сидеральной горчицы 13,47-15,8 $\text{г. г}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$.

Поэтому существенно больше всего СВ накоплено всеми культурами 4-го звена за ротацию севооборота (80,5 т/га), в котором дважды высевается сидеральная культура с последующей летней посадкой картофеля (таблица 14).

Таблица 14 – Влияние звеньев севооборотов на количество синтезированного органического вещества надземной и подземной массы возделываемых культур (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Синтезировано СВ, т/га		
		культурой	звенном за 3 года	Среднее в год
1	Озимая пшеница	17,4	47,8	15,9
	Картофель весенней посадки	14,6		
	Лук	15,8		
2	Озимая пшеница +	17,7	61,7	20,6
	горчица на сидерат (пожнивно)	11,8		
	Картофель весенней посадки	15,5		
	Лук	16,7		
3	Озимая пшеница	17,7	63,9	21,3
	Горчица весеннего посева на сидерат +	10,6		
	картофель летней посадки.	19,7		
	Лук	15,9		
4	Озимая пшеница +	17,8	80,5	26,8
	горчица на сидерат (пожнивно)	11,5		
	Горчица весеннего посева на сидерат +	12,6		
	картофель летней посадки	22,0		
	Лук	16,6		
5	Озимая пшеница +	17,7	61,6	20,5
	горчица на сидерат (пожнивно)	11,6		
	Лук	13,5		
	Картофель весенней посадки	18,8		
6	Соя	11,0	45,4	15,1
	Картофель весенней посадки	18,3		
	Лук	16,1		
НСР ₀₅		-	3,88	1,21

Одноразовый посев сидеральной горчицы сарептской во 2-ом, 3-ем и 5-ом звеньях приводил к достоверному снижению количества СВ по сравнению с 4-ым звеном на 16,6-18,9 т/га, или на 20,6-23,5 % и составило 61,6-63,9 т/га. Без посева промежуточной сидеральной культуры 1-ое и 6-ое звенья севооборота синтезировали 47,8 и 45,4 т/га СВ, что существенно на 13,8-18,5 т/га или на 22,4-28,9 %

меньше, чем в звеньях с одной сидеральной культурой и на 32,7–35,1 т/га (40,6–43,6 %) уступает звену с двукратным промежуточным посевом горчицы. Аналогичная закономерность наблюдается и по количеству накопленного СВ в среднем за 1 год ротации изучаемых звеньев севооборотов.

Больше всего органического вещества надземной и подземной массы синтезировали летние посадки картофеля после сидеральной горчицы сарептской – 19,7–22,0 т/га, весенней посадки этой культуры после лука и сои 18,3 и 18,8 и озимой пшеницы – 17,4–17,7 т/га. Меньше всего накапливали СВ посеvy сои и горчицы сарептской, убираемой в фазе цветения в качестве сидеральной культуры.

Количество накопленного абсолютно сухого вещества посевами возделываемых культур оказало существенное влияние на их урожайность. Из всех культур самую высокую урожайность в физическом весе во все годы исследований обеспечил лук – от 57,2 до 78,60 т/га (приложение 9). Следующим по урожайности идет картофель летней и весенней посадки – 49,34–57,12 и 35,06–49,22 т/га и меньше всего была урожайность сои – от 3,22 до 3,54 т/га.

В среднем за годы исследований во всех изучаемых орошаемых звеньях севооборота, где лук размещался после картофеля его урожайность составила от 71,40 до 75,68 т/га (приложение 10). Только в 5-ом звене, где он выращивался после озимой пшеницы с пожнивной горчицей сарептской его урожайность значительно ниже – 59,50 т/га (таблица 15).

Более высокая урожайность клубней картофеля в среднем за годы исследований также получена при его летней посадке после озимой пшеницы с промежуточным посевом горчицы сарептской – 50,41–56,50 т/га. При весенней посадке его урожайность по этому же предшественнику значительно ниже – от 37,42 до 39,83 т/га, тогда как после сои и лука она составила 46,81 и 48,23 т/га.

В пересчёте на зерновые единицы также самую высокую урожайность обеспечили лук и картофель – 9,36 до 12,61 тыс. з. е./га. Следующей по этому показателю идёт озимая пшеница – 5,82–6,28 тыс. з. е./га и меньше всего получено сои – 3,90 тыс. з. е./га. Горчица сарептская в качестве промежуточной сидеральной культуры обеспечила получение от 4,30 до 5,12 тыс. з. е./га.

Таблица 15 – Влияние звеньев севооборотов на урожайность возделываемых культур (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Урожайность		
		т/га	тыс. з. е./га	среднее, тыс. з. е./га
1	Озимая пшеница	5,82	5,82	8,87
	Картофель весенней посадки	37,42	9,36	
	Лук	71,40	11,43	
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,13	6,13	11,00
	Картофель весенней посадки	34,21	4,79	
	Лук	39,83	9,96	
	Лук	75,68	12,11	
3	Озимая пшеница	5,93	5,93	11,45
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	30,70	4,30	
	Лук	50,41	12,61	
	Лук	71,79	11,49	
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,28	6,28	14,08
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	33,33	4,67	
	Лук	36,51	5,12	
	Лук	56,50	14,13	
	Лук	75,18	12,03	
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,10	6,10	10,81
	Лук	33,78	4,73	
	Лук	59,50	9,52	
	Картофель весенней посадки	48,23	12,06	
6	Соя	3,40	3,90	9,09
	Картофель весенней посадки	46,81	11,71	
	Лук	72,80	11,65	
НСР ₀₅		-	-	0,64

Примечание: у всех культур севооборота урожайность товарной продукции, горчицы сарептской – сырая надземная масса

В среднем за 3 года ротации орошаемых звеньев севооборота с одним полем картофеля больше всего зерновых единиц получено в 4-ом звене с промежуточным пожнивным и весенним посевом горчицы сарептской и летней посадкой картофеля – 14,08 тыс. з. е./га. Достоверно меньше (10,81-11,45 тыс. з. е./га) собрано продукции в звеньях севооборотов с одним посевом горчицы сарептской (2-ое, 3-ье и 5-ое звенья), весенней и летней посадками картофеля и ещё существенно

меньше продуктивность 1-го и 6-го звеньев, где посев промежуточной сидеральной культуры не производили – 8,87 и 9,07 тыс. з. е./га.

При изучении звеньев севооборота наравне с определением общей продуктивности возделываемых культур очень важно определить урожайность товарной продукции, реализация которой обеспечивает получение прибыли и рентабельности сельскохозяйственного производства. В наших исследованиях достоверно больше всего товарной продукции в среднем за 3 года получено в 4-ом звене (приложение 10), где дважды за ротацию производили промежуточный посев сидеральной культуры, улучшившей плодородие почвы и тем самым обеспечившей рост урожайности основных культур севооборота (рисунок 2).

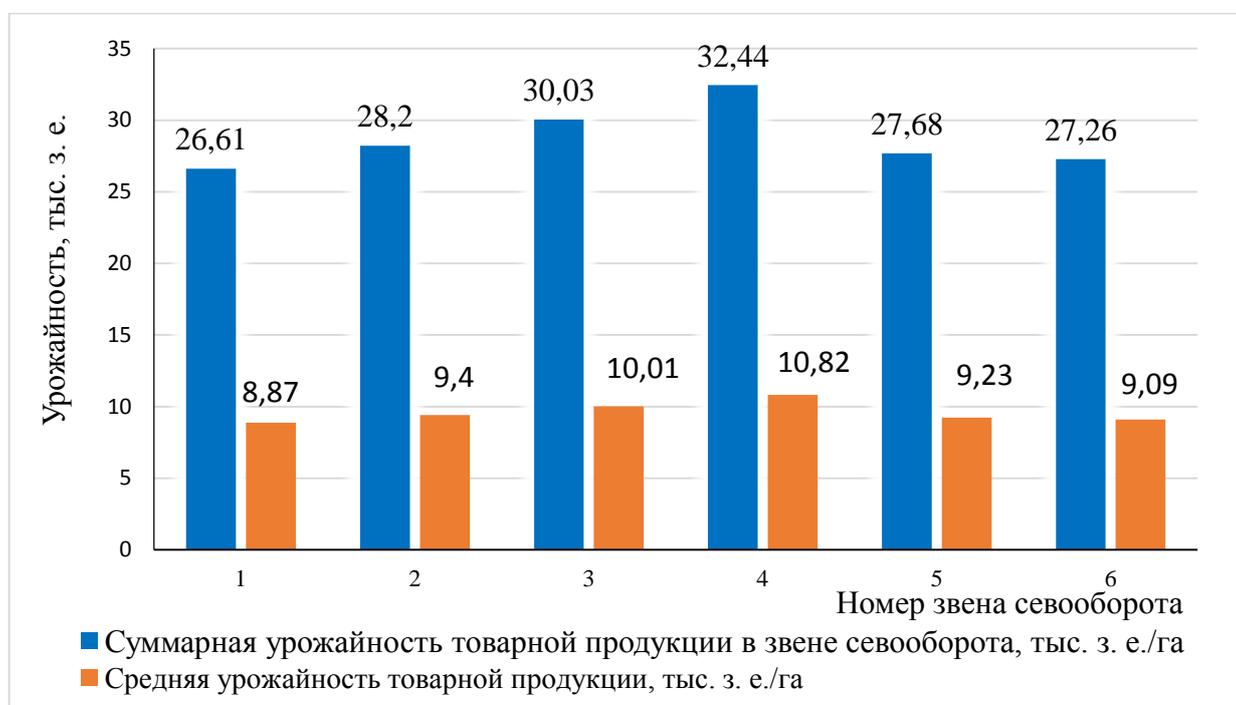


Рисунок 2 – Урожайность товарной продукции в звеньях севооборотов, тыс. з. е./га (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

В остальных изучаемых звеньях севооборотов урожайность товарной продукции существенно ниже, и самая маленькая она в 1-ом и 6-ом звеньях, в которых сидеральную культуру не сеяли. Аналогичное наблюдается и с суммарной урожайностью товарной продукции за 3 года ротации звеньев севооборотов.

Следует отметить, что размещение картофеля в звеньях севооборота оказало существенное влияние на товарность клубней, от которой во многом зависит цена

и стоимость производимой продукции и, в конечном итоге, экономическая эффективность возделывания культуры и в целом звеньев севооборота. Самая высокая товарность клубней при возделывании картофеля в 4-ом звене после озимой пшеницы и промежуточным пожнивным и весенним посевом горчицы сарептской в качестве сидеральной культуры – 95,5 %, что стало возможным благодаря достоверно меньшему количеству нестандартных по размеру и больных клубней (таблица 16).

Таблица 16 – Влияние звеньев севооборотов на товарность клубней картофеля (среднее за ротацию звена севооборота, 2012–2015 гг.)

Звено севооборота	Стандартные клубни, %	Нестандартные клубни, %		
		всего	в том числе	
			по размеру	больные
1	91,62	8,38	4,11	4,27
2	93,89	6,11	2,08	4,03
3	95,11	4,89	2,10	2,79
4	95,50	4,50	1,70	2,80
5	93,38	6,62	3,19	3,43
6	93,40	6,60	2,91	3,69
НСР ₀₅	3,71	0,43	0,19	0,27

Размещение картофеля после одноразового посева сидеральной горчицы приводит к существенному увеличению нестандартных по размеру и больных клубней, и больше всего нестандартных по этим показателям клубней в 1-ом звене, в котором картофель выращивался без промежуточной сидеральной культуры. Следует отметить, что в 6-ом звене, в котором также как и в 1-ом нет сидеральной культуры, количество нестандартных по размеру и больных клубней достоверно меньше. Обусловлено это размещением картофеля в 6-ом звене после сои, которую следует считать лучшим предшественником для картофеля, чем озимую пшеницу, после которой размещён картофель в 1-ом звене севооборота. К тому же урожайность картофеля в среднем за годы исследований после озимой пшеницы в

1-ом звене составила 37,42 т/га, а после сои в 6-ом звене 46,81 т/га, что на 9,39 т/га, или на 25,1 % больше.

Более высокая товарность клубней по размеру в 4-ом звене севооборота обусловлена лучшим плодородием почвы и обеспеченностью растений картофеля элементами питания после двух раз подряд посевов и заделки в почву надземной массы сидеральной культуры (Новиков А.А., 2021-3). Меньшее же количество больных клубней в этом варианте объясняется санитарной ролью горчицы сарептской как капустной культуры, очищающей почву от инфекционного начала возбудителей болезней, чем существенно снижается их проявление (Шурупов В.Г., Картамышева Е.В., 1997; Федотов В.А., Гончаров С.В., Савенков В.П., 2008).

Следует отметить, что на технологические качества клубней картофеля по содержанию в них абсолютно сухого вещества и крахмала его размещение в звеньях севооборота не оказало существенного влияния (различия по этим показателям в пределах ошибки опыта), поэтому сбор с 1 га АСВ и крахмала зависел только от урожайности культуры (приложение 11).

Таким образом самый высокий фотосинтетический потенциал, наибольшее количество синтезированного органического вещества, продуктивность и урожайность товарной продукции обеспечили культуры орошаемого звена трехпольного севооборота с одним полем картофеля, в котором производится двукратный посев сидеральной культуры. Одноразовый посев сидеральной культуры за ротацию звеньев севооборотов, как и отказ от её возделывания приводит к существенному снижению эффективности работы фотосинтетического аппарата посевов и достоверному снижению урожайности производимой продукции.

При изучении орошаемых звеньев севооборотов важными показателями являются оросительные нормы, количество поливов, продолжительность поливного периода (сезона орошения) и средняя оросительная норма на 1 га звена севооборота (Лихацевич А.П., 2005). Эти данные необходимы для технико-экономического обоснования проекта строительства орошаемого участка и отдельных его составляющих (например, расчёт гидромодуля орошаемого участка).

В наших исследованиях самая большая оросительная норма из всех изучаемых культур у картофеля летней посадки – 3120 м³/га (приложение 12), что обусловлено иссушением почвы предшествующей горчицей сарептской и необходимостью проведения влагозарядкового полива нормой 600 м³/га после заделки в почву её растительных остатков. При весенней посадке картофель использовал накопившуюся в почве влагу за осенне-зимне-весенний период, и оросительная норма здесь составляет 2520 м³/га. При этом оросительная норма картофеля летней посадки составляет ровно столько же, сколько накапливается влаги в почве и выпадает осадков во время вегетации культуры. При весенней посадке она меньше от 242 м³/га, или 8,8 % в 5-ом до 788 м³/га (23,8 %) в 1-ом звеньях севооборотов, чем сумма осадков и накопленная в почве влага к моменту посадки.

Из остальных возделываемых в звеньях севооборотов культур самая большая оросительная норма у сои (2100 м³/га), у лука она составила 1560 м³/га, а при его посеве после пожнивной горчицы в 5-ом звене она увеличилась до 1860 м³/га. При пожнивном посеве горчицы сарептской оросительная норма составила 1860 м³/га, при весеннем её посеве всего 840 м³/га. Связано это с тем, что в первом случае необходимо было проводить дополнительный влагозарядковый полив перед её посевом, во втором урожай надземной массы формировался в основном за счёт почвенной влаги и выпадающих во время её вегетации осадков.

За вегетацию лук во влажные годы поливали 4 раза, в засушливые – 5 раз, по 3 полива проводилось на озимой пшенице (с учётом влагозарядкового) и 2–3 полива на горчице сарептской. Картофель весенней посадки в зависимости от количества выпадающих осадков поливали 5-6 раз, летней посадки – 6-7 раз за вегетацию (приложение 13).

Кратность поливов по звеньям севооборотов в сильной степени зависело от возделываемых в звене культур, требующих большее или меньшее количество поливов и ещё в большей степени от посева промежуточной сидеральной горчицы сарептской. Меньше всего поливов проводилось в 1-ом и 6-ом звеньях, в которых горчицу не сеяли, соответственно 4,3 и 5,0 поливов. Большее количество поливов

в 6-ом звене связано с посевом сои вместо озимой пшеницы, требующей 5 поливов вместо 3 у озимой пшеницы.

Во 2-ом, 3-ем и 5-ом звеньях, где возделывали промежуточную сидеральную горчицу сарептскую количество поливов увеличилось до 5,3-5,7, и больше всего их было в 4-ом звене – 7,0 поливов в год. Увеличение количества поливов в этих звеньях связано с дополнительным поливом горчицы сарептской во время её вегетации, а при её пожнивном посеве требовался ещё и влагозарядковый полив перед её посевом.

По продолжительности поливного сезона культур звеньев севооборотов выделялись: лук – 88 суток во влажные и 98 суток в засушливые годы, картофель весенней посадки и соя – 75 суток, картофель летней посадки 61 сутки.

Суммарное водопотребление культурами звеньев севооборотов с учетом накопленной к посеву влаги в почве, выпадающих во время вегетации осадков и оросительной нормы самым большим в среднем за годы исследований было у картофеля летней посадки – от 5983 до 6325 м³/га. При весенней посадке она составила от 5282 и 5366 м³/га после лука и сои до 5744 и 5828 м³/га после пожнивной горчицы сарептской и озимой пшеницы. От 5551 до 5927 м³/га расходовалось воды при возделывании лука, немного меньше – 5196-5469 м³/га при посеве озимой пшеницы и меньше всего требовалось промежуточной горчице сарептской весеннего посева – 3323-3785 м³/га (таблица 17).

При существенно большем суммарном водопотреблении картофеля летней посадки, чем весенней, у летней одни из самых низких показателей расхода воды на формирование единицы урожая – 424-495 м³/тыс. з.е., при весенней посадке после лука в 5-ом звене и сои в 6-ом этот показатель на том же уровне (438 и 459 м³/тыс. з.е.), а при весенней посадке после озимой пшеницы и пожнивной горчицы в 1-ом и 2-ом звеньях севооборотов коэффициент водопотребления значительно больше – 627 и 574 м³/тыс. з.е.

Больше всего воды на формирование единицы урожая расходовала соя – 1405 м³/тыс. з.е., потом идёт озимая пшеница (848-922) и значительно меньше этот показатель у лука – 474-520 м³/тыс. з.е.

Таблица 17 – Суммарное потребление воды и коэффициенты водопотребления культурами звеньев севооборота (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /тыс. з.е.
1	Озимая пшеница	5217	84
	Картофель весенней посадки	5828	627
	Лук	5927	520
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	5469	897
	Картофель весенней посадки	4692	978
	Лук	5744	574
	Лук	5738	474
3	Озимая пшеница	5469	922
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.	3323	773
	Лук	6235	495
	Лук	5822	506
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	5343	848
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	4881	1039
	Лук	3785	742
	Лук	5983	424
	Лук	5759	480
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	5196	852
	Лук	4209	896
	Лук	5551	584
	Картофель весенней посадки	5282	438
6	Соя	5478	1405
	Картофель весенней посадки	5366	459
	Лук	5738	495

На формирование урожая надземной массы горчица сарептская при весеннем посеве расходовала 742–773 м³/тыс. з.е., при пожнивном посеве – от 896 до 1039 м³/тыс. з.е.

Продолжительность поливного сезона по звеньям севооборота также имеет большие отличия. Самым коротким он был в 1-ом звене – 188 суток, самым продолжительным в 6-ом (255 суток), где возделывались среднепоздние и поздние сорта и гибриды культур, и в 4-ом звеньях (227 суток) с промежуточной культурой горчицы сарептской в пожнивном и ранневесеннем посевах, что на 39-67 суток, или на 20,7–35,6 %

дольше, чем в 1-ом звене севооборота.

Самое высокое среднесуточное водопотребление среди возделываемых культур у картофеля летней посадки в 4-ом и 3-ем звеньях (65,0 и 67,8 м³/га·сут.), так как основные периоды роста и развития проходили в наиболее жаркое время года (июль и август) и потребление воды растениями увеличивался. При весенней посадке картофеля среднесуточное водопотребление снижалось до 46,9-50,9 м³/га·сут. Высокой среднесуточной потребностью в воде отличалась и промежуточная культура горчицы сарептской – от 54,5 м³/га·сут. в 5-ом звене до 58,2 м³/га·сут. в 4-ом звене севооборота (таблица 18).

Таблица 18 – Среднесуточное потребление общей влаги возделываемыми культурами и звеньями севооборотов (среднее за ротацию звена, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Потребление воды, м ³ /га сут.	
		культура	звено
1	Озимая пшеница	43,5	45,5
	Картофель весенней посадки	50,9	
	Лук	42,8	
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	45,3	48,5
	Картофель весенней посадки	57,9	
	Лук	51,0	
	Лук	43,2	
3	Озимая пшеница	42,4	49,9
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	57,6	
	Лук	67,8	
	Лук	41,7	
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	45,1	51,4
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	58,2	
	Лук	56,7	
	Лук	65,0	
	Лук	41,6	
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	43,9	46,3
	Лук	54,5	
	Лук	43,0	
	Картофель весенней посадки	46,9	
6	Соя	44,0	44,1
	Картофель весенней посадки	47,6	
	Лук	41,3	
НСР ₀₅		-	2,6

Среди звеньев севооборота самой большой суточный расход воды культурами 4-го звена севооборота с двумя промежуточными посевами сидеральной горчицы сарептской и летней посадкой картофеля и составляет 51,4 м³/га·сут. Достоверно меньше потребляли воды культуры 2-го и 5-го звеньев севооборотов с одной сидеральной культурой и картофелем весенней посадки, расходующим существенно меньше воды, чем при летней посадке. Наименьший расход воды в 1-ом и 6-ом звеньях севооборотах, где сидеральную культуру не сеяли.

Больше всего общей влаги и оросительной воды израсходовано, опять же, в 4-ом звене севооборота, но коэффициенты водопотребления как общей влаги, так и оросительной воды на получение тысячи зерновых единиц здесь одни из самых низких, что говорит о эффективном использовании воды в звене севооборота с двумя посевами промежуточной горчицы сарептской (таблица 19).

Таблица 19 – 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	607	203
4	8584	2940	610	209
5	6746	2560	624	237
6	5527	2060	608	227

В остальных звеньях, кроме 3-го, при значительном снижении расхода общей и оросительной воды наблюдается увеличение водопотребления на формирование единицы урожая, что указывает на существенное снижение эффективности расходования воды в этих звеньях севооборотов по сравнению с 4-ым звеном.

То есть, самый большой расход общей и оросительной воды наблюдается в 4-ом 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. Уменьшение количества посевов сидеральной горчицы до одного раза в звене севооборота или полный отказ от её посева, как и замена летней посадки картофеля на весенний, приводит к существенному уменьшению потребления воды звеньями севооборотов. Но в этом случае эффективность использования общей и оросительной воды уменьшается из-за снижения урожайности возделываемых культур (Новиков А.А., 2020-2).

Таким образом в орошаемом земледелии юга России на черноземе южном наиболее эффективно в трёхпольных звеньях полевого севооборота дважды высевать промежуточную сидеральную культуру горчицы сарептской, что обеспечивает повышение почвенного плодородия, улучшение режима питания возделываемых культур и создает наиболее благоприятные условия для роста, развития и получения самой высокой урожайности культур и в целом звена севооборота. В таком звене наблюдается самый большой расход общей и оросительной воды, но она используется наиболее эффективно, так как на единицу урожая её потребляется существенно меньше, чем в других звеньях. Посев в трехпольном орошаемом звене севооборота одной промежуточной сидеральной горчицы сарептской или отказ от её посева приводит к существенному снижению почвенного плодородия, урожайности и эффективности использования общей и оросительной воды.

3.2. Обработка почвы и внесение удобрений перед посадкой

Картофель хорошо растёт и развивается на лёгких плодородных почвах при наличии необходимых питательных веществ, достаточной тепло-, влагообеспеченности и освещённости. Однако на юге России почвы орошаемых земель, в большинстве своём, тяжелосуглинистые, реже среднесуглинистые, и при поливе склонны к самоуплотнению, что отрицательно сказывается на росте клубней картофеля и приводит к снижению их урожайности. Поэтому, для создания рыхлого слоя почвы рекомендовалось глубокая зяблевая вспашка и предпосадочное рыхление весной перед посадкой картофеля (Иванов А.П. 1980). Минеральные удоб-

рения вносили путем их равномерного распределения по поверхности поля и заделки в почву во время вспашки на глубину её проведения (Черников В.И., 1982).

Однако эффективность удобрений при таком способе внесения очень низкая, так они распределены во всей толще обрабатываемого слоя почвы, и корневая система растений может использовать их только после «обнаружения». Поэтому были разработаны и предложены производству различные механизмы и приспособления для внесения удобрений в почву рядом или вместе с клубнем (Власенко Н.Е. 1987; Писарев Б.А., и др. 1990). В этом случае эффективность удобрений увеличивалась, но они, соприкасаясь или находясь рядом с клубнями, оказывали отрицательное влияние на рост и развитие растений картофеля, особенно в начальный период вегетации, что также отрицательно сказывалось на его урожайности (Богдевич, И. М., Лапа, В. В., Лимантова, Е. М. и др., 1990).

Оптимальными условиями для роста и развития картофеля на тяжелосуглинистых орошаемых землях является создание рыхлого слоя почвы перед посадкой на глубину 35-40 см и локальным внесением удобрений на 6-8 см глубже клубней. В этом случае корневая система растений, проникая в почву, эффективно использует все внесенные удобрения (URL: <https://agropk.by/itma/vnesenie-mineralnykh> (дата обращения: 20.10.2021 г.) 2018; Шмырева Н.Я. и др., 2020).

Для создания таких условий для картофеля нами разработан комбинированный агрегат для рыхления почвы и внесения удобрений – АКРУ-2,8 (приложение 14), на который получен патент РФ на изобретение (Новиков А.А. и др., 2019-2). Агрегат за один проход по полю рыхлит почву на глубину до 0,45 м, ленточным способом ниже уровня посадки клубней вносит минеральные удобрения на заданную глубину и формирует гребни, в которые производится посадка картофеля.

Для определения наиболее эффективного способа предпосадочной обработки почвы и внесения удобрений проведены исследования, в которых контролем были ранее рекомендованные способы в сравнении со специально разработанным агрегатом АКРУ-2,8 для выполнения этой технологической операции.

Под все варианты опыта осенью разбрасывателем удобрений РМГ-4 по поверхности почвы вносилась полная доза калийных удобрений (K_{230}), после чего

поперёк делянок проводилась зяблевая вспашка на глубину 0,30-0,32 м. Весной перед посадкой картофеля чизелем ПЧ-2,5 или агрегатом АКРУ-2,8 проводилось безотвальное рыхление почвы на глубину 0,45 м и внесение азотно-фосфорных ($N_{200}P_{180}$) удобрений разными способами и на разную глубину, что оказало существенное влияние на рост, развитие и урожайность картофеля весенней посадки.

В начальный период вегетации до фазы бутонизации высота картофеля во всех вариантах одинаковая. В фазе бутонизации и цветения наблюдалась тенденция увеличения этого показателя при одновременной обработке почвы и ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м (таблица 20).

Таблица 20 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на высоту растений картофеля весенней посадки, м
(среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Фенологическая фаза			
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цвете- ние	клубне- образование	увядание ботвы
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	0,49	0,57	0,72	0,65
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	0,48	0,58	0,72	0,67
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	0,50	0,59	0,74	0,70
То же	то же на 0,15 м	0,50	0,60	0,77	0,72
То же	то же на 0,20 м	0,48	0,57	0,75	0,68
НСР ₀₅ обработка почвы		0,02	0,03	0,03	0,03
НСР ₀₅ удобрения		0,02	0,02	0,02	0,02
НСР ₀₅ частных различий		0,03	0,04	0,05	0,05

В фазе клубнеобразования и увядания ботвы линейный рост растений картофеля в этом варианте стал достоверно больше, чем при других изучаемых способах и глубине внесения минеральных удобрений. При этом период вегетации картофеля от всходов до технологической спелости при обработке почвы и ленточном внесении удобрений разработанным агрегатом АКРУ-2,8 в среднем за годы исследований составил 92 дня, при обработке почвы чизелем и поверхностным или строчным внесением удобрений 90 дней, или на 2 дня короче. Увеличение продол-

жительности вегетации при обработке почвы и ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 произошло из-за увеличения периода вегетации картофеля от фазы клубнеобразования до технологической спелости на это же количество дней.

Способы внесения удобрений оказали существенное влияние на развитие и эффективность работы фотосинтетического аппарата растений картофеля. Начиная с фазы бутонизации и до увядания ботвы, достоверно самую большую листовую поверхность на 1 м² посевов формировал картофель при предпосевной обработке почвы АКРУ-2,8 с одновременным ленточным внесением азотно-фосфорных удобрений на глубину 0,15 м и нарезанием гребней (таблица 21).

Таблица 21 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на площадь листовой поверхности картофеля весенней посадки, м²/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Фенологическая фаза			ФСП, млн. м ² ×дн./га
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	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 обработка почвы		0,13	0,14	0,15	0,18
НСР ₀₅ удобрения		0,11	0,13	0,14	0,16
НСР ₀₅ частных различий		0,15	0,16	0,18	0,22

Благодаря большей ассимиляционной поверхности и на 2 дня более продолжительному периоду вегетации при этом способе внесения удобрений формируется и самый большой фотосинтетический потенциал (ФСП) посадок картофеля – 3,57 млн. м²·дн./га. При всех других изучаемых способах предпосадочной обработки почвы и внесения удобрений этот показатель существенно меньше.

Значительно больший фотосинтетический аппарат при ленточном внесении удобрений АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м обусловлен достоверно большими темпа-

ми прироста листовой поверхности посадками картофеля в течение всего вегетационного периода (приложение 15), что положительно сказалось на динамике нарастания надземной массы растениями картофеля.

При таком способе внесения удобрений, начиная с фазы бутонизации и в течение всей вегетации до увядания ботвы, когда наступает технологическая спелость уборки картофеля, посадки картофеля формируют самую большую сухую надземную массу (приложение 16). При внесении удобрений этим же агрегатом но на меньшую (10 см) или большую (20 см) глубину надземная масса растений во все фазы роста и развития картофеля достоверно уменьшается. Ещё меньше она при поверхностном внесении удобрений перед предпосадочным рыхлением почвы чизелем, но самая маленькая она при строчном внесении удобрений агрегатом КСМГ-4А на глубину 15 см.

От надземной массы растений, а также площади их листовой поверхности и в целом фотосинтетического потенциала посадок картофеля существенно зависело формирование клубней и их масса (таблица 22).

Таблица 22 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на массу клубней картофеля весенней посадки, г/м² АСВ (среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Фенологическая фаза			
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цветение	клубне- образование	увядание ботвы
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	83	154	632	1410
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	74	135	608	1310
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	93	187	734	1573
То же	то же на 0,15 м	101	214	786	1705
То же	то же на 0,20 м	96	188	712	1542
НСР ₀₅ обработка почвы		8	11	31	82
НСР ₀₅ удобрения		7	9	28	77
НСР ₀₅ частных различий		9	12	41	92

Самая большая абсолютно сухая масса клубней картофеля формируется при ленточном внесении минеральных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м. Уменьшение или увеличение глубины внесения удобрений этим же агрегатом, как и поверхностное или строчное их внесение приводит к достоверному уменьшению массы образовавшихся клубней. В фазе клубнеобразования наблюдалась прямая тесная корреляционная зависимость массы клубней от надземной массы растений – $r = 0,961$. То есть, чем больше сухая надземная масса растений картофеля, тем больше масса клубней.

При всех способах предпосадочного рыхления почвы и внесения азотно-фосфорных удобрений происходит увеличение надземной массы растений от фазы всходов и до массового цветения, наступающего на 60-65 сутки вегетации. Во время клубнеобразования, наступающего на 70-75 сутки вегетации, абсолютно сухая масса растений начинает снижаться из-за оттока питательных веществ в образующиеся клубни. Ещё меньше она при увядании ботвы из-за ещё большего оттока питательных веществ, а также усыхания и опадения листьев (рисунок 3).

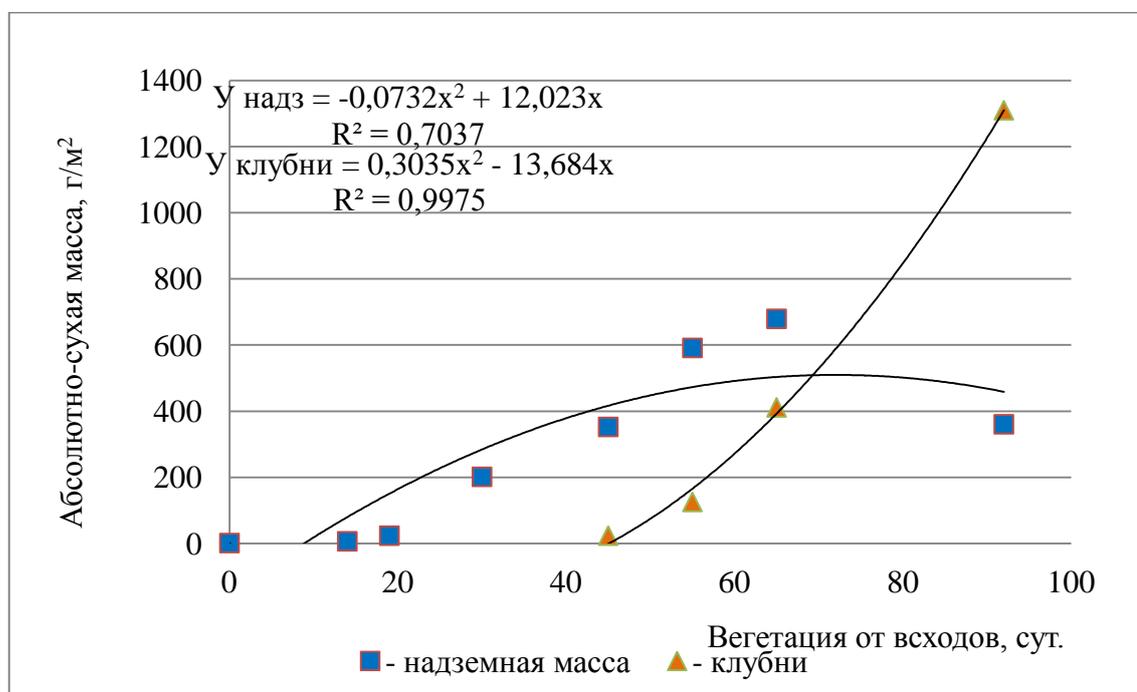


Рисунок 3 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на динамику формирования надземной массы клубней картофеля (среднее за 2014–2016 гг.)

Образование же клубней начинается на 45-е сутки от появления всходов, когда растения находятся в фазе бутонизации, и темпы нарастания массы абсолютно сухого вещества клубнями существенно больше, чем надземной массы и уже на 65-70-е сутки вегетации, то есть через 20-25 суток от начала клубнеобразования, масса клубней и надземная масса растений одинаковые. В дальнейшем масса клубней нарастала ещё большими темпами.

Следует отметить, что самая большая надземная масса, развитый, эффективно работающий фотосинтетический аппарат и масса клубней формируются при рыхлении почвы и ленточном внесении азотно-фосфорных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 см из-за того, что корневая система растений картофеля лучше потребляют элементы питания из удобрений, внесенных на 5-6 см глубже заделки клубней картофеля. Внесение удобрений этим же агрегатом лентой, но на меньшую – 0,10 см (на одном уровне с посаженными клубнями), или на большую (20 см) глубину – 10-11 см ниже размещения клубней снижает возможности потребления элементов питания и приводит к существенному уменьшению нарастания надземной массы растений и формирования клубней. Внесение удобрений вразброс перед посадкой ещё больше ухудшает потребление растениями питательных веществ из распределенных по всему горизонту почвы удобрений. Но самые худшие условия складываются при строчном внесении удобрений, что, видимо, связано с высокой концентрацией солей удобрений в одном месте, что ухудшает проникновение корневой системы растений в зону внесенных удобрений и уменьшает потребление из них элементов питания.

Все это оказывает существенное влияние на урожайность картофеля, которая самой высокой была при предпосевном рыхлении почвы агрегатом АКРУ-2,8 с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 15 см и в среднем за годы исследований составила 66,1 т/га (таблица 23).

Внесение удобрений этим же агрегатом на меньшую или большую глубину приводит к достоверному снижению урожайности. Ещё более существенное сни-

жение наблюдается при разбросном внесении удобрений по поверхности почвы перед предпосадочным рыхлением почвы чизелем и, особенно, при строчном внесении КСМГ-4А на глубину 15 см.

Таблица 23 – 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 обработка почвы		2,5	3,0	3,3	3,1	-	-
НСР ₀₅ удобрения		2,2	2,7	2,9	2,8	-	-
НСР ₀₅ частных различий		3,1	3,7	3,9	3,7	-	-

Установлена прямая тесная корреляционная зависимость урожайности клубней картофеля от площади его листовой поверхности ($r = 0,877$) и ещё более тесной она была с сухой надземной массой растений картофеля в фазе клубнеобразования – $r = 0,916$.

Такая тесная зависимость между этими показателями позволила рассчитать уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$Y = 0.13 \times x - 11.6 \quad (1)$$

где: Y – урожайность картофеля, т/га;

x – сухая надземная масса растений картофеля в фазе клубнеобразования, г,

0,13 – коэффициент регрессии

По этому уравнению можно в фазе клубнеобразования, определив сухую надземную массу растений картофеля, его прогнозировать урожайность. Напри-

мер, в фазе клубнеобразования сухая надземная масса составляет 536 г/м², то ожидаемая урожайность клубней составит 58,1 т/га. Эта информация будет очень полезной для планирования уборки по количеству уборочных агрегатов, транспорта, потребности ёмкостей для хранения будущего урожая и его переработки.

Таким образом, при весенней посадке картофеля на черноземе южном лучшие условия для потребления питательных веществ удобрений его 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, формирование хорошо развитого и эффективно работающего фотосинтетического аппарата и получение самой высокой урожайности клубней картофеля. Увеличение или уменьшение глубины внесения удобрений этим же агрегатом, как и их внесение вразброс по поверхности почвы перед её рыхлением чизелем или строчкой на глубину 0,15 м приводит к уменьшению линейного роста растений, снижению площади фотосинтетической поверхности и достоверному снижению урожайности.

3.3. Способы полива и окучивания картофеля

При возделывании картофеля на орошении рекомендовано его окучивание в фазе всходов проводить с формированием гребней или гряд, для которых очень важно подобрать оптимальный способ полива (Байрамбеков Ш.Б. и др., 2008; Старовойтова О.В., 2020). От этого во многом зависит расход поливной воды и распределение влаги в почве во время вегетации культуры, что оказывает существенное влияние на рост, развитие и урожайность картофеля.

В наших исследованиях на черноземе южном при поливе дождеванием и посадке картофеля в гребни большая часть поливной воды (до 70 %) стекала с откосов гребней, образованных при окучивании картофеля, и впитывалась в дно борозды и боковые откосы гребней, и уже оттуда происходил капиллярный подъём влаги и увлажнение верхнего слоя почвы в гребне. Об этом свидетельствуют изолинии контура увлажнения с влажностью более 90 и 100 %НВ, где большая пло-

щадь сечения профиля находилась не в гребне, как того требует технология орошения дождеванием, а в борозде, куда стекала и впитывалась влага и откуда затем по капиллярам перераспределялась по всему профилю гребня (рисунок 4).

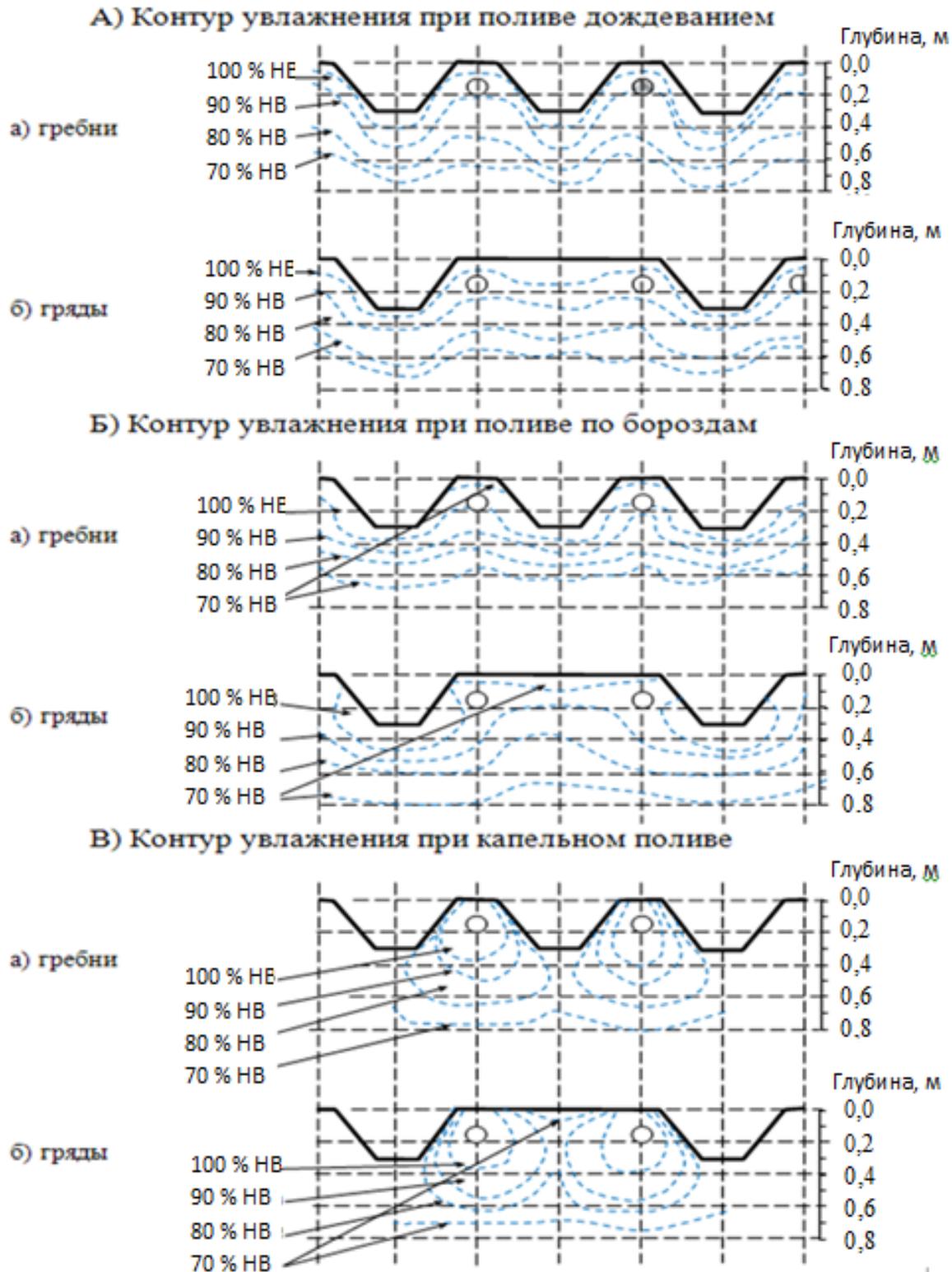


Рисунок 4 – Влияние способов полива на профиль увлажнения чернозёма южного при посадке картофеля в гребни и гряды (среднее за 2009–2011 гг.)

По-другому распределяется влага в почве при поливе дождеванием по сформированным грядам. Ширина гряды 1,05 м способствовала впитыванию большей доли поливной воды поверхностью широкой гряды, и только часть воды (около 30 %) стекала с откосов гряды в борозду. Поэтому влажность почвы в гряде более высокая по сравнению с гребнем и она более равномерно распределена по глубине и ширине гряды, что создавало более благоприятные условия для жизнедеятельности растений.

При поливе по бороздам основная доля влаги впитывалась в дно борозды и в боковые откосы гребня или гряды и перераспределялась в почве силами капиллярного подъёма. Об этом свидетельствуют контуры увлажнения при поливе по бороздам, где влага, поступающая из соседних борозд, смыкалась под гребнем или грядой и по капиллярам поднималась в верхние слои почвы.

При поливе системой капельного орошения контур увлажнения имел шарообразную форму, характерную для тяжелосуглинистых и глинистых почв (Мелихов В.В., Кружилин И.П., Новиков А.А. и др., 2017-1). Однако при посадке картофеля в гребни распределение влаги от места «капания» ограничивалось боками откосов гребня, а при окучивании с образованием гряды влага смыкалась и образовывала сплошной увлажнённый слой по всей гряде, что способствовало лучшему потреблению влаги растениями картофеля.

Для соблюдения заданного порога влажности почвы не ниже 80 %НВ (Мелихов В.В., Новиков А.А., 2011-3) при разных способах полива проводилось различное количество поливов с разной поливной нормой, от чего изменялись сроки полива, оросительная норма и продолжительность поливного сезона.

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, продолжительность поливного сезона 71-74 суток. При поливе по бороздам поливная норма увеличивалась до 580-600 м³/га, но сокращалась кратность поливов до 4,3 и оросительная норма до 2590-2510 м³/га (Дубенок Н.Н., Новиков А.А. и др., 2018) (таблица 24).

Таблица 24 – Влияние способов полива на поливной режим картофеля
(среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Кратность поливов, шт.	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Период полива, сут.
полива	окучивания				
Дождевание	гребни	6,3	420	2660	74
	гряды	6,3	420	2660	71
По бороздам	гребни	4,3	600	2590	69
	гряды	4,3	580	2510	64
Капельный	гребни	16,7	130	2180	80
	гряды	15,3	130	1940	77

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

Снижению поливной нормы при капельном орошении способствовало уменьшение испарения влаги с поверхности почвы, так как при этом способе полива вода подается и увлажняется внутренняя часть гребня или гряды, тогда как при дождевании и поливе по бороздам увлажняется поверхность почвы, с которой происходит интенсивное испарение влаги.

На режим орошения существенное влияние оказали также способы окучивания картофеля. При поливе дождеванием кратность поливов, поливная и оросительные нормы при обоих способах окучивания были одинаковыми. Только при нарезке гряд продолжительность поливного сезона составила 71 сутки, что на 3 суток меньше, чем при нарезке гребней (Новиков А.А., 2019).

При поливе по бороздам количество поливов при обоих способах окучивания картофеля также было одинаковым и составило 4,3, но поливная и оросительная нормы и продолжительность полива была меньше при посадке в гряды. При капельном орошении самая маленькая оросительная норма также при нарезке гряд и составляет 1940 м³/га, что на 240 м³/га, или на 11,0 % меньше, чем при на-

резке гребней. Здесь же кратность поливов составляет 15,3 при продолжительности поливного периода 77 суток, что на 1,2 полива и на 3 суток меньше, чем при нарезке гребней.

Уменьшение оросительной нормы при капельном орошении способствовало снижению суммарного водопотребления, так как оросительная норма является основной составляющей эвапотранспирации. Для поддержания влажности почвы не менее 80 %НВ суммарное водопотребление с учетом почвенной влаги и выпадающих осадков при таком поливе и при 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 просадке картофеля в гряды – на 218 м³/га, или на 4,3 % меньше, чем при таком же поливе и нарезке гряд (таблица 25).

Таблица 25 – 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	
		из почвы	полив	осадки		м ³ /га	%
полива	окучивания						
Дождевание	гребни	885	2660	1997	5542	0	0
	гряды	1033	2660	1997	5689	147	2,7
По бороздам	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

Для поддержания такого же режима влажности почвы во время вегетации поливом дождеванием и по бороздам при обоих способах окучивания картофеля с учетом расхода влаги из почвы и выпадающих осадков потребовалось от 5488 до 5689 м³/га воды, и различия между ними незначительные и составляют всего от 1,0 до 2,7 %

Следует отметить, что снижение суммарного водопотребления при капельном орошении произошло благодаря существенному уменьшению расхода ороси-

тельной воды, которая в общем балансе при формировании гребней составляет 43, на грядах 41 %, тогда как при дождевании и поливе бороздами этот показатель увеличивается до 45,6–48,0 %.

Таким образом капельное орошение является высокотехнологичным способом полива, который позволяют снижать поливную норму за счёт промачивания малого контура увлажнения, но очень требовательно к соблюдению сроков полива, ибо пропуск одного-двух поливов может привести к значительному недобору урожая из-за малых запасов воды в увлажнённом контуре. При этом более экономно поливная вода расходуется при окучивании картофеля с формированием гряд, что, видимо, связано с уменьшением испаряющей поверхности почвы на грядах по сравнению с гребнями на 30 %.

Способы полива и окучивания оказали существенное влияние на физические свойства почвы во время вегетации картофеля. Перед посадкой картофеля почва опытного участка имела агрономически ценных агрегатов с размером 10,00-0,25 мм более 70 %, что говорит о хорошем структурном состоянии чернозема южного. После осуществления поливов различными способами наблюдалось небольшое уменьшение этой фракции, в связи с чем во всех вариантах немного снизился коэффициент структурности ($K_{стр}$). Тем не менее, при всех способах полива и окучивания коэффициент структурности во время технологической спелости картофеля был выше 1,5, что говорит о хорошем состоянии структуры чернозёма южного во время уборки урожая (Новиков А.А., 2019-1). Это очень важно, так как в структурной почве возможна машинная уборка урожая без его засорения твердыми комками почвы.

Однако коэффициент структурности почвы при капельном орошении и обоих способах окучивания был математически доказуемо на 0,15-0,20 единиц меньше, чем при поливе дождеванием и по бороздам. При этом при всех способах полива достоверно на 0,23-0,28 единиц выше этот показатель при нарезке гряд, что говорит о лучшей структуре почвы при таком способе окучивания картофеля, чем при нарезке гребней (таблица 26).

Таблица 26 – Влияние способов полива и окучивания на коэффициент структурности почвы в фазе технологической спелости картофеля (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Коэффициент структурности	Изменение $K_{стр}$ от:	
полива	окучивания		способа полива	способа окучивания
Дождевание	гребни	2,26	-	-
	гряды	2,49	-	0,23
По бороздам	гребни	2,44	0,18	-
	гряды	2,70	0,21	0,26
Капельный	гребни	2,06	-0,20	-
	гряды	2,34	-0,15	0,28
НСР ₀₅ способ полива		-	0,12	-
НСР ₀₅ способ окучивания		-	-	0,13
НСР ₀₅ для частных различий		0,18	-	-

Важным показателем состояния орошаемых почв является водопрочность агрегатов, способных не разрушаться от воздействия воды при поливе. От этого показателя зависят водно-физические свойства почвы (плотность сложения, скважность и др.), условия аэрации и обеспечения растений влагой.

В наших опытах во время посадки картофеля во всех вариантах в почве сохранилось более 75 % частиц крупнее 0,25 мм, что говорит об отличной водопрочности почвенных агрегатов чернозема южного. Это обеспечило высокий показатель коэффициента водопрочности ($K_{впр.}$) – более 4 единиц и по вариантам опыта перед посадкой картофеля различия математически не доказуемы (таблица 27).

В результате и неоднократного промачивания слоя почвы 0,0-0,3 м поливной водой к технологической спелости картофеля количество водопрочных агрегатов размером более 7 мм по всем вариантам опыта снизилось с 2,62-2,67 до 2,32-2,33 %, агрегатов размером 7,0-0,5 мм на 2,04-3,97 %. Это привело к умень-

шению коэффициента водопрочности ($K_{\text{вдпр}}$) при всех способах полива и окучивания картофеля.

В течение вегетации картофеля меньше всего $K_{\text{вдпр}}$ снизился при поливе по бороздам с обоими способами окучивания – на 0,24-0,35 единиц. Существенно большее снижение этого показателя наблюдалось при дождевании (на 0,56-0,60) и самым низким к технологической спелости картофеля он был после капельного орошения – 3,42-3,45 со снижением на 0,97-1,05 единиц.

Таблица 27 – Влияние способов полива и окучивания на коэффициент водопрочности агрегатов в слое 0,0-0,3 м (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Посадка	Уборка	Отклонение	
полива	окучивания			$K_{\text{впр}}$	%
Дождевание	гребни	4,39	3,79	-0,60	14
	гряды	4,42	3,86	-0,56	13
По бороздам	гребни	4,37	4,02	-0,35	8
	гряды	4,37	4,13	-0,24	5
Капельный	гребни	4,47	3,42	-1,05	23
	гряды	4,42	3,45	-0,97	22
НСР ₀₅ способ полива		$F_{\phi} < F_T$	0,15	-	-
НСР ₀₅ способ окучивания		$F_{\phi} < F_T$	0,17	-	-
НСР ₀₅ для частных различий		$F_{\phi} < F_T$	0,19	-	-

Следует отметить, что при всех способах полива к технологической спелости немного больше коэффициент водопотребления был при нарезке гряд во время окучивания картофеля, но различия эти математически не доказуемы, так как находятся в пределах ошибки опыта. Тем не менее, это говорит о немного лучшем сохранении водопрочности почвенных агрегатов чернозема южного в грядках, чем в гребнях.

Изменения в структуре почвы и водопрочности её агрегатов оказали существенное влияние на плотность сложения чернозема южного. При одинаковой плотности почвы во время посадки картофеля – 1,18-1,21 г/см³ во всех вариантах опыта, после окучивания она снизилась до 1,09-1,16 г/см³, но после проведения

нескольких поливов и естественной усадки, почва уплотнилась во всех способах полива и окучивания.

В большей степени к фазе цветения она уплотнилась при капельном орошении – до 1,22-1,23 г/см³, к технологической спелости она увеличилась до 1,25-1,26 г/см³, достоверно превысив по этому показателю полив по бороздам, где почва в течение всего вегетационного периода была самой рыхлой (таблица 28).

Таблица 28 – Влияние способов полива и окучивания на плотность сложения чернозема южного в слое 0-0,30 м, г/см³ (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Срок определения			
полива	окучивания	посадка	окучивание	цветение	уборка
Дождевание	гребни	1,18	1,12	1,21	1,25
	гряды	1,18	1,10	1,20	1,23
По бороздам	гребни	1,20	1,09	1,21	1,21
	гряды	1,19	1,10	1,20	1,21
Капельный	гребни	1,20	1,16	1,23	1,26
	гряды	1,21	1,14	1,22	1,25
НСР ₀₅ способ полива		$F_{\phi} < F_T$	0,03	$F_{\phi} < F_T$	0,04
НСР ₀₅ способ окучивания		$F_{\phi} < F_T$	0,03	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$
НСР ₀₅ для частных различий		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	0,04

Большее уплотнение чернозема южного при капельном орошении, видимо, связано со значительно большим количеством промачивания почвы во время таких поливов – 15-16 раз за вегетацию против 6 раз при поливе дождеванием и 4 раза по бороздам. По этой причине здесь наблюдалось большее уменьшение структурности и водопрочности почвенных агрегатов и, как следствие, увеличение плотности почвы по сравнению с другими способами полива. По этой же причине, из-за самого маленького количества поливов, самая лучшая структура, водопрочность почвенных агрегатов и более рыхлая почва при поливе по бороздам.

Следует отметить, что в течение вегетации способы окучивания не оказали существенного влияния на плотность чернозема южного, но наблюдается тенденция к её уменьшению при посадке картофеля в гряды.

Таким образом, в результате многократного (15-16 раз) полива при капельном орошении картофеля наблюдается ухудшение структуры почвы и снижение водопрочности её агрегатов, что приводит к уплотнению чернозема южного во время вегетации культуры. Самые лучшие физические свойства сохраняет почва при поливе по бороздам, проводимом 4 раза в течение вегетационного периода. Способы окучивания во время всходов картофеля не оказали существенного влияния на физические свойства чернозема южного, но наблюдается тенденция к их лучшему сохранению при посадке картофеля в гряды, чем в гребни.

Способы орошения и окучивания, а также изменения физических свойств почвы во время вегетации оказали существенное влияние на рост, развитие и урожайность картофеля. При посадке картофеля во второй или третьей декаде апреля, в зависимости от времени наступления физической спелости почвы и выпадающих осадков, всходы в среднем за 3 года исследований появлялись одновременно через 18 дней после посадки.

Во всех вариантах опыта фазы бутонизации и цветения также наступали одновременно и имели одинаковую продолжительность: от всходов до бутонизации 46 суток, до цветения 55 суток. После цветения, во время клубнеобразования и до технологической спелости клубней продолжительность вегетации при дождевании с обоими способами окучивания составил 68 суток, при поливе по бороздам и капельном орошении при гребневой посадке картофеля он увеличился до 70, а при посадке в гряды – до 72 суток.

Поэтому в целом вегетационный период картофеля составил соответственно 123, 125 и 127 суток. То есть при поливе по бороздам и капельном орошении и гребневой посадке картофеля вегетационный период картофеля на 2 суток, а при этих же способах полива и посадке картофеля в гряды – на 4 суток продолжительнее, чем при поливе дождеванием, что окажет существенное влияние на ход формирования урожая этой культуры.

В первую очередь способы полива и окучивания оказали влияние на развитие и эффективность работы фотосинтетического аппарата посадок картофеля. Если в фазе бутонизации существенных различий по площади листовой поверхности между вариантами опыта не было, то в фазе цветения и клубнеобразования при обоих способах окучивания достоверно больший листовой индекс имели посадки картофеля при капельном орошении. К полной спелости различия между вариантами опыта были не достоверны, но при капельном поливе наблюдалась тенденция к формированию большей листовой поверхности по сравнению с дождеванием и поливом по бороздам (таблица 29).

Таблица 29 – Влияние способов полива и окучивания на листовой индекс картофеля весеннего срока посадки, $\text{м}^2/\text{м}^2$ (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Фенологическая фаза				ФСР, тыс. $\text{м}^2 \times \text{дн.}/\text{га}$
полива	окучивания	бутонизация	цветение	клубнеобразование	полегание ботвы	
Дождевание	гребни	1,93	2,65	3,09	3,27	2254,7
	гряды	1,94	2,65	3,09	3,36	2365,5
По бороздам	гребни	1,88	2,61	3,12	3,30	2367,7
	гряды	1,92	2,59	3,25	3,40	2416,1
Капельный	гребни	1,91	2,79	3,26	3,35	2497,2
	гряды	1,93	2,83	3,30	3,43	2667,5
НСР ₀₅ способ полива		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,08	0,12	$F_{\phi} < F_{\tau}$	75,3
НСР ₀₅ способ окучивания		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,08	0,13	$F_{\phi} < F_{\tau}$	91,3
НСР ₀₅ для частных различий		$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,11	0,15	$F_{\phi} < F_{\tau}$	115,7

Между способами окучивания картофеля различия при всех вариантах полива были математически не доказуемы, но при поливе по бороздам и капельном поливе наблюдалась тенденция к увеличению этого показателя при формировании гряд.

Тем не менее, математически доказуемо больший фотосинтетический потенциал при обоих способах окучивания имели посадки картофеля при капельном поливе, что обусловлено не только большей площадью листовой поверхности, но

и на 4 дня более продолжительной работой фотосинтетического аппарата. Полив по бороздам имел по этому показателю преимущество по сравнению с поливом дождеванием.

При всех способах полива большой фотосинтетический потенциал формировали посадки в гряды, но при поливе дождеванием и по бороздам эти различия были математически не доказуемы, а при капельном орошении достоверны.

Такие же закономерности по развитию фотосинтетического аппарата посадками картофеля в зависимости от способов полива и окучивания наблюдались во все годы исследований (приложение 17). При этом самые большие темпы роста фотосинтетического потенциала наблюдались от фазы клубнеобразования до полегания ботвы и далее до технологической спелости клубней картофеля.

Способы полива и окучивания оказали существенное влияние не только на площадь фотосинтетического аппарата посадок картофеля, но и на эффективность его работы. При поливе дождеванием и по бороздам в течение всего периода вегетации картофеля чистая продуктивность фотосинтеза больше при его посадке в гряды (приложение 18). При капельном орошении наблюдается тенденция к увеличению чистой продуктивности фотосинтеза при посадке картофеля в гребни, что объясняется существенно меньшим фотосинтетическим потенциалом его посадок при этом способе окучивания, чем при посадке в гряды.

Поэтому, начиная с фазы бутонизации и до технологической спелости клубней, самую большую надземную массу формируют посадки картофеля при капельном поливе и его окучивании в гряды (приложение 19). При этом же способе полива и посадке в гребни вегетативная масса картофеля достоверно меньше, чем при посадке в гряды, но она существенно больше, чем при таком же способе посадки и поливе дождеванием и по бороздам.

Следует отметить, что при всех способах полива большую надземную массу формируют посадки картофеля в гряды, при которых достоверно большую массу в течение всего периода вегетации имеют посадки при капельном орошении. Существенно меньшую вегетативную массу формировали посадки, поливаемые дождеванием и по бороздам, не отличаясь существенно между собой (рисунок 5).

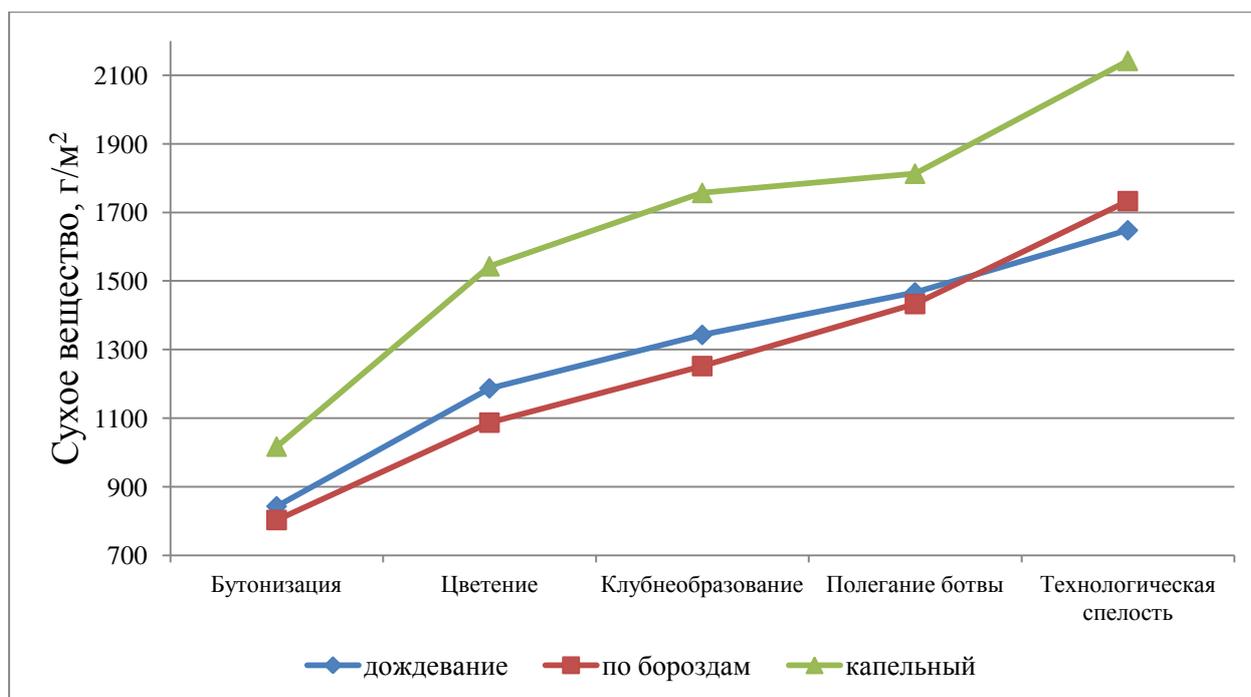


Рисунок 5 – Влияние способов полива на динамику сухой надземной массы растений картофеля весенней посадки в гряды (среднее за 2009–2011 гг.)

Различия посадок картофеля в развитии и эффективности работы фотосинтетического аппарата растений в зависимости от способов полива и окучивания оказали существенное влияние на линейный рост, подземную массу и урожайность картофеля. Самая большая высота растений к технологической спелости клубней картофеля была при капельном орошении и его посадке в гряды и составила 0,82 м. При этом же способе полива и посадке в гребень линейный рост растений был достоверно на 0,07 м меньше.

При поливе дождеванием и по бороздам высота растений в обоих способах посадки существенно меньше, чем при капельном орошении и составила соответственно 0,55 и 0,68 м при посадке в гребни и 0,61 и 0,76 при посадке в гряды. То есть при всех способах полива значительно больший линейный рост имели растения картофеля при посадке в гряды, но самыми высокими они были при таком способе посадки и капельном поливе.

Самую большую массу корней также формировали посадки картофеля в гряды и его капельном поливе – 383 г/м², что достоверно на 78 и 71 г/м² больше, чем при таком же способе посадки и орошении дождеванием и по бороздам (таблица

30). Опять же, при всех способах полива посадка картофеля в гребни приводит к математически доказуемому уменьшению корневой массы растений на 23-29 г/м² по сравнению с посадкой в гряды.

Во всех вариантах опыта большая масса корней (55,8-58,8 %) расположена в верхнем слое почвы 0,0-0,2 м. В ниже лежащем слое 0,2-0,4 м находится 31,9-36,9 % сухой корневой массы. То есть более 90 % корней картофеля при всех способах полива и нарезки гребней находится в слое почвы 0,0-0,4 м, и больше всего – 97,1 % в этом слое сосредоточено при посадке в гряды и капельном орошении, что на 3,3-7,1 % больше, чем при других способах полива и посадки.

Таблица 30 – Влияние способов полива и окучивания на распределение массы корней картофеля в почве, г/м² СВ (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Слой почвы, м			Всего	Отклонение по:	
полива	окучивания	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6		поливу	окучиванию
Дождевание	гребни	164	90	27	282	-	-
	гряды	175	105	25	305	-	23
По бороздам	гребни	169	97	21	287	5	
	гряды	174	115	23	312	7	25
Капельный	гребни	198	126	20	344	62	-
	гряды	214	149	10	373	68	29
НСР ₀₅ способ полива		10	8	5	-	16	-
НСР ₀₅ способ окучивания		12	9	4	-	-	17
НСР ₀₅ для частных различий		15	11	7	21	-	-

Меньшее количество корней в слое почвы 0,0-0,4 м при поливе дождеванием и по бороздам, видимо, обусловлено промачиванием гребней и гряд путем проникновения в них влаги со дна борозды, куда поступает вода во время полива. В то же время верхний слой гребней и гряд промачивается значительно меньше, поэтому корни располагаются в более глубоких слоях почвы (рисунок 4).

При капельном орошении и посадке в гряды почва лучше промачивается у поверхности, так как туда подается вода при таком способе полива. Поэтому при

капельном орошении и посадке в гряды большее количество корней развивается в верхних слоях почвы, и увеличение плотности почвы на дне борозды не оказывает существенного влияния на рост и развитие клубней, так как они расположены выше нижнего уровня нарезки гряд. Такое же происходит и при посадке картофеля в гребни, но в этом случае наблюдается большая потеря влаги за счет испарения с боковых поверхностей, которые в 2 раза больше, чем в грядках, что и приводит к формированию корневой системы глубже от поверхности почвы.

Все это оказывает существенное влияние на формирование клубней, которые, находясь в более рыхлой почве при капельном орошении и посадке в гряды, лучше растут и в среднем за 3 года исследований сформировали самый высокий урожай (таблица 31).

Таблица 31 – 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 ₀₅ способ полива		9,3	1,0	1,1	3,8	3,8	–
НСР ₀₅ способ окучивания		12,3	1,4	1,4	5,0	–	5,0
НСР ₀₅ для частных различий		16,9	1,9	2,0	6,9	–	–

При таком же способе посадки и поливе дождеванием и по бороздам урожайность составила 50,5 и 54,8 т/га, что достоверно меньше, чем при капельном орошении. При всех способах полива посадка картофеля в гребни приводила к снижению урожайности по сравнению с посадкой в гряды. При поливе дождеванием эти различия были существенными, при капельном орошении и поливе по

бороздам математически не доказуемыми, но при обоих способах полива ежегодно наблюдалось превышение урожайности клубней при посадке в гряды. Поэтому такой способ посадки и капельный полив с точки зрения роста, развития и урожайности картофеля следует считать на черноземе обыкновенном лучшим способом посадки и орошения.

Самый высокий урожай клубней при такой посадке и полива получен за счёт большей всхожести и сохранности растений к уборке, большего количества стеблей на растении и массы 1 клубня. При таком же способе посадки картофеля и поливе дождеванием и по бороздам все эти элементы структуры урожая были существенно меньше, что и привело к снижению их урожайности (таблица 32).

Таблица 32 – Влияние способов полива и окучивания на структуру урожая картофеля весеннего срока посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Количество		Клубней на 1 стебле, шт.	Масса 1 клубня, г
полива	окучивания	растений, шт./м ²	стеблей на 1 растении, шт.		
Дождевание	гребни	4,78	4,68	1,84	91,4
	гряды	4,81	4,78	1,90	112,1
По бороздам	гребни	4,80	4,96	1,79	114,8
	гряды	4,84	5,00	1,83	129,9
Капельный	гребни	4,91	5,06	1,96	132,0
	гряды	4,95	5,21	1,93	135,2
НСР ₀₅ способ полива		$F_{\phi} < F_T$	0,16	0,07	2,47
НСР ₀₅ способ окучивания		$F_{\phi} < F_T$	0,20	0,10	3,28
НСР ₀₅ для частных различий		$F_{\phi} < F_T$	0,30	0,13	4,49

При посадке в гребни во всех способах полива они также были меньше, чем при посадке в гряды и капельном орошении. Но при поливе гребней дождеванием и по бороздам различия были достоверными, а при капельном орошении в пределах ошибки опыта. Тем не менее, и математически не доказуемые различия обес-

печили получение более высокой урожайности клубней при посадке в гряды и капельном орошении.

При орошении создаются благоприятные условия по влажности для развития болезнетворных микроорганизмов, что вызывает заболевание растений и поражение клубней, что снижает их товарные качества. В опыте при обоих способах посадки больше всего клубней поражалось фитофторой и паршой обыкновенной при поливе дождеванием – 5,1-5,4 %, при поливе по бороздам и капельном орошении заболевания клубней этими болезнями было существенно меньше – от 3,1 до 4,2 % (приложение 20).

Нестандартных по размеру (менее 50 мм) клубней достоверно больше было при посадке в гребни – 3,4-3,9 против 2,2-2,8 % при посадке в гряды при всех способах полива. Поэтому более высокая товарность клубней была при посадке в гряды, чем в гребни, и самой большой она была при капельном орошении – 94,6 %.

Способы полива и окучивания оказали также существенное влияние на содержание и сбор крахмала. Самое большое его содержание наблюдалось при капельном орошении и посадке в гряды – 19,7 %, немного меньше крахмала было в клубнях, полученных при поливе по бороздам и также посадке в гряды (19,4 %). Во всех остальных вариантах опыта крахмала в клубнях было достоверно меньше и самое низкое его содержание было при поливе дождеванием и посадке в гряды – 17,4 % (приложение 21).

Изученные способы полива и окучивания, расходовавшие разное количество оросительной воды для поддержания влажности почвы в оптимальных параметрах для роста и развития картофеля, и получение разной урожайности оказало существенное влияние на эффективность расходования поливной воды на формирование урожая. Больше всего поливной воды на получение урожая клубней потребовалось при поливе дождеванием и посадке картофеля в гребни – 141 м³/т полученных клубней (таблица 33).

Таблица 33 – Коэффициент водопотребления картофеля весеннего срока посадки при различных способах полива и окучивания (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Отклонение	
полива	окучивания		м ³ /т	%
Дождевание	гребни	141	-	-
	гряды	113	-28	20
По бороздам	гребни	111	-30	21
	гряды	100	-41	29
Капельный	гребни	78	-63	45
	гряды	71	-70	50

При всех остальных способах полива и окучивания расход воды был существенно меньше, и эффективнее всего она расходовалась при капельном орошении и посадке в гряды – всего 71 м³/т, что в 2 раза меньше, чем при дождевании и посадке в гряды.

Самое эффективное использование оросительной воды при капельном поливе и посадке в гряды обусловлено многократной (15-16 раз) дозированной подачей воды под растения картофеля, что создает благоприятные условия для её потребления корневой системой, предотвращает сток с поверхности гряд и существенно уменьшает потери от физического испарения. При поливе дождеванием и по бороздам вода подается на поверхность почвы или по дну открытых борозд и для промачивания корневой системы растений требуются существенно большие поливные нормы, что приводит к непроизводительным потерям воды от стока и физического испарения.

Таким образом, на черноземе южном картофель лучше всего сажать в гряды и поливать капельным орошением, что обеспечивает благоприятные условия для роста, развития растений и получения достоверно большего урожая клубней при самом эффективном расходовании поливной воды на его формирование.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЁМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

4.1. Зяблевая обработка почвы и способы её рыхления перед посадкой

Оптимальной плотностью сложения почвы для роста растений картофеля, образования столонов и формирования клубней является в пределах от 1,00 до 1,25 г/см³ (Шабанов Н.Э. и др., 2016). Такой равновесной плотностью обладают черноземы обыкновенные, на которых проводились исследования (Тарадин С.А., 2019). Но при выращивании картофеля на орошении почвы, в том числе и черноземы обыкновенные, под воздействием поливной воды самоуплотняются, превышая оптимальные параметры плотности для роста и развития картофеля, что приводит к снижению его урожайности. Поэтому в орошаемой земледелии для создания оптимальных условий для роста и развития картофеля в течение всего периода вегетации, особенно во время образования столонов и роста клубней, дважды осенью и весной перед посадкой картофеля проводятся глубокие обработки почвы (Колчина Л. М. 2014-1).

В нашем опыте на черноземе обыкновенном под посадку картофеля проводили осеннюю зяблевую и весеннюю предпосадочную обработки почвы различными орудиями. Установлено, что зяблевая отвальная обработка на глубину 0,28-0,30 м, сплошное безотвальное рыхление чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м без нарезки или с нарезкой гребней не оказывают существенного влияния на плотность слоя почвы 0,0-0,4 м (приложение 22). Осенью через 35-40 дней после обработки (10-15 октября) и весной во время физической спелости почвы плотность всех десятисантиметровых слоев почвы на глубину 0,4 м одинаковая, так как различия между способами обработки математически не доказуемы.

Существенную роль в сохранении плотности почвы в оптимальных параметрах во время вегетации картофеля играет обработка перед его посадкой. Рыхление почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременной нарезкой гребней в фазе цветения и технологической спелости клубней, когда начинается их уборка, обеспечивает достоверно более рыхлое сложение почвы по сравнению

предпосадочным рыхлением чизелем ПЧ-2,5 по всем способам зяблевой обработки почвы (таблица 34.).

Таблица 34 – 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		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$
НСР ₀₅ предпосадочная обработка		0,03	0,04
НСР ₀₅ для частных различий		0,04	0,05

Самая низкая плотность почвы в фазе цветения и технологической спелости клубней картофеля наблюдается при весеннем рыхлении агрегатом АКРУ-2,8 на 0,45 м после осеннего глубокого рыхления чизелем на эту же глубину с нарезкой гребней и составляет 1,22 г/м². Такая плотность почвы находится в пределах оптимальных значений для роста и развития растений и формирования клубней, а также создает благоприятные условия для качественной уборки картофеля.

Следует отметить, что зяблевая обработка почвы не оказала существенного влияния на плотность чернозема обыкновенного и во время вегетации картофеля, так как в фазе цветения и технологической спелости клубней различия между этими вариантами опыта находились в пределах его ошибки.

Аналогичные закономерности наблюдались по всем изучаемым слоям почвы (приложение 23). В фазе цветения различия по плотности в слоях почвы 0,1-

0,2 и 0,2-0,3 м существенно не отличались, так как находились в пределах ошибки опыта. Только в слоях почвы 0,2-0,3 и 0,3-0,4 м при всех способах осенней обработки почвы достоверно меньше она была при предпосадочной обработке агрегатом АКРУ-2,8, в то время как способы осенней обработки почвы на этот показатель влияния не оказали. Во время уборки самыми рыхлыми все изучаемые слои почвы были при осеннем глубоком рыхлении чизелем на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и предпосадочной обработкой агрегатом АКРУ-2,8.

Следует отметить, что в фазе цветения при предпосадочной обработке агрегатом АКРУ-2,8 во всех способах осенней обработки плотность слоя почвы 0,0-0,3 м находится в пределах оптимальных значений для роста и развития картофеля. Только слой 0,3-0,4 м превышает оптимальные значения на 0,02-0,03 г/см³. При предпосадочной обработке почвы чизелем только верхний двадцатисантиметровый слой почвы имеет оптимальное сложение, а слой почвы 0,2-0,3 и, особенно, 0,3-0,4 м к фазе цветения уплотняется до 1,36-1,37 г/см³, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений картофеля.

К технологической спелости все изучаемые слои почвы при её обработке чизелем переуплотняются при всех способах осенней обработки почвы, особенно при вспашке и рыхлении чизелем без нарезки гребней, что затрудняет механизированную уборку и приводит к потере и засорению клубней комками почвы. При обработке почвы агрегатом АКРУ-2,8 к уборке верхний тридцатисантиметровый слой почвы остается рыхлым, а ниже лежащий слой 0,3-0,4 м уплотняется до 1,27-1,29 г/см³, что достоверно на 0,07-0,12 г/см³ меньше, чем при обработке чизелем. При этом следует отметить, что самая низкая плотность слоя почвы 0,0-0,3 м при осенней обработке чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и предпосадочной обработке почвы агрегатом АКРУ-2,8 с одновременной нарезкой гребней и составляет 1,19–1,21 г/см³, что создает благоприятные условия для качественной уборки урожая.

Посадка картофеля производится в создаваемый при обработке почвы гребень, поэтому очень важно создать в нём оптимальные по плотности почвы условия для роста и развития растений картофеля и формирования клубней. В нашем

опыте во время технологической спелости клубней картофеля самая низкая плотность почвы в гребне, соответствующая оптимальной для роста растений и формирования клубней, складывается при осенней обработке чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и предпосадочной обработке почвы агрегатом АКРУ-2,8 на ту же глубину с одновременной нарезкой гребней (рисунок 6).

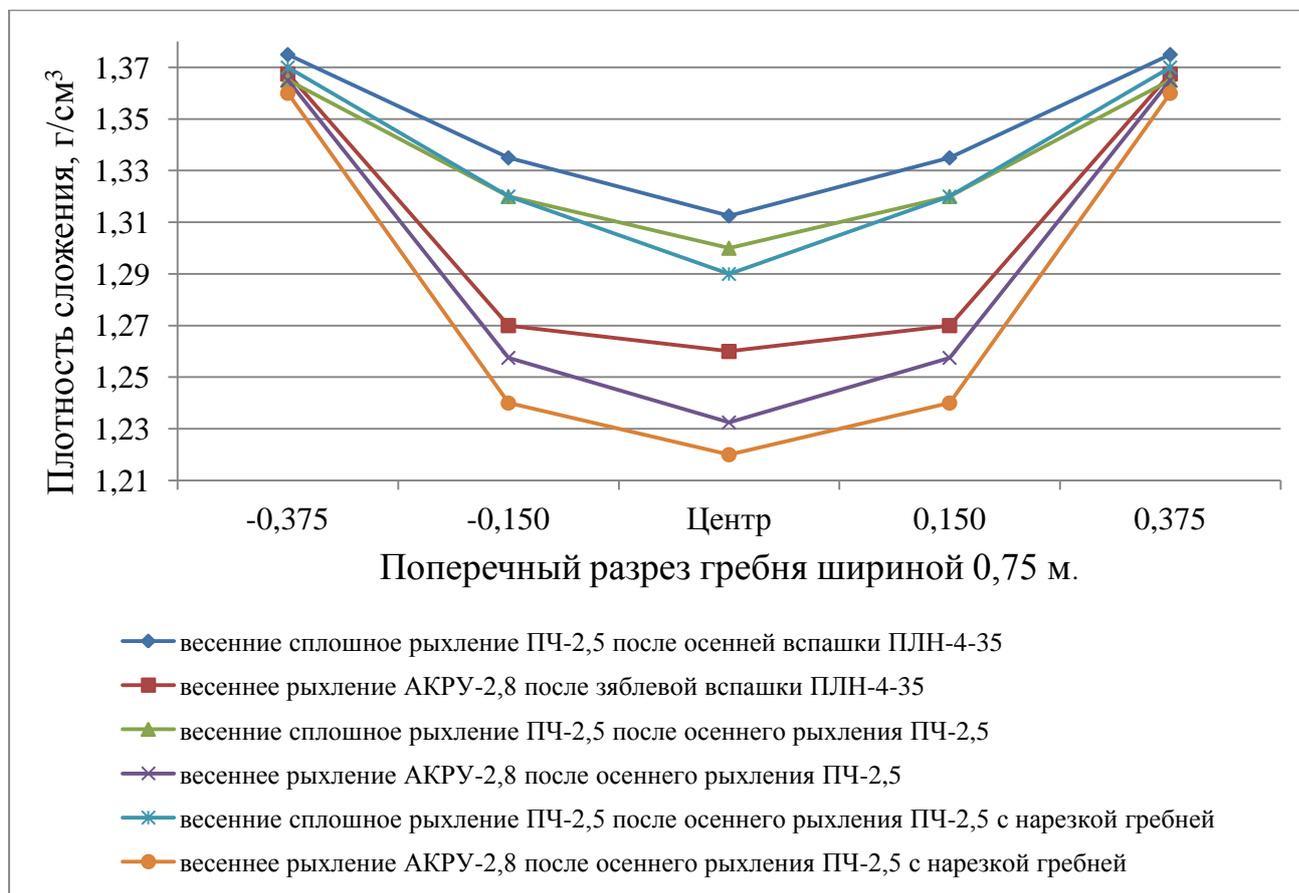


Рисунок 6 – Влияние зяблевой и предпосадочной обработки на плотность почвы в поперечном сечении гребня во время технологической спелости картофеля, г/см³ (среднее за 2014–2016 гг.)

В середине гребня плотность сложения чернозема обыкновенного составляет 1,22 г/см³, на 0,15 м влево и вправо от середины она незначительно больше – 1,24 г/см³ и только на дне борозды плотность увеличилась до 1,36 г/см³, что тем не менее, хоть математически и не доказуемо, но меньше, чем при всех других способах подготовки почвы к посадке картофеля (приложение 24). Во всех остальных вариантах опыта плотность почвы, особенно на дне борозды, существенно больше, что отрицательно сказывается на росте и развитии растений картофе-

ля. Особенно сильно в гребне уплотняется почва после зяблевой вспашки на глубину 0,28-0,30 м и весеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м – до 1,31 г/см³ в середине гребня и 1,38 г/см³ на дне борозды, что существенно больше оптимального диапазона плотности почвы для этой культуры.

Таким образом, оптимальная плотность чернозема обыкновенного для роста, развития и формирования клубней картофеля весенней посадки наблюдается при основной осенней обработке чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и предпосадочной обработке почвы агрегатом АКРУ-2,8 на ту же глубину с одновременной нарезкой гребней. Весенняя обработка почвы этим же агрегатом после зяблевой вспашки и осеннем рыхлении чизелем приводит к повышению плотности почвы выше оптимальной для роста растений. Достоверно самая большая плотность почвы в течение вегетации картофеля по всем способам осенней обработки наблюдается при весеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,18-0,20 м. Все это оказывает существенное влияние на рост и развитие картофеля весенней посадки.

Чрезмерная плотность почвы после всех способов зяблевой обработки и сплошном весеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,18-0,20 м без нарезки гребней приводит к существенному снижению площади листовой поверхности посадок картофеля по сравнению с предпосадочным рыхлением АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней (приложение 25).

При предпосадочным рыхлением АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней самый большой листовой индекс посадок картофеля в течение всего периода вегетации наблюдается после осеннего рыхления почвы чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней (рисунок 7). Осеннее рыхление этим же орудием, но без нарезки гребней приводит к достоверному снижению этого показателя и самая маленькая листовая поверхность после осенней отвальной вспашки на глубину 0,28-0,30 м.

Большая листовая поверхность посадок картофеля при осеннем рыхлении почвы чизелем на глубину 0,45 м без нарезки и с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8 обеспечила этим способам подготовки почвы и са-

мый большой фотосинтетический потенциал посевов – 2,35 и 2,44 млн. м²/га·сут., который существенно не отличается между собой, но достоверно на 0,18-0,51 млн. м²/га·сут. больше, чем при других способах подготовки почвы для весенней посадки картофеля на черноземе обыкновенном.

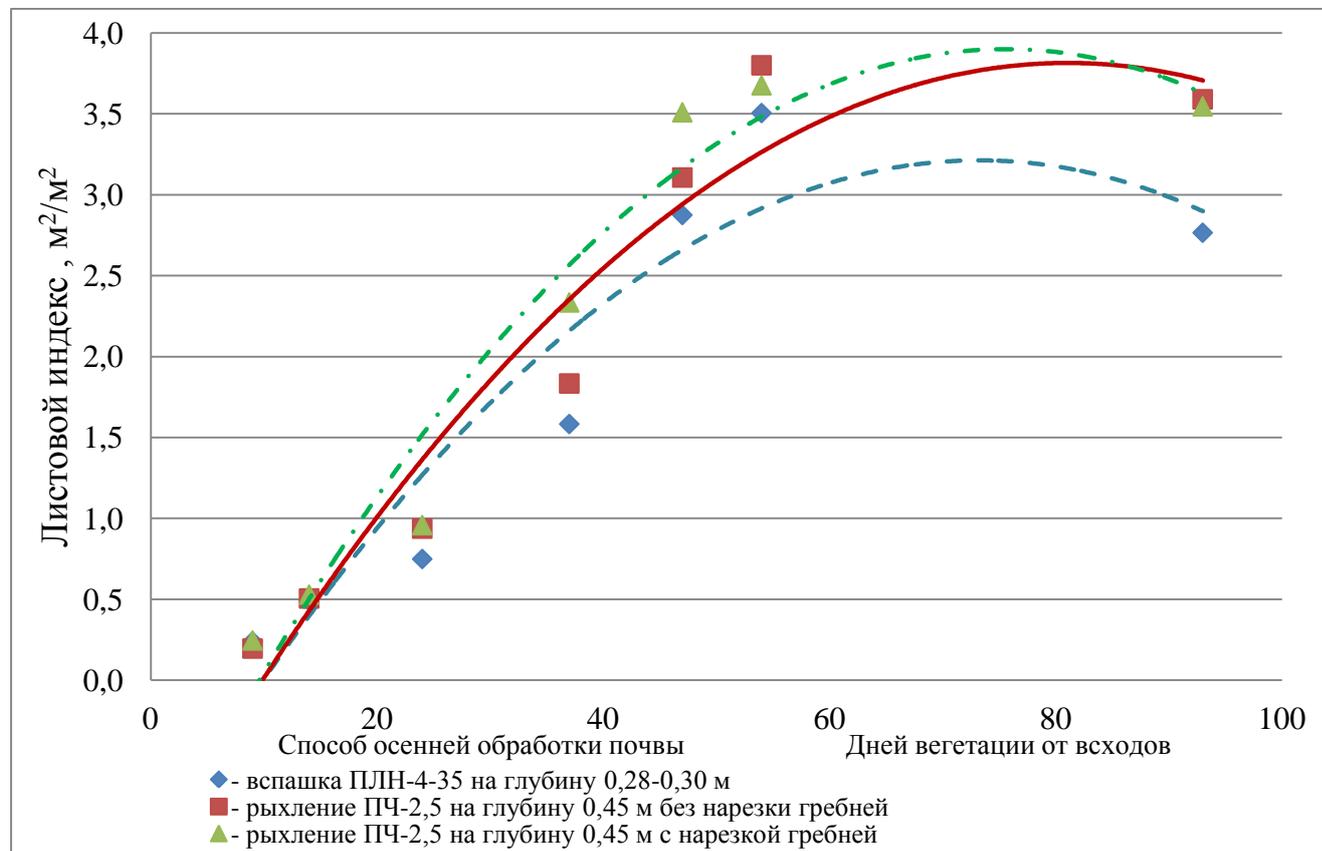


Рисунок 7 – Влияние способов зяблевой обработки почвы на динамику нарастания листовой поверхности посадками картофеля при весеннем рыхлении почвы АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней (среднее за 2014–2016 гг.)

Следует отметить, что самый большой фотосинтетический потенциал посадок картофеля при осеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м без нарезки и с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8, кроме площади листовой поверхности, обусловлен также более продолжительным вегетационным периодом от появления всходов до технологической спелости клубней – 92 дня, тогда при всех других способах подготовки почвы он составил 90 дней (Новиков А.А., 2021-1). Увеличение продолжительности вегетационного периода в первом случае связано с меньшей плотностью почвы, обеспечившей более благоприятные условия для роста и развития растений.

В этих же вариантах опыта в среднем за годы исследований наблюдаются и самые большие темпы роста сухой надземной массы растений картофеля во все фенологические фазы роста и развития культуры. Не отличаясь существенно между собой с небольшим преимуществом при осеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8 против такой же обработки, но без осенней нарезки гребней, оба варианта достоверно превышали все остальные способы подготовки почвы (приложение 26).

Аналогичная закономерность наблюдалась и по динамике нарастания массы клубней – самой большой она была при осеннем рыхлении чизелем с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8, (Новиков А.А., 2022-2) немного меньше она была при такой же обработке почвы, но без осенней нарезки гребней, и достоверно меньше во всех других способах подготовки почвы (таблица 35).

Таблица 35 – Влияние основной зяблевой и весенней обработки почвы на динамику массы клубней картофеля, г/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	58	210	348	1254
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	59	228	391	1374
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	90	273	397	1314
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	108	328	486	1572
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	97	298	442	1428
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	111	333	503	1604
НСР ₀₅ зяблевая обработка		6	15	22	65
НСР ₀₅ предпосадочная обработка		5	12	19	58
НСР ₀₅ для частных различий		8	19	29	73

Большие темпы роста сухой надземной массы и массы клубней объясняются большей площадью фотосинтетической поверхности растений, синтезирующей и больше органического вещества. Между этими показателями наблюдается тесная корреляционная зависимость: коэффициент корреляции (r) сухой надземной массы с листовым индексом посадок картофеля составляет 0,772, зависимость массы клубней с этим показателем ещё более тесная – $r = 0,835$.

Кроме площади фотосинтетического аппарата растений, большую роль в увеличении надземной массы и массы клубней играла и эффективность его работы. При осеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м без нарезки и с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8 чистая продуктивность фотосинтеза в среднем за вегетационный период составила 9,69 и 9,67 г/м²·сутки, тогда как при зяблевой вспашке плугом на глубину 0,28-0,30 см и весеннем рыхлении чизелем на эту же глубину она была достоверно меньше – 8,36 г/м²·сутки, при остальных способах обработки почвы этот показатель находился в пределах от 8,91 до 9,25 г/м²·сутки.

То есть, более благоприятные условия по плотности почвы, сложившиеся при осеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней и весенней обработкой агрегатом АКРУ-2,8 на эту же глубину, обеспечили формирование более развитого и эффективно работающего фотосинтетического аппарата, надземной массы и массы клубней. По этой причине в этом варианте опыта в среднем за годы исследований получена и самая высокая урожайность клубней – 61,7 т/га. При таком же способе подготовки почвы, но без осенней нарезки гребней урожайность была немного ниже (60,8 т/га), во всех других вариантах опыта она была достоверно меньше и находилась в пределах от 49,1 до 55,2 т/га (таблица 36).

Следует отметить, что при всех способах осенней обработки почвы и весеннем рыхлении чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,28-0,30 м урожайность клубней картофеля составила 49,1-55,2 т/га, что математически доказуемо на 4,8-6,7 т/га, или на 8,9-11,0 % меньше по сравнению с урожайностью при весенней обработке разработанным нами агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с нарезкой гребней. Са-

мая низкая урожайность получена при зяблевой и весенней обработке почвы на глубину 0,28-0,30 м – 49,1 т/га. Поэтому можно заключить, что на черноземе обыкновенном проведение зяблевой обработки и весеннего рыхления на глубину 0,28-0,30 м приводит к достоверному снижению урожайности картофеля по сравнению с обработками почвы на глубину 0,45 м. (Новиков А.А., 2020-4).

Таблица 36 – Влияние основной зяблевой и весенней обработки почвы на урожайность картофеля весенней посадки, т/га (среднее за 2014-2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Год				Прибавка от обработки	
		2014	2015	2016	среднее	осенью	весной
Вспашка ПЛН-4-35, 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	50,4	48,7	48,2	49,1	-	-
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	51,9	54,7	54,8	53,8	-	4,7
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	53,0	53,8	55,5	54,1	5,0	-
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	59,7	61,2	61,5	60,8	7,0	6,7
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	54,7	56,1	54,8	55,2	6,1	-
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	62,5	60,1	62,5	61,7	7,9	6,5
НСР ₀₅ зяблевая обработка		1,7	3,1	1,4	2,1	-	-
НСР ₀₅ предпосадочная обработка		2,3	4,2	1,9	2,8	-	-
НСР ₀₅ для частных различий		2,4	4,3	1,9	2,9	-	-

Таким образом оптимальная плотность чернозема обыкновенного для роста и развития картофеля складывается 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, что обеспечивает формирование наиболее развитого фотосинтетического аппарата, надземной массы и получение самого высокого урожая клубней. Уменьшение глубины осенней и весенней обработки до 0,28-0,30 м приводит к чрезмерному уплот-

нению чернозема обыкновенного, уменьшению площади листовой поверхности растений, снижению их наземной массы и достоверному снижению урожайности.

4.2. Направление весенней и летней посадки

Многими исследователями установлено, что на рост, развитие и урожайность картофеля большое влияние оказывает направление посадки культуры по частям света (Байрамбеков Ш.Б., 2008; Доброхотов С., 2017; Горбунов А.К. и др., 2017). В нашем опыте на черноземе обыкновенном существенно более высокие температуры почвы в гребне во время посадки и до появления всходов при посадке с севера на юг и с востока на запад наблюдались при летнем сроке посадки (таблица 37).

Таблица 37 – Влияние срока и направления посадки картофеля на температуру почвы в гребне, °С в слое 0,0-0,3 м (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Время определения		
		следующий день после посадки	через 10 дней после посадки	полные всходы
Весенний	север – юг	14,6	16,4	18,3
	восток – запад	15,7	18,5	21,0
Летний	север – юг	22,8	24,1	25,8
	восток – запад	26,5	28,1	29,2
НСР ₀₅ срок посадки		2,2	2,3	2,6
НСР ₀₅ направление посадки		1,1	1,2	1,5
НСР ₀₅ для частных различий		1,2	1,4	1,6

По направлению посадки более высокие температуры почвы в слое 0,3 м при обоих сроках были при посадке восток-запад – достоверно на 1,1-2,1 °С больше при весенней и на 3,4-4,0 °С при летней посадке, чем по направлению с севера на юг. Это обусловлено более сильному их нагреванию при расположении гребней с востока на запад, когда в полуденные часы гряды располагаются поперек направления солнца, тогда как при размещении с севера на юг они в это время находятся вдоль направления свечения солнца.

Следует отметить, что при летней посадке в середине июня с востока на за-

пад средняя температура почвы в грядках выше оптимальных значений для роста и развития картофеля, а на глубине 10 см она составляет 32,3 °С (приложение 27). На юге же России самыми жаркими являются июль и август месяцы, что приводит к ещё большему нагреванию и повышению температуры почвы в гребнях во время вегетации картофеля летней посадки. Поэтому растения картофеля при таком направлении летней посадки от момента появления всходов и в течение всего периода вегетации произрастают в условиях чрезмерно высоких температур воздуха и почвы, чем при посадке с севера на юг.

При весенней посадке с востока на запад увеличение температуры воздуха и почвы способствует лучшему её прогреванию, что оказывает положительное влияние на рост и развитие растений в течение всей вегетации по сравнению с посадкой с севера на юг.

Поэтому в среднем за годы исследований при весеннем сроке посадки увеличение температуры воздуха и почвы при посеве с востока на запад способствует увеличению полевой всхожести посадочного материала, формированию достоверно большего количества стеблей на растениях и увеличению их линейного роста, а также существенному уменьшению вегетационного периода (таблица 38).

Таблица 38 – 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 для частных различий		6,5	0,8	0,10	5,9

При летней посадке, наоборот, увеличение температуры почвы и воздуха и почвы выше оптимальных значений приводит к существенному снижению полевой всхожести на 3,0 %, количества стеблей на 1,0 шт./м², высоты растений на 0,1 м и сокращению периода вегетации на 5 дней. При этом полевая всхожесть, количество стеблей и линейный рост растений при весенней посадке с востока на запад и летней посадке с севера на юг практически одинаковые, так как различия находятся в пределах ошибки опыта. Такое же наблюдается при весенней посадке с севера на юг и летней посадке с востока на запад.

Сроки и направления посадки картофеля оказали также существенное влияние на развитие фотосинтетического аппарата растений. В среднем за годы исследований большую площадь листьев в течение вегетации формировали весенние посадки с востока на запад и летние с севера на юг. Не отличаясь существенно между собой, они достоверно превышали по этому показателю весенние посадки с севера на юг и летние с востока на запад (таблица 39).

Таблица 39 – Влияние срока и направления посадки на листовой индекс и фотосинтетический потенциал картофеля на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Листовой индекс, м ² /м ²				ФСП, тыс. м ² ×дн./га
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы	
Весенний	север – юг	2,54	2,98	3,34	2,82	1366
	восток – запад	2,68	2,98	3,46	3,01	1476
Летний	север – юг	2,65	3,05	3,19	2,95	1587
	восток – запад	2,43	2,95	3,13	2,79	1257
НСР ₀₅ срок посадки		0,08	0,18	0,18	0,09	71
НСР ₀₅ направление посадки		0,11	0,24	0,24	0,12	82
НСР ₀₅ для частных различий		0,14	0,32	0,33	0,16	114

Аналогичное наблюдалось и по фотосинтетическому потенциалу посадок картофеля, который при значительно меньшем периоде вегетации при летней посадке с севера на юг составил 1587 тыс. м²×дн./га, что немного больше весенней

посадки с востока на запад и достоверно больше остальных сроков и направлений посадки.

Площадь фотосинтетического аппарата посадок картофеля и эффективность его работы в зависимости от метеорологических условий оказали существенное влияние на динамику нарастания надземной и подземной массы растений. В среднем за 3 года исследований в течение всего вегетационного периода достоверно большую надземную вегетативную массу имели весенние посадки картофеля с востока на запад и летние с севера на юг, не отличаясь существенно между собой (приложение 28). Надземная масса растений весенней посадки с севера на юг и летние посадки с востока на запад была значительно меньше.

Аналогичная закономерность наблюдается и по динамике нарастания массы клубней, когда большая площадь листовой поверхности и вегетативной массы обеспечили достоверно большую массу клубней (таблица 40).

Таблица 40 – Влияние срока и направления посадки на динамику массы клубней картофеля, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
Весенний	север – юг	82	308	507	1340
	восток – запад	86	324	533	1400
Летний	север – юг	89	331	544	1430
	восток – запад	81	306	504	1310
НСР ₀₅ срок посадки		4	13	22	71
НСР ₀₅ направление посадки		7	27	44	51
НСР ₀₅ для частных различий		5	19	31	67

То есть, чем больше листовой индекс и надземная масса растений, тем большую массу клубней они формируют в течение всего вегетационного периода роста и развития культуры. Коэффициент корреляции массы клубней от листового индекса составил 0,823. Зависимость массы клубней от надземной вегетативной массы растений была ещё теснее – $r = 0,911$.

Следует отметить, что при всех сроках и направлениях посадки клубни начали образовываться в фазе бутонизации. К фазе цветения и клубнеобразования темпы прироста увеличивались и самыми большими они были после фазы клубнеобразования и до полегания и увядания ботвы, когда накопленные в листьях и стеблях картофеля питательные вещества поступали в формирующиеся клубни, чем и увеличили темпы их прироста.

Все это сказалось на урожайности картофеля, которая во все годы исследований самой большой была при весенней посадке с востока на запад и летней посадке с севера на юг, существенно превышая остальные сроки и способы посадки и не отличаясь достоверно между собой (таблица 41).

Таблица 41 – Влияние срока и направления посадки на урожайность картофеля на черноземе обыкновенном, т/га (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Год				Прибавка от:	
		2015	2016	2017	Среднее	срока посадки	направления посадки
Весенний	север – юг	51,4	52,4	53,2	52,3	-	-
	восток – запад	53,9	55,6	54,2	54,6	-	2,3
Летний	север – юг	56,4	56,1	54,7	55,7	3,4	-
	восток – запад	49,7	52,1	51,6	51,1	-3,5	-4,6
НСР ₀₅ срок посадки		1,4	1,3	1,8	-	1,5	-
НСР ₀₅ направление посадки		1,9	1,7	2,1	-	-	1,8
НСР ₀₅ частных различий		2,5	2,3	2,6	2,4	-	-

Таким образом, на черноземе обыкновенном лучшим направлением весенней посадки картофеля является восток-запад, а летней посадки с севера на юг. (Новиков А.А., 2022-1) В первом случае гребни располагаются поперек направления солнца и весной лучше прогреваются, во втором гряды направлены вдоль направления свечения солнца, что снижает температуру их нагрева при летней посадке. В обоих случаях температура почвы в грядках находится в пределах оптимальных значений для роста растений, что обеспечивает хорошую полевую всхожесть посаженных клубней, лучшее развитие фотосинтетического аппарата рас-

тений, вегетативной массы и формирование значительно большей урожайности картофеля, чем при посадке весной с севера на юг и летом с востока на запад.

4.3. Режим орошения дождеванием

В орошаемом земледелии важную роль играет количество расходуемой поливной воды на единицу получаемой продукции, что оказывает существенное влияние на её себестоимость (Малышевич Б.Н., 2010). Уменьшить расход орошаемой воды можно путем увеличения урожайности, для чего необходимо разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологические приемы возделывания сельскохозяйственных культур, или подбором режима орошения, адаптированного к почвенным и климатическим условиям, при котором количество используемой воды уменьшается в большей степени, чем урожайность, и таким образом достигается экономия поливной воды.

На юге России в орошаемом овощеводстве основным способом полива является дождевание, поэтому нами проведены исследования по возможности и эффективности снижения оросительной и поливной нормы при таком орошении картофеля Жуковский ранний на обыкновенном черноземе. В сравнении с рекомендованной научными учреждениями поливной – 450 и оросительной – 3000 м³/га (1,0 *m*) нормами полива картофеля весенней посадки (Иванов А.Л. и др., 2009) изучали эффективность их увеличения на 20 % (1,2 *m*) и возможность снижения на 20 и 40 % – 0,8 *m* и 0,6 *m*. Продолжительность поливного сезона во всех вариантах опыта составила 71 сутки, кратность поливов – 6,66 шт. Для определения прибавки урожая от орошения в одном варианте картофель не поливали.

Для получения раннего картофеля его посадку производили при температуре почвы 8 °С, что по календарным срокам в годы исследований приходилось на 14-16 апреля. Посадка пророщенными клубнями позволяла получать всходы уже на 15-16-е сутки после посадки.

Поливная и оросительные нормы оказали существенное влияние на продолжительность вегетационного периода раннего картофеля. Самым продолжительным он был при увеличенной поливной норме 1,2 *m* и составила 79 дней.

Снижение поливной нормы на 0,2 *m* приводило к сокращению периода вегетации на 2 дня. Поэтому вегетационный период при поливе рекомендованной нормой 1,0 *m* составил 77 дней, 0,8 *m* – 75 и 0,6 *m* – 73 дня. Без полива картофель созревал за 71 день. Уменьшение продолжительности вегетации при снижении поливной нормы происходило из-за постепенного сокращения всех межфазных периодов, начиная с фазы бутонизации, на 1-2 дня.

Под влиянием водообеспеченности изменялись также морфологические показатели растений картофеля. Линейный рост растений начинал существенно различаться уже в фазе 7-9 листьев картофеля. Самыми высокими были растения при увеличенной на 20 % поливной норме – 0,41 м, самыми низкорослыми при выращивании картофеля без полива – 0,28 м. То есть, по мере уменьшения поливной нормы высота растений снижалась на 0,02-0,04 м (таблица 42).

Таблица 42 – Влияние режима орошения на высоту растений картофеля весенней посадки, м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
			7-9 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
м ³ /га	доля от расчётной						
450	1 <i>m</i>	3000	0,38	0,51	0,59	0,69	0,65
540	1,2 <i>m</i>	3600	0,41	0,55	0,61	0,74	0,69
360	0,8 <i>m</i>	2400	0,36	0,45	0,48	0,63	0,61
270	0,6 <i>m</i>	1800	0,32	0,41	0,45	0,59	0,55
Без орошения			0,28	0,34	0,38	0,48	0,43
НСР ₀₅			0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

Такие же закономерности по высоте растений наблюдались в течение всего периода вегетации, достигнув наибольшего линейного роста в фазе клубнеобразования. Опять же самые высокие растения – 0,74 м были при увеличенной поливной норме, по мере её снижения высота достоверно уменьшалась на 0,04-0,06 м и самыми низкорослыми были посадки картофеля, выращенные без полива – 0,59 м. Установлена прямая тесная связь высоты растений с поливной нормой (*x*), кото-

рая описывается уравнением регрессии: $Y_h = 0,251x + 0,471$, при коэффициенте детерминации $d_{yx} = 98 \%$.

Аналогичная ситуация складывалась и по развитию фотосинтетического аппарата растений картофеля. В среднем за 3 года исследований самый большой листовой индекс посадок картофеля наблюдался при повышенной норме полива $540 \text{ м}^3/\text{га}$. По мере снижения поливной нормы до 450, 360 и $270 \text{ м}^3/\text{га}$ площадь листовой поверхности снижалась и самой маленькой она была при выращивании картофеля без орошения (таблица 43).

Таблица 43 – Влияние режима орошения на листовой индекс и фотосинтетический потенциал весенних посадок картофеля (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Листовой индекс, $\text{м}^2/\text{м}^2$				ФСЦ, тыс. $\text{м}^2 \times \text{дн.}/\text{га}$
			бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы	
$\text{м}^3/\text{га}$	доля от расчётной						
450	1 <i>m</i>	3000	2,16	2,74	2,97	2,74	2223
540	1,2 <i>m</i>	3600	2,33	3,01	3,09	2,95	2436
360	0,8 <i>m</i>	2400	2,09	2,74	2,88	2,67	2154
270	0,6 <i>m</i>	1800	2,08	2,70	2,70	2,45	2089
Без орошения			1,51	1,98	1,89	1,89	1539
НСР ₀₅			0,08	0,09	0,10	0,09	118

Установлена прямая тесная корреляционная связь индекса листовой поверхности посадок картофеля с поливной нормой (x), которая описывается уравнением регрессии: $Y_s = 1,008x + 1,986$ при коэффициенте детерминации $d_{yx} = 92 \%$.

Следует отметить, что при большем листовом индексе при поливе рекомендованной нормой $450 \text{ м}^3/\text{га}$ (1 *m*), чем при сниженной на 20 % нормой в $360 \text{ м}^3/\text{га}$ (0,8 *m*) различия между ними в течение всей вегетации были не существенными, так как находились в пределах ошибки опыта. Такое же наблюдается и по фотосинтетическому потенциалу посадок картофеля при этих нормах полива.

Благодаря большей листовой поверхности и самому продолжительному периоду вегетации самой большой фотосинтетический потенциал был у посадок картофеля, поливаемых повышенной нормой – 2436 тыс. м²·дн./га. По мере снижения поливной и оросительной нормы этот показатель уменьшался и самым маленьким он был у неорошаемого картофеля – 1539 тыс. м²·дн./га (Новиков А.А., 2020-1).

Площадь листовой поверхности и условия произрастания, которые зависели от режима орошения, оказали существенное влияние на динамику нарастания надземной и подземной массы растений картофеля. В среднем за 2015-2017 гг. динамика нарастания надземной массы растений при рекомендованной и повышенной норме полива была одинаковой, так как различия были математически не доказуемы (приложение 29). По мере снижения нормы полива до 0,8 т и 0,6 т вегетативная масса растений достоверно снижалась и самой маленькой – в 2-3 раза меньше она была у неорошаемого картофеля.

При всех изучаемых поливных и оросительных нормах клубни у картофеля начали образовываться в фазе бутонизации растений, тогда как у неорошаемого картофеля они начали формироваться только в фазе цветения, и в дальнейшем существенно в 2,5-3,0 раза уступали поливному картофелю (таблица 44).

Таблица 44 – Влияние режима орошения на массу клубней посадок картофеля на черноземе обыкновенном, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
			5-7 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
м ³ /га	доля от расчётной						
450	1 т	3000	0	3	302	604	1511
540	1,2 т	3600	0	3	288	576	1440
360	0,8 т	2400	0	3	288	576	1440
270	0,6 т	1800	0	2	224	448	1120
Без орошения			0	0	88	176	440
НСР ₀₅			-	-	15	25	78

Начиная с фазы цветения большую массу клубней имели посадки картофе-

ля, поливаемые рекомендованными нормами полива и орошения (1,0 *m*), а с фазы клубнеобразования и до технологической спелости клубней это преимущество было математически доказуемым. Снижение массы клубней и вегетативной массы при повышенной на 20 % поливной и оросительной норме (1,2 *m*) по сравнению с рекомендованной нормой полива обусловлено повышенной влажностью воздуха и почвы, что вызывало заболевание растений и клубней различными болезнями, основной из которых была фитофтора.

Следует отметить, что при поливе сниженной на 20 % нормой полива и орошения (0,8 *m*) масса клубней в течение всего периода вегетации была одинаковой с посадками, поливаемыми повышенными нормами (1,2 *m*), а к технологической спелости клубней различия по сравнению с рекомендованной нормой (1,0 *m*) были в пределах ошибки опыта и составляли всего 3,4 %. Только полив со сниженной на 40 % нормой (0,6 *m*) приводил к достоверному снижению массы клубней в течение вегетации по сравнению с рекомендованной (1,0 *m*) нормой полива и орошения.

Поэтому 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, так как её уменьшение на 2,8 т/га математически не доказуемо (таблица 45).

Таблица 45 – Влияние режима орошения на урожайность картофеля весенней посадки на черноземе обыкновенном, т/га (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Год				Прибавка	
м ³ /га	доля от расчётной		2015	2016	2017	среднее	т/га	%
450	1 <i>m</i>	3000	57,7	58,1	60,7	58,8	0	0
540	1,2 <i>m</i>	3600	55,4	56,1	56,4	55,9	-2,8	-4,8
360	0,8 <i>m</i>	2400	52,2	52,0	55,2	53,1	-5,7	-9,7
270	0,6 <i>m</i>	1800	41,3	45,2	44,6	43,7	-15,1	-25,6
Без орошения			13,9	18,2	19,4	17,2	-41,6	-70,8
НСР ₀₅			4,7	3,3	2,8	3,5	-	-

Полив сниженными на 20 % нормами (0,8 *m*) приводил к ежегодному достоверному снижению урожайности картофеля, составив в среднем за годы исследований 53,1 т/га, что существенно на 5,7 т/га меньше, чем при поливе рекомендованными нормами. Ещё ниже урожайность при сниженной на 40 % норме полива – 43,7 т/га и самой маленькой она при возделывании картофеля без орошения – 17,2 т/га, что в 3,4 раза меньше, чем при поливе рекомендованными нормами.

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 свидетельствуют расчеты водопотребления и расхода поливной воды на формирование урожая картофеля в зависимости от норм полива и орошения. Самое большое суммарное водопотребление 4938 м³/га наблюдается при повышенной на 20 % поливной и оросительной норме (1,2 *m*), при этом оросительная вода составляет 72,9 % от общего расхода воды (таблица 46).

По мере уменьшения оросительной нормы увеличивается потребление воды из почвы и её доля в суммарном водопотреблении увеличивается до 43,4 % при поливе сниженной на 40 % (0,6 *m*) оросительной норме, и больше всех её поступило при выращивании картофеля без орошения – 1947 м³/га. Объяснить такое явление можно тем, что при меньшем поступлении наиболее доступной для растений поливной воды при снижении оросительной нормы они её недостаток компенсируют большим потреблением из почвы, и чем меньше поступает поливной воды, тем больше растения потребляют её из почвы.

Таблица 46 – Влияние режима орошения на суммарное водопотребление картофеля весенней посадки на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма	Поступление воды						Суммарное водопотребление, м ³ /га	Отклонение
	из почвы		орошение		осадки			
	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%		
1,0 <i>m</i>	1375	28,9	3000	63,0	385	8,1	4760	-
1,2 <i>m</i>	954	19,3	3600	72,9	385	7,8	4938	+178
0,8 <i>m</i>	1477	34,7	2400	56,3	385	9,0	4262	-498
0,6 <i>m</i>	1676	43,4	1800	46,6	385	10,0	3860	-900
Без орошения	1947	83,5	0	0,0	385	16,5	2332	-2428

По мере уменьшения суммарного водопотребления уменьшалось и среднесуточное потребление общей воды с 62,5 м³/га сутки при повышенной на 20 % норме полива (1,2 *m*) до 52,9 м³/га сутки при сниженной на 40 % оросительной норме (0,6 *m*). Происходило это несмотря на то, что при более высоких оросительных нормах продолжительность периода вегетации картофеля был на 4-6 дней продолжительнее, чем при низких нормах полива (таблица 47).

Таблица 47 – 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	Суточное потребление воды, м ³ /га·сут.	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Получено клубней на 1000 м ³ поливной воды, т/га
м ³ /га	доля от расчётной				
450	1 <i>m</i>	3000	61,8	81,0	19,6
540	1,2 <i>m</i>	3600	62,5	88,3	15,5
360	0,8 <i>m</i>	2400	56,8	80,3	22,1
270	0,6 <i>m</i>	1800	52,9	88,3	24,3
Без орошения			32,8	135,6	-

Самый большой расход общей влаги на формирование 1 т клубней наблюдается при повышенной на 20 % (1,2 *m*) и сниженной на 40 % (0,6 *m*) нормах орошения – 88,3 м³/т. В первом случае это связано с недобром урожая из-за пораже-

ния растений и клубней болезнями, что произошло из-за чрезмерной влажности почвы и воздуха в приземном слое; во втором – из-за сильного снижения урожайности картофеля, вызванного недостатком воды для формирования более высокого урожая.

Снижение оросительной нормы на 20 и 40 % (0,8 и 0,6 *m*) обеспечивает получение на 1000 м³ поливной воды 22,1 и 24,3 т/га клубней, что существенно больше, чем при повышенной и рекомендованной нормах орошения (1,2 и 1,0 *m*), где этот показатель составляет соответственно 15,5 и 19,6 т/га.

То есть при дефиците водных ресурсов возможно снижение оросительной нормы на 20 %, что приводит к снижению урожайности картофеля на 9,7 %, но существенно увеличивает эффективность использования оросительной воды. При остром дефиците водных ресурсов из-за изменения климата, обмеления водных источников, организационных и других причин, оросительную норму можно снизить на 40 % и получить 43,7 т/га клубней, что в 2,5 раза больше, чем при выращивании картофеля без орошения.

Таким образом, полив картофеля повышенной на 20 % оросительной нормой (1,2 *m*) обеспечивает формирование растениями самого развитого фотосинтетического аппарата, большей вегетативной массы, но урожайность клубней снижается по сравнению с рекомендованной оросительной нормой (1,0 *m*) из-за поражения растений и клубней болезнями, вызванными чрезмерным увлажнением почвы и воздуха в приземном слое. Снижение на 20 % поливной и оросительной нормы полива (0,8 *m*) приводит к математически не доказуемому снижению листовой поверхности и надземной массы растений, чем при рекомендованной норме полива, и, несмотря на снижение урожайности клубней на 9,7 %, обеспечивается более эффективное использование оросительной воды. Снижение оросительной нормы на 40 % (0,6 *m*) приводит к существенному снижению урожайности картофеля по сравнению с более высокими нормами полива, но она в 2,5 раза больше, чем при выращивании картофеля без орошения.

5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА СВЕТЛО–КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ

5.1. Режим орошения при поливе дождеванием

На юге России в зоне расположения светло-каштановых почв климат отличается повышенными тепловыми ресурсами, что проявляется в более высоких среднесуточных температурах воздуха и их сумме за тёплый период года, чем в зоне размещения черноземов южных и, особенно, черноземов обыкновенных (Русеева З.М. и др., 1967; Бадахова Г.Х., Кнутас А.В., 2007). На фоне существенного снижения количества выпадающих осадков и большой испаряемости, в 3-4 раза превышающей их количество, для получения экономически оправданного урожая овощных культур и картофеля требуется значительно больше орошаемой воды, чем на черноземных почвах. Увеличение же расхода поливной воды приводит к существенному росту производственных затрат и снижению экономической эффективности орошаемого овощеводства.

Поэтому нами проведены исследования по возможности и эффективности снижения оросительной и поливной нормы на светло-каштановых почвах юга России при орошении картофеля дождеванием, который является наиболее распространенным при поливе овощных культур и картофеля в этом регионе.

В сравнении с рекомендованной научными учреждениями поливной – 310 и оросительной – 3200 м³/га (1,0 т) нормами полива картофеля весенней посадки (Пожилов В.И. и др., 1997) изучали эффективность их увеличения на 20 % (1,2 т) и возможность снижения на 20 и 40 % – 0,8 т и 0,6 т. Во всех вариантах опыта продолжительность поливного сезона составила 70 суток, но по сравнению с черноземом обыкновенным и увеличилась кратность полива до 10,3, что произошло из-за снижения поливной нормы с 450 до 310 м³/га, обусловленное существенным снижением наименьшей влагоёмкости (НВ) светло-каштановой почвы.

Физическая спелость светло-каштановых почв наступала раньше, чем черноземов обыкновенных, поэтому здесь посадку сорта картофеля Жуковский ранний производили на 4 дня раньше – 8-12 апреля.

Самым продолжительным вегетационный период от всходов до технологической спелости клубней раннего картофеля был при увеличенной поливной норме 1,2 *m* и составил 81 день. Снижение поливной нормы на 0,2 *m* приводило к сокращению периода вегетации на 2-6 дней, поэтому вегетационный период при поливе рекомендованной нормой 1,0 *m* составил 77 дней, 0,8 *m* – 75 и 0,6 *m* – 69 дней. Без полива картофель созревал за 63 дня. Уменьшение продолжительности вегетации при снижении поливной нормы происходило из-за постепенного сокращения всех межфазных периодов, начиная с фазы бутонизации, на 1-2 дня.

Под влиянием различной водообеспеченности изменялись морфологические показатели растений картофеля. В среднем за годы исследований в течение всего вегетационного периода самыми высокорослыми были растения при увеличенной (1,2 *m*) поливной и оросительной норме, достигая максимальной высоты в фазе клубнеобразования – 0,71 м (таблица 48).

Таблица 48 – Влияние режима орошения на высоту растений картофеля весенней посадки, м (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
			7-9 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
м ³ /Га	доля от расчётной						
310	1,0 <i>m</i>	3200	0,20	0,44	0,54	0,65	0,64
372	1,2 <i>m</i>	3450	0,24	0,56	0,62	0,71	0,68
248	0,8 <i>m</i>	2560	0,19	0,38	0,43	0,58	0,54
186	0,6 <i>m</i>	1920	0,11	0,34	0,39	0,44	0,43
Без орошения			0,12	0,22	0,31	0,38	0,36
НСР ₀₅			0,02	0,04	0,04	0,05	0,05

Достоверно ниже во все фенологические фазы роста и развития картофеля были его растения при орошении рекомендованными нормами полива (1,0 *m*). По мере снижения поливной и оросительной нормы линейный рост растений существенно снижался, и самыми низкорослыми были посадки картофеля, выращиваемые без орошения, высота которых в фазе клубнеобразования достигала 0,38 м, что в

1,9 раза меньше, чем при поливе увеличенными нормами.

Индекс листовой поверхности посадок картофеля во все фенологические фазы роста и развития культуры также самым высоким был при поливе увеличенными нормами (1,2 *m*), но это превышение над рекомендованной нормой полива (1,0 *m*) было тенденцией, так как математически не доказуемо (таблица 49).

Таблица 49 – Влияние режима орошения на динамика индекса листовой поверхности картофеля весенней посадки, m^2/m^2 (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
			7-9 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
$m^3/га$	доля от расчётной						
310	1,0 <i>m</i>	3200	0,41	2,34	3,00	3,03	2,75
372	1,2 <i>m</i>	3450	0,43	2,44	3,10	3,16	2,87
248	0,8 <i>m</i>	2560	0,37	1,95	2,56	2,68	2,44
186	0,6 <i>m</i>	1920	0,33	1,88	2,43	2,43	2,21
Без орошения			0,21	0,98	1,52	1,85	1,80
НСР ₀₅			0,02	0,12	0,16	0,15	0,11

Дальнейшее снижение поливной и оросительной нормы (0,8 *m* и 0,6 *m*) приводило к достоверному снижению листовой поверхности посадок картофеля и самыми низкими были показатели при выращивании картофеля без орошения.

Максимальные листовые индексы наблюдались при увеличенной и рекомендованной нормах орошения, достигая в фазе клубнеобразования 3,16 и 3,03 m^2/m^2 . Снижение поливной нормы на 20 % приводило к уменьшению листовой поверхности на 0,25-0,35 m^2/m^2 , или на 9,3-11,6 %, и самой маленькой она была у неорошаемого картофеля – 1,85 m^2/m^2 , что в 1,7 раза меньше, чем при поливе увеличенной нормой и в 1,6 раза меньше, чем при рекомендованной норме.

Установлена тесная корреляционная зависимость листового индекса в фазе клубнеобразования от оросительной нормы полива – $r = 0,889$, которая описывается уравнением регрессии:

$$Y_s = 0.0005 \times x + 1.482 \quad (2)$$

где: Y_s – листовой индекс посадок картофеля в фазе клубнеобразования, $\text{м}^2/\text{м}^2$;
 x – оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$.

Благодаря большей листовой поверхности и самому продолжительному периоду вегетации, самый большой фотосинтетический потенциал наблюдался у посадок картофеля с увеличенной (1,2 *m*) нормой полива – 2240 тыс. $\text{м}^2 \times \text{дн.}/\text{га}$. Снижение нормы полива приводило к уменьшению этого показателя на 8,5-11,6 % и самым низким он был у неорошаемого картофеля – 1490 тыс. $\text{м}^2 \times \text{дн.}/\text{га}$ (таблица 50).

Таблица 50 – 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. $\text{м}^2 \times \text{дн.}/\text{га}$	Чистая продуктивность фотосинтеза, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут.}$	Сухая масса растений, $\text{г}/\text{м}^2$
$\text{м}^3/\text{га}$	доля от расчётной				
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

Математическая обработка полученных данных позволила установить тесную взаимосвязь между фотосинтетическим потенциалом за весь период вегетации и оросительной нормой полива – $r = 0,895$. Взаимосвязь описывается уравнением следующего вида:

$$Y = 0.3443 \times x + 1044.5 \quad (3)$$

где: Y – фотосинтетический потенциал посадок картофеля, тыс. $\text{м}^2 \cdot \text{дн.}/\text{га}$,
 x – оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$.

Но наиболее эффективно фотосинтетический аппарат работал при рекомендованной норме полива и орошения, о чем свидетельствует самая высокая чистая продуктивность фотосинтеза, составившая в среднем за период вегета-

ции $23,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$. Повышение или уменьшение поливной нормы на 20 % ($1,2 \text{ т}$ и $0,8 \text{ т}$) приводило к снижению этого показателя до $21,1$ и $21,0 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут}$., 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, основной из которых была фитофтора, вызванное переувлажнением почвы и приземного слоя. Снижение этого показателя при уменьшении поливной нормы от рекомендованной на 20 % связано с угнетением растений из-за нехватки воды в очень засушливых и жарких условиях произрастания на светло-каштановой почве. Об этом свидетельствует дальнейшее уменьшение продуктивности фотосинтеза по мере снижения поливной нормы.

По этой причине самую большую сухую массу растений в фазе технологической спелости клубней формировали посадки картофеля, орошаемые рекомендованными ($1,0 \text{ т}$) нормами полива – 1631 г/м^2 . Увеличение поливной нормы полива на 20 % и её снижение на 20 и 40 % приводил к уменьшению этого показателя соответственно до 1550 , 1280 , 821 г/м^2 и самым низким он был при выращивании картофеля без орошения – 330 г/м^2 , что в 4,9 раза меньше, чем при рекомендованной норме полива.

Формирование сухой массы растений происходило за счёт роста в течение вегетации надземной и подземной массы. Самая большая вегетативная надземная масса во всех вариантах опыта формировалась к фазе цветения и немного уменьшалась к фазе клубнеобразования, после чего происходило её уменьшение из-за отмирания и опадения листьев и усыхания стеблей по мере созревания клубней (приложение 30).

В среднем за 3 года исследований самая большая вегетативная масса растений в течение всего периода вегетации наблюдалась при рекомендованной и увеличенной нормах полива. Различия по этому показателю при этих нормах полива были математически не доказуемы. Дальнейшее же снижение поливной нормы и

выращивание картофеля без орошения приводило к достоверному снижению сухой надземной массы растений во все фазы роста и развития растений.

Формирование клубней при поливе рекомендованной, повышенной и сниженной на 20 % норме начиналось с фазы бутонизации, тогда как при поливе сниженной на 40 % норме орошения и у картофеля, выращиваемого без орошения, клубни начали образовываться с фазы цветения (таблица 51).

Таблица 51 – Влияние режима орошения на массу клубней посадок картофеля на светло-каштановой почве, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
			5-7 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
м ³ /га	доля от расчётной						
310	1,0 <i>m</i>	3200	0	3	250	500	1250
372	1,2 <i>m</i>	3840	0	2	234	468	1170
248	0,8 <i>m</i>	2560	0	2	192	384	960
186	0,6 <i>m</i>	1920	0	0	122	244	610
Без орошения			0	0	48	92	230
НСР ₀₅			-	-	13	23	73

Самая большая масса клубней в течение всей вегетации и к их технологической спелости была у растений, поливаемых рекомендованной нормой (1,0 *m*). Увеличение и уменьшение поливной нормы на 20 % приводит к достоверному уменьшению сухой массы клубней, в первом случае из-за поражения растений болезнями, во втором – из-за угнетения растений, вызванного недостатком влаги. Снижение поливной нормы на 40 % (0,6 *m*) приводит к ещё большему снижению массы клубней и самая маленькая она у неорошаемого картофеля.

Следует отметить, что темпы прироста сухой массы растениями картофеля во всех вариантах опыта после появления всходов постепенно увеличивались и самыми большими они были в межфазный период от цветения до клубнеобразования. При поливе рекомендованной нормой от фазы бутонизации до цветения

прирост сухой массы растений в сутки составлял 33,98 г/м², а от цветения до клубнеобразования – 61,16 г/м². После этого они начали снижаться.

Такая закономерность наблюдалась во всех вариантах опыта, но уменьшение поливной нормы приводило к снижению темпов прироста сухой массы растений. В межфазный период цветение – клубнеобразование растения картофеля при увеличенной на 20 % норме полива (1,2 *m*) наращивали 58,13 г/м²·сутки, при снижении поливной нормы на 20 % (0,8 *m*) – 42,67, а без полива всего 9,06 г/м²·сутки.

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 52).

Таблица 52 – Влияние режима орошения на урожайность картофеля весеннего срока посадки на светло-каштановой почве, т/га (среднее за 2015–2017 гг.)

(Кружилин И.П., Новиков А.А., и др. 2017-3)

Поливная норма		Оросительная норма, м ³ /га	Год				Прибавка	
			2015	2016	2017	средняя	т/га	%
м ³ /га	доля от расчётной							
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 её 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 %. Дальнейшее снижение поливной нормы на 40 % (0,6 *m*) ещё больше снижало урожайность культуры, и самой низкой она была при выращивании картофеля без орошения – 9,4 т/га, что на 39,1 т/га, или на 80,5 % меньше, чем при поливе рекомендованной нормой.

Режим орошения оказал влияние на потребление почвенной, оросительной воды и влаги выпадающих осадков. При одинаковом количестве влаги выпавших за время вегетации картофеля осадков, потребление воды из почвы существенно зависело от оросительной нормы, и чем она меньше, тем больше растения картофеля потребляли влаги из почвы (таблица 53).

Таблица 53 – Влияние режима орошения на суммарное водопотребление картофеля весенней посадки на светло-каштановой почве (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма	Поступление воды						Суммарное водопотребление, м ³ /га	Отклонение
	из почвы		орошение		осадки			
	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%		
1,0 т	1300	26	3200	64	502	10	5002	-
1,2 т	1094	20	3840	71	502	9	5439	+437
0,8 т	1452	32	2560	57	502	11	4514	-488
0,6 т	1566	39	1920	48	502	13	3988	-1014
Без орошения	1856	79	0	0	502	21	2358	-2644

Меньше всего почвенной влаги расходовали растения картофеля при увеличенной на 20 % оросительной норме – 1094 м³/га. Уменьшение оросительной нормы от повышенной до рекомендованной приводило к увеличению расхода воды из почвы на 206 м³/га, дальнейшее уменьшение нормы орошения на 20 и 40 % увеличивало потребление почвенной влаги на 358 и 472 м³/га. Это обусловлено тем, что при дефиците оросительной воды растения компенсируют её недостаток потреблением из почвы, и чем больше дефицит воды, тем больше её потребляется из почвы.

Тем не менее, увеличивающееся потребление воды из почвы было существенно меньше, чем снижалась оросительная норма полива. При уменьшении оросительной нормы от повышенной до рекомендованной на 640 м³/га, увеличение потребления влаги из почвы составило 206 м³/га, или из почвы компенсировано 32,2 % воды, от уменьшенной оросительной нормы. Дальнейшее уменьшение оросительной нормы на 20 и 40 %, (по 640 м³/га) приводил к увеличению потреб-

ления почвенной влаги соответственно на 152 и 114 м³/га, или доля компенсации почвенной влагой составила всего 23,8 и 17,8 %. То есть, чем меньше оросительная норма полива, тем меньше компенсируется недостаток воды её потреблением из почвы, что связано с более слабым развитием корневой системе растений в остро засушливых условиях юга России и малым её количеством в светло-каштановой почве.

Поэтому самое большое суммарное водопотребление было при повышенной норме орошения и составило 5002 м³/га, и по мере уменьшения оросительной нормы суммарный расход влаги посадками картофеля снижался из-за невозможности компенсировать снижающуюся норму орошения доступной для растений влагой из светло-каштановой почвы.

По этой причине и из-за достоверного снижения урожайности при снижении оросительной нормы, наиболее эффективно расходуется влага при орошении рекомендованной нормой. В этом случае на формирование 1 т клубней расходовалось 103 м³ воды, что значительно меньше, чем при других нормах орошения и выращивания картофеля без полива (таблица 54).

Таблица 54 – Влияние режима орошения на эффективность расходования общей и поливной воды картофелем весенней посадки на светло-каштановой почве (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Суточное потребление воды, м ³ /га·сут.	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Получено клубней на 1000 м ³ поливной воды, т/га
м ³ /га	доля от расчётной				
310	1,0 т	3200	65	103	15,2
372	1,2 т	3840	67	119	11,9
248	0,8 т	2560	60	121	14,6
186	0,6 т	1920	58	168	12,3
Без орошения			37	251	-

При этой же орошаемой норме больше всего клубней производится на 1000 м³ поливной воды – 15,2 т, что существенно больше, чем при увеличении и уменьшении оросительной нормы. Обусловлено это тем, что на светло-

каштановой почве уменьшение оросительной нормы на 20 % (0,8 *m*) от рекомендованной приводит к снижению урожайности клубней на 22,8 %, при уменьшении расхода воды на 40 % (0,6 *m*) урожайность снижается на 51,2 %. То есть урожайность поливного картофеля снижается значительно сильнее, чем оросительная норма, что указывает о нецелесообразности применения такого технологического приёма на светло-каштановых почвах юга России из-за снижения эффективности использования орошаемой воды.

Таким образом, на светло-каштановых почвах юга России наиболее эффективно оросительная вода используется при поливе рекомендованными научными учреждениями нормами и сроками полива дождеванием. Увеличение, как и уменьшение поливной и оросительной нормы не целесообразно, так как приводит к существенному снижению урожайности культуры и уменьшению эффективности использования оросительной воды.

5.2. Режим капельного орошения раннего картофеля

В настоящее время весьма перспективным является капельное орошение овощных культур, в том числе картофеля, обеспечивающее экономное расходование поливной воды на формирование урожая (Пронько Н.А. и др., 2015; Бабичев А.Н. и др., 2021). При этом очень важно определить оптимальный режим орошения раннего картофеля, обеспечивающий благоприятные условия увлажнения почвы для его роста, развития и получения высокой урожайности при экономном расходовании поливной воды.

Многочисленными исследованиями (Сатункин И.В., 2016; Бубер А.А., 2017) установлено, что оптимальной влажностью почвы для роста растений картофеля является 70-80 % наименьшей влагоемкости почвы (НВ). При этом очень важно, какое время вегетации картофель следует поливать с содержанием влажности почвы 70 %НВ и какое время с 80 %НВ. От этого зависит расход орошаемой воды и ход формирования урожая картофеля в ранней культуре.

Поэтому в специальном опыте было изучено влияние полива от посадки картофеля до цветения, фазы бутонизации и до полных всходов с содержанием

предполивной влажности почвы 70 %НВ, а в оставшиеся соответственно периоды вегетации до технологической спелости клубней полив осуществлялся с влажностью 80 %НВ. Во всех вариантах опыта вносили рекомендованную дозу удобрения под ранний картофель – $N_{155}P_{150}K_{180}$ (Навитняя А.А., 2002; Овчинников А.С., Сущенко В.В., 2016).

В зависимости от влажности почвы и количества выпадающих осадков, для поддержания порога предполивной влажности почвы 70 %НВ в период «посадка-всходы» требовалось провести 1-2 полива, в период «посадка-бутонизация» – от 1 до 3 поливов, в период «посадка-цветение» – от 2 до 5 поливов по $160 \text{ м}^3/\text{га}$ (приложение 31). Для поддержания порога предполивной влажности почвы 80 %НВ с фазы всходов до технологической спелости клубней требуется провести от 8 до 20 поливов, с начала фазы бутонизации – от 7 до 18 поливов, с начала цветения – от 6 до 15 поливов по $130 \text{ м}^3/\text{га}$.

Увеличение продолжительности полива с содержанием в почве влаги 80 %НВ увеличивало оросительную норму при ранней уборке картофеля с 1500 до $1600 \text{ м}^3/\text{га}$, при уборке зрелых клубней с 2060 до $2210 \text{ м}^3/\text{га}$ (таблица 55).

Таблица 55 – Влияние режима капельного орошения на водопотребление картофеля весенней посадки, $\text{м}^3/\text{га}$ (среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Оросительная норма		Суммарное водопотребление	
70 %НВ	80 %НВ	в ранней культуре	на зрелые клубни	в ранней культуре	на зрелые клубни
Посадка-цветение	цветение-созревание	1500	2060	2580	3440
Посадка-бутонизация	бутонизация-созревание	1590	2150	2660	3540
Посадка-всходы	всходы-созревание	1600	2210	2740	3650

Суммарное водопотребление увеличивалось соответственно с 2580 до 2740 и 3440 до $3650 \text{ м}^3/\text{га}$. (Мелихов В.В., Новиков А.А., 2011) При этом основной расходной статьёй баланса почвенной влаги (58–60 %) являлась оросительная вода.

Исследованиями установлено, что увеличение периода орошения и оросительной нормы при поддержании предполивного уровня влажности почвы 80

%НВ приводило к увеличению продолжительности вегетации культуры на 1-2 дня, и достоверному увеличению листовой поверхности и фотосинтетического потенциала посадок картофеля (таблица 56).

Таблица 56 – Влияние режима капельного орошения на рост и развитие картофеля ранней уборки, т/га (среднее за 2008–2010 гг.)
(Мелихов В.В., Новиков А.А., 2017)

Режим орошения		Период вегетации, дн.	Максимальный листовой индекс, м ² /м ²	ФСП, 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

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, так как различия этого показателя были математически не доказуемы. Более продолжительное время полива с предполивной влажностью почвы 70 %НВ от посадки до фазы цветения приводил к достоверному снижению сухой массы растений до 6,66 т/га, что на 0,93-1,02 т/га, или на 12,2-13,3 % меньше, чем при поливе 80 %НВ, начиная с фазы бутонизации и полных всходов.

Уборка раннего картофеля после полного созревания клубней увеличивало биометрические показатели растений и посадок картофеля, но закономерности по их изменению в течение вегетации в зависимости от режима орошения были такими же (приложение 32). К полной спелости полив повышенной нормой, начиная с фазы бутонизации и полных всходов, обеспечивал формирование 9,10 и 9,11 т/га сухого вещества, тогда как уменьшение времени полива такой нормой с фазы

цветения и до технологической спелости клубней приводил к достоверному снижению сухой массы растений до 8,04 т/га.

При одинаковом формировании сухой массы растений посадок картофеля, поливаемых при поддержании предполивного уровня влажности почвы 80 %, начиная с фазы бутонизации и с фазы полных всходов, во все годы исследований самую высокую урожайность ранних клубней обеспечили посадки при повышенной норме полива с фазы бутонизации и в среднем за годы исследований она составила 26,1 т/га (таблица 57).

Таблица 57 – Влияние режима капельного орошения на урожайность раннего картофеля весенней посадки, т/га (среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Год			Среднее
70 %НВ	80 %НВ	2008	2009	2010	
Посадка-цветение	цветение-созревание	26,1	21,2	20,5	22,6
Посадка-бутонизация	бутонизация-созревание	29,9	24,5	23,8	26,1
Посадка-всходы	всходы-созревание	22,4	16,5	15,8	18,2
НСР ₀₅		1,0	0,9	0,8	0,9

Увеличение продолжительности полива с поддержанием предполивного порога 80 %НВ с фазы всходов приводило к достоверному снижению урожайности раннего картофеля в среднем за 3 года проведения опыта до 18,2 т/га, что было также существенно меньше, чем при самом коротком поливе повышенной нормой с фазы цветения культуры (Новиков А.А. и др., 2011-1).

Снижение урожайности раннего картофеля при самом продолжительном поливе с поддержанием предполивной влажности почвы 80 %НВ (начиная с фазы полных всходов) обусловлено более мощным развитием надземной массы растений, которая из-за повышенной влажности почвы и приземного слоя сильнее поражалась болезнями, что и приводило к уменьшению эффективности работы фотосинтетического аппарата растений и, как следствие, снижению урожайности ранних клубней.

Такая же закономерность наблюдалась и при уборке зрелых клубней картофеля – самая высокая урожайность при поддержании предполивной влажности почвы 80 %НВ начиная с фазы бутонизации (таблица 58).

Таблица 58 – Влияние режима капельного орошения на урожайность зрелого картофеля весенней посадки, т/га (среднее за 2008–2010 гг.)

(Новиков А.А. и др., 2011-2)

Режим орошения		Год			Среднее
70 %НВ	80 %НВ	2008	2009	2010	
Посадка-цветение	цветение-созревание	43,4	35,2	39,0	39,2
Посадка-бутонизация	бутонизация-созревание	48,6	39,9	43,7	44,1
Посадка-всходы	всходы-созревание	42,3	33,1	36,9	37,4
НСР ₀₅		0,9	0,7	1,8	1,1

При более позднем начале полива повышенной нормой с фазы цветения картофеля, как и более раннее начало полива такой нормой с фазы полных всходов приводило к достоверному снижению урожайности культуры. При этом следует отметить, что при уборке зрелых клубней урожайность картофеля в 1,7-2,0 раза больше, чем при уборке ранних клубней (Новиков А.А., 2021).

Режим орошения и полученная урожайность оказали существенное влияние на эффективность использования общей и оросительной воды. При обоих сроках уборки картофеля меньше всего общей воды на формирование 1 т клубней расходовали посадки, поливаемые от посадки до фазы бутонизации с поддержанием предполивной влажности почвы 70 %НВ, а почва увлажнялась до 80 %НВ. Уменьшение и, особенно, увеличение продолжительности полива с поддержанием предполивной влажности почвы 80 %НВ (от фазы цветения и фазы полных всходов) приводило к существенному увеличению общей воды для получения единицы урожая картофеля (таблица 59).

Таблица 59 – Влияние режима капельного орошения на эффективность расходования общей и поливной воды картофелем при уборке ранних и зрелых клубней на светло-каштановой почве (среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Ранний картофель		Уборка зрелых клубней	
70 %НВ	80 %НВ	коэффициент водопотребления, м ³ /т	получено клубней на 1000 м ³ поливной воды, т/га	коэффициент водопотребления, м ³ /т	получено клубней на 1000 м ³ поливной воды, т/га
Посадка-цветение	цветение-созревание	91,1	15,07	87,8	15,19
Посадка-бутонизация	бутонизация-созревание	82,4	16,41	80,3	16,58
Посадка-всходы	всходы-созревание	121,4	11,37	112,6	11,82

Полив повышенной нормой (80 %НВ), начиная с фазы бутонизации, обеспечил также и самое большое производство ранних и зрелых клубней на 1000 м³ оросительной воды и составил 16,41 и 16,58 т.

Таким образом, 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 повышенной нормой полива с влажностью почвы 80 %НВ, что обеспечило получение самой высокой урожайности ранних и зрелых клубней. Перенос начала полива с поддержанием предполивной влажности почвы 80 %НВ на более ранние (с фазы полных всходов) или поздние (с фазы цветения) приводило к существенному снижению площади и эффективности работы фотосинтетического аппарата растений и достоверному уменьшению урожайности клубней при обоих сроках уборки (Новиков А.А. и др., 2020-5).

5.3. Способ внесения минеральных удобрений

Для получения высокого и экономически оправданного урожая картофеля в условиях орошения на низко плодородных светло-каштановых почвах юга России требуется внесение больших доз минеральных удобрений. Для получения 30 т/га клубней на этих почвах при орошении необходимо вносить N₁₅₀P₆₀K₂₀₀ д.в./га ми-

неральных удобрений, на урожайность 40 т/га доза удобрений увеличивается до $N_{200}P_{80}K_{270}$, а на 50 т/га она составляет $N_{250}P_{100}K_{335}$ (Чекаев Н.П., Т.А. Власова, 2017; Дубенок Н.Н. и др., 2018-1).

Имеющиеся в настоящее время орудия для внесения минеральных удобрений, вносят их в почву строчкой. Это приводит к сильному увеличению концентрации водорастворимых солей действующих веществ удобрений, что сравнимо с химическим загрязнением почвы, так как вызывает угнетение корней растений, проросших в зоне внесения удобрений, а иногда и их усыхание, что отрицательно сказывается на урожайности картофеля (Харапьяк Дж.Т., 2016). Поэтому необходимо разработать такие способы внесения удобрений, при которых концентрация солей действующих веществ была оптимальной для потребления элементов питания корневой системой растений, и удобрений было достаточно для получения планируемого урожая картофеля.

В этой связи в нашем опыте минеральные удобрения вносили строчкой культиватором КРН-2,8 и лентой шириной 0,20 м – разработанным нами агрегатом АКРУ-2,8. В обоих случаях удобрения вносили перед посадкой картофеля на глубину 0,15 м с одновременной нарезкой гребней.

В качестве удобрения использовали смесь аммофоса и калийной соли в дозе 150 и 450 кг/га в физическом весе, что составляло 366 кг/га действующего вещества азота, фосфора и калия, которая соответствует рекомендованной дозе внесения удобрений под картофель. Доза азота составила 18 кг/га д.в., которые внесены с аммофосом, остальную дозу азотных удобрений вносили в подкормку во время вегетации картофеля.

На растворимость и доступность питательных веществ удобрений большое влияние оказывают нормы полива и орошения. Так как установлено, что оптимальная влажность светло-каштановой почвы для роста и развития картофеля находится в пределах 70-80 %НВ (Сатункин И.В. и др., 2016), в нашем опыте картофель поливали поливными нормами обеспечивающими предполивную влажность почвы на уровне 70 и 80 %НВ.

Исследованиями установлено, что при внесении указанной дозы удобрений строчкой через сошник КСМ-4 все они располагались на глубине 0,15 м. Ширина строчки составила 0,05 м, где располагалось 95,5 % удобрений, колебания по высоте размещения удобрений от заданной составили от 0,05 м до 0,2 м, или на 200 и 100 % соответственно.

При внесении минеральных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 все они размещались лентой, шириной 0,2 м. Отклонения по ширине ленты в сторону её увеличения составили 0,02 м, что не оказывает отрицательного влияния на потребление питательных веществ корневой системой картофеля, так как она распространяется в почве на значительно большую ширину (Новиков А.А., 2022-3).

Равномерность глубины распределения удобрений в ленте выдерживалась в назначенных пределах с амплитудой колебаний от уменьшения глубины заделки от заданной на 4,5 % до её увеличения на 2,6 %. Колебания глубины внесения удобрений вызваны микрорельефом почвы и движением трактора на скорости 3-5 км/ч. Тем не менее, отклонения от заданной глубины заделки удобрений лентой не превышают 5 %, что соответствует технологическим требованиям внесения минеральных удобрений в почву.

При этом 49,5 г/м² или 94 % внесенных удобрений равномерно распределялись по всей ширине ленты на 20 см, и только 3,3 г/м² или 6 % размещалось немного шире ленты, что, как было сказано выше, не влияет на потребление питательных веществ удобрениями растениями картофеля.

То есть, при внесении минеральных удобрений разработанным нами агрегатом АКРУ-2,8 лентой они равномерно распределены по всей ширине ленты, а при их внесении строчкой все удобрения компактно сосредоточены в одном месте на глубине их заделки. В первом случае концентрация водного раствора солей действующих веществ удобрений в почве значительно меньше, чем во втором, и они доступны для потребления большим количеством корней растений картофеля, что оказывает существенное влияние на рост и развитие растений буквально с момента их посадки.

Начиная с 9-го дня после посадки клубней картофеля и в течение 9 дней наблюдений самой большой длина корней одного клубня была при поливе влажностью почвы 80 %НВ и ленточном внесении удобрений (таблица 60).

Таблица 60 – Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на динамику длины корней одного клубня картофеля после посадки, м (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Дней после посадки				
		6	9	12	15	18
70 %НВ	строчкой	0,23	0,91	1,28	2,34	3,12
	лентой	0,22	1,32	2,87	6,24	8,97
80 %НВ	строчкой	0,23	1,08	1,38	2,51	4,72
	лентой	0,23	1,54	3,12	7,24	11,24
НСР ₀₅ влажность почвы		$F_{\phi} < F_T$	0,04	0,08	0,15	0,25
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		$F_{\phi} < F_T$	0,06	0,11	0,18	0,32
НСР ₀₅ частных различий		$F_{\phi} < F_T$	0,07	0,13	0,21	0,37

Уменьшение нормы полива до 70 %НВ и, особенно, внесение минеральных удобрений строчкой приводило к достоверному уменьшению длины корней одного клубня в течение всего периода наблюдений.

Ко времени появления всходов на 21-ый день после посадки длина корней одного клубня при ленточном внесении удобрений и поливом, обеспечивающим предполивную влажность почвы на уровне 80 %НВ, составила 14,9 м, что достоверно в 2,9 раза больше, чем при внесении удобрений строчкой при этом же режиме орошения, в 1,5 раз больше чем при внесении лентой с режимом орошения 70 %НВ и в 3,3 раза превышает длину корней при внесении туков строчкой с этой же нормой полива (приложение 33).

При этом средняя длина одного корешка при ленточном внесении удобрений с нормой полива 80 и 70 %НВ составила 250 и 170 мм, а при внесении удобрений строчкой при этих же режимах орошения 90 и 95 мм соответственно. Во все годы исследований средняя длина корешка клубня картофеля при внесении

удобрений лентой с режимом орошения 80 %НВ была математически доказуемо больше, чем в других вариантах опыта.

Такие различия по развитию корневой системы растений картофеля в зависимости от режима полива и способов внесения удобрений оказали существенное влияние на рост и развитие растений. В течение всего периода вегетации площадь листьев посадок картофеля самая большая при внесении удобрений лентой и поливе 80 %НВ. При этом динамика листовой поверхности при таком же способе внесения удобрений и поливе 70 %НВ значительно больше, чем при внесении удобрений строчкой при обеих нормах полива (рисунок 8).

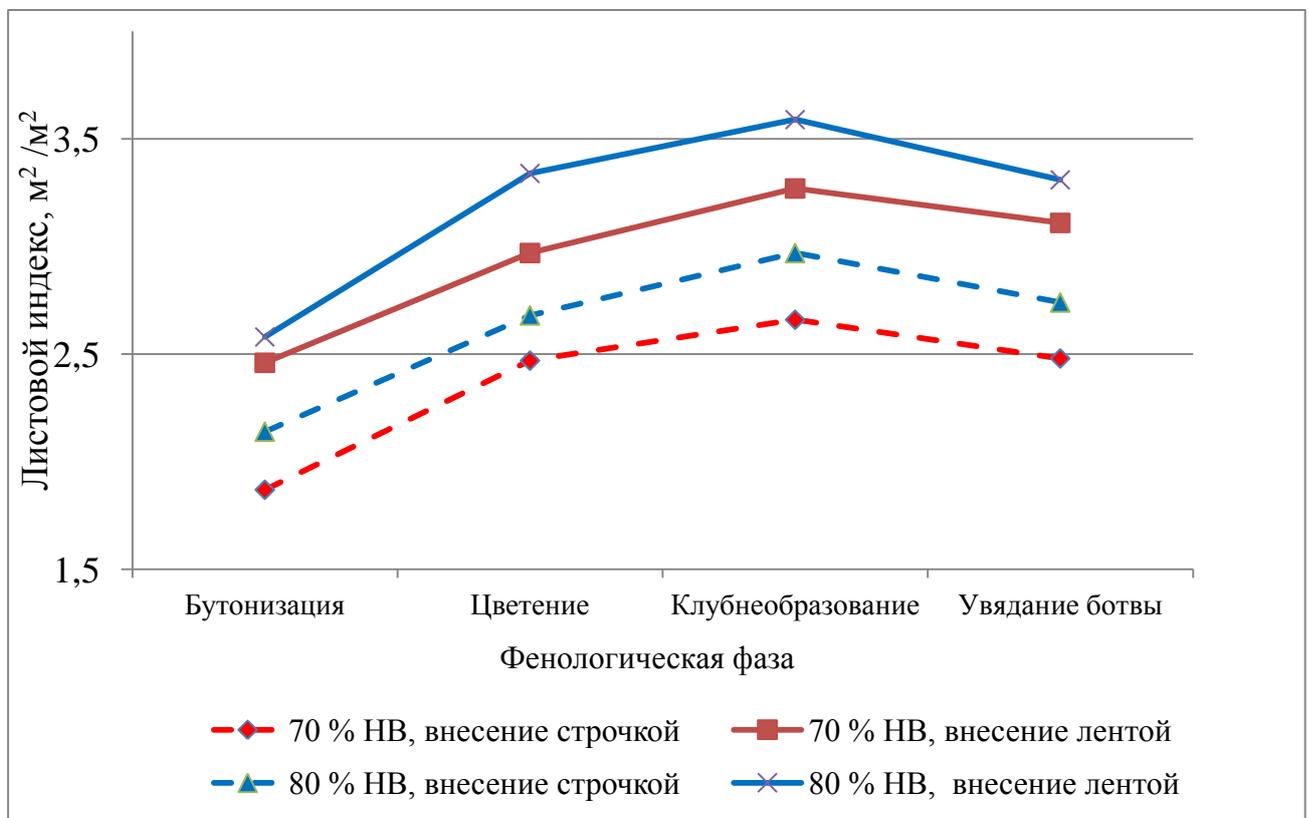


Рисунок 8 – Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на листовой индекс посадок картофеля, $\text{м}^2/\text{м}^2$ (среднее за 2014–2016 гг.)

То есть существенно большее положительное влияние на развитие фотосинтетического аппарата растений картофеля оказывает способ внесения минеральных удобрений, чем режим орошения. При этом различия по этому показателю между способами внесения удобрений при обеих нормах полива математически доказуемы в течение всего вегетационного периода (приложение 34).

Лучше развитый фотосинтетический аппарат посадок картофеля при внесении удобрений лентой и поливе с влажностью почвы 80 %НВ сформировал и самую высокую сухую массу растений в течение всего вегетационного периода (приложение 35). Внесение минеральных удобрений лентой с меньшей нормой полива (70 %НВ) приводит к достоверному снижению динамики нарастания сухой массы растений картофеля, но существенно меньше она при внесении удобрений строчкой при обоих способах полива.

Аналогичная закономерность наблюдается и по динамике высоты растений – самый большой линейный рост имеют они при внесении удобрений лентой с режимом орошения 80 %НВ, достоверно меньше он при таком же способе внесения удобрений и поливе 70 %НВ, и самые низкорослые растения картофеля при внесении удобрений строчкой при обоих режимах орошения (приложение 36).

Существенные различия в росте и развитии посадок картофеля в зависимости от способа внесения минеральных удобрений и режимов орошения оказали влияние на урожайность картофеля. Самой высокой и стабильной урожайность клубней на уровне 47-49 т/га была при внесении удобрений лентой и поливе 80 %НВ. Достоверно меньше, но более 40 т/га формировали посадки картофеля при таком же способе внесения удобрений и поливе с предполивной влажностью почвы 70 %НВ (таблица 61).

Таблица 61 – Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на урожайность картофеля, т/га

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Год		
		2014	2015	2016
70 %НВ	строчкой	33,6	35,9	38,6
	лентой	42,2	44,5	45,8
80 %НВ	строчкой	35,3	37,9	41,7
	лентой	49,1	47,5	48,9
НСР ₀₅ влажность почвы		1,8	1,1	0,7
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		1,8	1,1	0,7
НСР ₀₅ частных различий		2,3	1,4	0,8

На уровне 35-41 т/га получено клубней при внесении удобрений строчкой и поливе 80 %НВ и самой низкой урожайность картофеля была при таком же способе внесения удобрений и поливе 70 %НВ.

Таким образом, при режимах орошения с поддержанием предполивной влажности почвы 70 и 80 %НВ ленточный способ предпосадочного внесения фосфорно-калийных удобрений способствует лучшему росту и развитию растений картофеля в течение вегетации и формирует достоверно большую урожайность клубней, чем при строчном внесении удобрений. Самую высокую урожайность клубней формируют посадки картофеля при их поливе на уровне 80 %НВ и предпосадочном ленточном внесении рекомендованной дозы фосфорно-калийных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 в гребень на глубину 15 см.

5.4. Направление весенней и летней посадки

Как было показано выше на черноземе обыкновенном большое влияние на рост, развитие и урожайность картофеля оказывает направление посадки культуры по частям света. Для установления влияния географического направления посадки картофеля на температурный режим почвы в гребнях до появления всходов и в дальнейшем на развитие растений, нами проведён специальный полевой опыт на светло-каштановых почвах.

Установлено, что из-за более жаркого климата расположения светло-каштановых почв температура в гребне была ещё больше, чем в обыкновенном черноземе и во время появления всходов при летней посадке достигала 31,3 °С (таблица 62).

От момента посадки до появления всходов абсолютные показатели температуры почвы в слое 0,0-0,3 м и увеличивались при обоих сроках и направлениях посадки картофеля. Но при обоих сроках посадки температура почвы в гребне была достоверно выше при посадке картофеля с востока на запад – на 1,5-2,9 °С при весенней посадке и на 4,1-4,8 °С при летней посадке. Такое превышение температуры почвы при посадке с востока на запад связано с размещением гребней поперек направления солнечных лучей в обеденное и послеобеденное время, то-

гда как при посадке с севера на юг они располагаются вдоль направления солнечных лучей и поэтому меньше прогреваются.

Таблица 62 – Влияние срока и направления посадки картофеля на температуру почвы в гребне на светло-каштановой почве, °С в слое 0,0-0,3 м (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Время определения		
		следующий день после посадки	через 10 дней после посадки	полные всходы
Весенний	север – юг	16,6	19,5	20,8
	восток – запад	18,1	22,4	23,7
Летний	север – юг	23,5	24,9	26,5
	восток – запад	27,6	29,7	31,3
НСР ₀₅ срок посадки		1,2	1,5	1,6
НСР ₀₅ направление посадки		0,8	1,0	1,1
НСР ₀₅ частных различий		1,3	1,4	1,5

Однако при весенней посадке более быстрое прогревание почвы играет положительную роль, так как в такой почве клубни лучше и быстрее прорастают, что положительно сказывается на их полевой всхожести и дальнейшем росте и развитии растений картофеля (таблица 63).

Таблица 63 – Влияние срока и направления посадки на полевую всхожесть, высоту растений и период вегетации картофеля на светло-каштановой почве (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	96,4	5,35	0,66	105
	восток – запад	98,2	5,95	0,68	97
Летний	север – юг	97,4	6,30	0,71	91
	восток – запад	92,7	5,41	0,60	87
НСР ₀₅ срок посадки		2,6	0,4	0,06	4
НСР ₀₅ направление посадки		1,0	0,4	0,05	3
НСР ₀₅ частных различий		6,4	0,7	0,09	6

При летней посадке с востока на запад чрезмерный перегрев уже прогретой к моменту посадки почвы наоборот приводит к снижению полевой всхожести

клубней, подавлению физиологических процессов в растениях картофеля, и, как следствие, существенному уменьшению количества стеблей и их линейного роста, сокращению продолжительности вегетационного периода.

Все это сказалось на формировании фотосинтетического аппарата растений, который самым развитым был при летней посадке с севера на юг. Изменение направления летней посадки с востока на запад приводило к существенному снижению листового индекса и фотосинтетического потенциала картофеля (таблица 64).

При весенней посадке картофеля достоверно большую листовую поверхность и фотосинтетический потенциал формировали растения, посаженные с севера на юг по сравнению с направлением посадки с востока на запад. При этом, достоверно уступая летним посадкам картофеля по площади листовой поверхности, фотосинтетический потенциал такой посадки приближается к лучшему показателю летней посадки с севера на юг. Это обусловлено более продолжительным периодом вегетации весенней посадки с востока на запад (на 6 дней) и, следовательно, и на 6 дней более продолжительной их фотосинтетической деятельностью, чем при летней посадке по направлению север-юг.

Таблица 64 – Влияние срока и направления посадки на листовый индекс и фотосинтетический потенциал картофеля на светло-каштановой почве (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Листовой индекс, м ² /м ²				ФСП, тыс. м ² ·дн./га
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы	
Весенний	север – юг	2,42	2,59	2,93	2,46	1382
	восток – запад	2,12	2,63	3,07	2,68	1612
Летний	север – юг	2,67	3,20	3,82	3,17	1644
	восток – запад	2,15	3,05	3,50	2,51	1332
НСР ₀₅ срок посадки		0,20	0,21	0,22	0,19	73
НСР ₀₅ направление посадки		0,15	0,16	0,17	0,16	79
НСР ₀₅ частных различий		0,28	0,29	0,29	0,24	121

Аналогичная закономерность наблюдается и по динамике нарастания клубней – самая большая масса клубней, начиная с фазы бутонизации и до увядания

ботвы, при летней посадке с севера на юг, а при весенней посадке с востока на запад (приложение 38). Весенняя посадка картофеля с севера на юг, как и летняя посадка с востока на запад приводили к достоверному снижению динамики массы клубней в течение всего периода вегетации.

В результате во все годы исследований более высокую урожайность при весенней посадке обеспечило направление нарезки гребней с востока на запад при средней урожайности клубней 51,4 т/га, при летней посадке достоверно больший урожай получен при посадке клубней с севера на юг – 53,7 т/га (таблица 65).

Весенняя посадка картофеля с севера на юг и летняя с востока на запад приводят к математически доказуемому снижению урожайности картофеля во все годы исследований, соответственно до 47,3 и 45,4 т/га.

Таблица 65 – Влияние срока и направления посадки на урожайность картофеля на черноземе обыкновенном, т/га (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Год				Прибавка от:	
		2015	2016	2017	Среднее	срока посадки	направления посадки
Весенний	север – юг	46,8	47,6	47,6	47,3	-	-
	восток – запад	52,1	51,7	50,4	51,4	-	4,1
Летний	север – юг	53,1	53,7	54,2	53,7	6,4	-
	восток – запад	45,4	46,1	44,8	45,4	-6,0	-8,3
НСР ₀₅ срок посадки		1,7	1,8	1,0	-	1,5	-
НСР ₀₅ направление посадки		2,3	2,4	1,4	-	-	2,0
НСР ₀₅ для частных различий		3,2	3,2	1,9	2,8	-	-

Таким образом, на светло-каштановой почве более благоприятный температурный режим почвы, обеспечивающий лучшую полевую всхожесть клубней, формирование фотосинтетического аппарата, линейный рост и достоверно большую урожайность обеспечивают весенние посадки картофеля с нарезкой гребней с востока на запад и летней посадки с севера на юг. Посадка картофеля весной с севера на юг и летом с востока на запад приводит к существенному увеличению температуры почв и, как следствие, уменьшению биометрических показателей растений и достоверному снижению урожайности клубней.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

6.1. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на черноземе южном

При расчете экономической эффективности звеньев севооборотов, технологических приемов, способов и режимов орошения картофеля производственные затраты определяли по технологическим картам возделываемых в опытах культур. В расчетах использовали нормы выработки и расценки на производство работ, принятые в сельхозпредприятиях, где проводились исследования. Стоимость семян, минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов и других расходных материалов соответствовали установившимся на рынке ценам на момент расчета (2019 год).

Выручку от реализации определяли по стоимости полученной товарной продукции выращиваемых культур и сложившимся на это время ценам (Санду И.С. и др., 2013). Количество товарной продукции картофеля определяли по её выходу от полученной по вариантам опытов урожайности. У лука выход товарной продукции составил 90 %, зерно озимой пшеницы и соевые бобы оценивались по фактически полученной урожайности.

Расходы на возделывание промежуточной сидеральной горчицы, которые при её весеннем посеве составили 1,27 руб./га, при пожнивном, из-за дополнительного влагозарядкового полива после уборки предшествующей озимой пшеницы, – 4,55 тыс. р./га, добавлены к производственным затратам по возделыванию следующей после горчицы культуры.

Самые большие производственные затраты были на возделывание картофеля и лука, но, благодаря их высокой урожайности и стоимости произведенной продукции их экономическая эффективность при возделывании во всех звеньях севооборота довольно высокая. Тем не менее, она существенно зависела от предшествующей культуры и размещения в звене севооборота, а у картофеля ещё и от срока посадки.

Рентабельность производства картофеля весенней посадки после озимой

пшеницы в 1-ом и 2-ом звеньях севооборота составила 65,6-73,3 %, после сои и лука (6-ое и 5-ое звено) она возросла до 106,8 и 112,4 %. При летней посадке рентабельность его производства существенно увеличилась и самой высокой она была при летней посадке картофеля после двухразового посева и заделки в почву растительной массы сидеральной горчицы в 4-ом звене севооборота – 187,2 %, и это несмотря на дополнительные расходы на предшествующие сидеральные культуры (таблица 66).

Таблица 66 – Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в звеньях севооборотов на черноземе южном, тыс. руб./га
(среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Затраты	Стоимость товарной продукции	Прибыль	Рентабельность, %
1	Озимая пшеница	32,03	46,560	14,530	45,4
	Картофель весенней посадки	124,24	205,705	81,457	65,6
	Лук	122,36	353,430	231,069	188,8
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	32,03 4,53	49,04 -	17,01 -	53,1 -
	Картофель весенней посадки	124,91	224,39	94,94	73,3
	Лук	122,36	374,62	252,26	206,2
3	Озимая пшеница	32,03	47,44	15,41	48,1
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.	1,27 127,82	- 345,20	- 216,12	- 167,4
	Лук	122,36	355,36	233,00	190,4
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	32,03 4,53	50,24 -	18,21 -	56,8 -
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	1,27 129,5	- 388,49	- 253,21	- 187,2
	Лук	122,36	372,14	249,78	204,1
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	32,03 4,53	48,80 -	16,77 -	52,4 -
	Лук	122,36	294,53	167,74	132,1
	Картофель весенней посадки	127,22	270,22	143,00	112,4
6	Соя	42,12	57,80	15,68	37,2
	Картофель весенней посадки	126,83	262,32	135,49	106,8
	Лук	122,36	360,36	238,00	194,5

Более низкая эффективность весенней посадки картофеля связана с его более низкой урожайностью и стоимостью товарной продукции (6,0 тыс. р./т), а бо-

лее высокая рентабельность после сои и лука, чем после озимой пшеницы указывает на то, что эти культуры являются для картофеля лучшими предшественниками, чем озимая пшеница. Более высокая рентабельность летней посадки картофеля обусловлена большей её урожайностью и стоимостью полученной продукции (7,2 тыс. р./т). Несмотря на более низкую урожайность и экономическую эффективность, необходимо выращивать картофель весенней посадки для обеспечения населения этим важным продуктом питания и перерабатывающую промышленность сырьём в летнее время.

Рентабельность производства лука во всех звеньях севооборота была очень высокой и находилась в пределах от 188,8 до 206,2 %, и значительно ниже она при его посеве сидеральной культуры в 5-ом звене севооборота, что обусловлено более низкой его урожайностью и дополнительными расходами на возделывание сидеральной горчицы.

Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и сои существенно меньше, чем лука и картофеля, но эти культуры необходимы для улучшения фитосанитарной обстановки в звеньях севооборотов, да и их рентабельность более 45 % обеспечивает расширенное воспроизводство материально-технических и людских ресурсов. При этом следует отметить, что самая высокая рентабельность производства озимой пшеницы 56,8 % в 4-ом звене севооборота с двукратным посевом промежуточной сидеральной горчицы сарептской.

В целом в звеньях севооборотов самые большие производственные затраты в 6-ом звене, которые на 1,3 тыс. руб./га больше, чем в 4-ом звене, где дважды возделывали промежуточную горчицу сарептскую. Обусловлено это тем что производственные затраты на возделывание сои на 10,09 тыс. р./га больше, чем на возделывание озимой пшеницы в 4-ом звене, а дополнительные расходы на посев и заделку зеленой массы горчицы в этом звене севооборота в сумме составили 5,79 тыс. р./га, или на 4 297 тыс. р. меньше, чем дополнительные расходы на возделывание сои.

Рост производственных затрат в 4-ом звене севооборота на двухразовое возделывание промежуточной горчицы сарептской по сравнению с остальными

звеньями севооборотов (кроме 6-го звена) составил от 3,9 до 11,4 тыс. р./га, или всего на 1,4-4,1 % (таблица 67).

Таблица 67 – 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	10 470	327,1	117,4
2	283,8	648,0	10 065	364,2	128,3
3	283,5	748,0	9 440	464,5	163,8
4	290,0	810,9	8 940	520,9	179,6
5	286,1	613,5	10 336	327,4	114,4
6	291,3	680,5	10 686	389,2	133,6

В то же время в 4-ом звене севооборота самая высокая стоимость произведенной товарной продукции – 810,9 тыс. р./га, что на 62,9-205,2 тыс. р./га, или на 7,8-25,3 % больше, чем в остальных звеньях севооборотов. Поэтому в этом звене получена самая высокая прибыль и рентабельность производства товарной продукции, а её себестоимость здесь самая низкая.

То есть, самая высокая эффективность производства товарной продукции в 4-ом звене севооборота, в котором дважды за три года ротации высевается промежуточная горчица сарептская с заделкой её вегетативной и корневой массы в почву. Обусловлено это улучшением потенциального плодородия чернозема южного, о чем свидетельствуют более высокие урожаи возделываемых в этом звене севооборота культур.

Самые низкие производственные затраты на возделывание картофеля наблюдаются при предпосадочном рыхлении почвы чизеле ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м и внесение минеральных удобрений строчкой агрегатом КСМГ-4А на глубину 0,15 м – 123,75 тыс. р./га. Но из-за низкой урожайности выручка от реализации полученного картофеля здесь самая низкая, что привело к получению самой маленькой прибыли и рентабельности производства – 146,3 % (таблица 68).

Таблица 68 – Влияние способов предпосадочной обработки почвы и внесения удобрений на экономическую эффективность возделывания картофеля (среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Затраты, тыс. руб/га	Стоимость продукции, тыс. руб/га	При- быль, тыс. руб/га	Рента- бель- ность, %
Обработки почвы	внесения удобрений				
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	124,45	326,40	201,95	162,3
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	123,75	304,80	181,05	146,3
Рыхление АКРУ- 2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	126,54	365,40	238,86	188,7
То же	то же на 0,15 м	127,83	396,60	268,77	210,3
То же	то же на 0,20 м	126,07	358,80	232,73	184,6

Предпосадочное рыхление почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м и внесение этим же агрегатом минеральных удобрений лентой приводило к росту производственных затрат, и самые большие они были при внесении удобрений на глубину 0,15 м и составили 127,83 тыс. р./га. Но, благодаря самой высокой урожайности картофеля при таком способе предпосадочной подготовки почвы и внесения минеральных удобрений здесь получена самая высокая стоимость произведенной продукции, которая обеспечила получение и самой большой прибыли и рентабельности производства – 210,3 %.

Уменьшение глубины внесения минеральных удобрений этим же агрегатом до 10 см, как и её увеличение до 20 см, также рыхление почвы чизелем с поверхностным внесением удобрений приводило к уменьшению стоимости произведенной продукции, снижению прибыли и рентабельности производства картофеля весенней посадки на черноземе южном.

Экономическая оценка способов полива дождеванием, по бороздам и системами капельного орошения при весенней посадке картофеля в гребни или гряды показала, что самые большие производственные затраты при поливе по бороздам и системами капельного орошения при обоих способах окучивания и составляют 149,8–160,4 тыс. р./га. При этом самым дорогим является капельное орошение,

которое при посадке картофеля в гребни обходится в 49,8, в гряды – 46,2 тыс. р./га, что составляет 31,1 и 28,8 % от производственных затрат на возделывание культуры, что обусловлено необходимостью ежегодной замены капельной линии рыночной стоимостью от 30 тыс. р./га. Затраты же полива по бороздам составляют при окучивании с формированием гребней 6,9, с образованием гряд – 3,5 тыс. р./га, или всего 4,6 и 2,3 % от общих затрат (таблица 69).

Таблица 69 – Влияние способов полива и окучивания на экономическую эффективность картофеля весеннего срока посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Затраты, тыс. р./га		Реализация, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Рентабельность, %
полива	окучивания	Всего	в т.ч. на орошение			
Дождевание	Гребни	124,2	13,9	235,8	111,6	89,8
	Гряды	126,1	13,9	303,0	176,9	140,3
По бороздам	Гребни	149,8	6,9	306,6	156,7	104,5
	Гряды	150,5	3,5	328,8	178,4	118,6
Капельный	Гребни	159,9	49,8	393,6	233,7	146,2
	Гряды	160,4	46,2	414,0	253,6	158,1

Но, благодаря большей урожайности, самая большая стоимость полученных клубней при капельном поливе и посадке картофеля в гряды, что, несмотря на самые большие производственные затраты, обеспечивает получение самой высокой прибыли и рентабельности производства культуры. Посадка картофеля в гребни приводит к уменьшению прибыли на 20,1 тыс. руб./га, или на 8,1 % и снижению рентабельности на 7,5 %.

Полив картофеля дождеванием и по бороздам при обоих способах окучивания картофеля весенней посадки приводит к существенному снижению экономической эффективности его возделывания. При этом следует отметить, что при всех способах полива экономически более эффективным является посадка картофеля в гряды, чем в гребни.

Способы посадки и окучивания оказали существенное влияние за затраты труда. Самыми маленьким они были при поливе дождеванием которые в целом на

возделывание культуры при обоих способах посадки составили 53,4 чел.-час./га, из которых на проведение полива потребовалось всего 4,9 чел.-час./га, что составляет всего 9,2 % от общих затрат живого труда (таблица 70).

Таблица 70 – Влияние способов полива и окучивания на затраты труда при возделывании картофеля весенней посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Затраты труда, чел.-час./га		Отклонение по орошению		Затраты труда на производство 1 т картофеля, чел.-час.
полива	окучивания	всего	в т.ч. орошение	чел.-ч	%	
Дождевание	гребни	53,4	4,9	-	-	1,36
	гряды	53,4	4,9	-	-	1,06
По бороздам	гребни	65,4	16,8	11,9	22,3	1,28
	гряды	65,4	16,8	11,9	22,3	1,19
Капельный	гребни	55,1	6,5	1,7	3,2	0,84
	гряды	54,6	6,1	1,2	2,2	0,79

Самыми большими они были при поливе по бороздам и составили 65,4 чел.-час./га, что обусловлено потребностью 16,8 чел.-час./га рабочей силы для проведения полива, что составляет 25,7 % от общих затрат живого труда и на 11,9 чел.-час./га, или на 22,3 % больше, чем при поливе дождеванием.

Капельное орошение по этим показателям занимает промежуточное положение – немного превосходит по количеству общих затрат труда и затрат труда на орошение и существенно меньше живого труда расходуется по сравнению с поливом по бороздам, особенно на проведение полива.

Важным показателем, показывающим производительность живого труда, является потребность в трудовых ресурсах на производство единицы продукции. В нашем опыте меньше всего затрат живого труда на производство 1 т картофеля расходуется при капельном орошении и посадки картофеля в гряды – 0,79 чел.-час. Посадка картофеля в гребни при этом же способе полива приводит к увеличению этого показателя до 0,84 чел.-час., тогда как при поливе дождеванием и по бороздам на производство 1 т картофеля расходуется от 1,06 до 1,36 чел.-час., что на 0,27-0,57 чел.-час., или на 34,2-72,2 % больше, чем при капельном орошении

посаженного в гряды картофеля.

То есть наиболее экономически выгодным является капельное орошение картофеля, посаженного в гряды, которое обеспечивает получение самой высокой прибыли и рентабельности производства и требует меньше всего затрат живого труда.

Таким образом, на черноземе южном наиболее экономически эффективным является возделывание картофеля в трёхпольном звене севооборота, в котором дважды за ротацию высевается промежуточная горчица сарептская с заделкой её вегетативной и корневой массы в почву; рыхление почвы перед весенней посадкой культуры агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 0,15 м; полив картофеля системой капельного орошения с его посадкой в гряды.

6.2. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на черноземе обыкновенном

На черноземе обыкновенном углубление зяблевой обработки почвы чизелем ПЧ-2,5 с 0,28-0,30 м до 0,45 м приводит к увеличению производственных затрат возделывание картофеля весенней посадки на 1,1-1,3 тыс. руб./га. Дополнительная осенняя нарезка гребней культиватором КРН-4,2 ещё увеличивает этот показатель на 1,5-1,7 тыс. р./га. Поэтому самые большие производственные затраты при осенней обработке 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 – 131,8 тыс. руб./га (приложение 39).

Однако, благодаря самой высокой урожайности картофеля при таком способе подготовки почвы, стоимость произведенных клубней здесь самая высокая – 370,2 тыс. р., что обеспечило получение самой большой прибыли (238,5 тыс. р./га) и рентабельности производства – 181,0 %. При всех других способах зяблевой и предпосадочной обработки почвы прибыль и рентабельность снижаются, и самые низкие они при осенней обработке почвы чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,28-0,30 м в

сочетании с весенним рыхлением этим же агрегатом на 0,18-0,20 м и составляют соответственно 166,8 тыс. р./га и 130,5 %.

На экономическую эффективность возделывания картофеля на черноземе обыкновенном существенное влияние оказало направление его посадки. При этом весеннюю посадку с экономической точки зрения целесообразно проводить по направлению восток – запад, летнюю с севера на юг (таблица 71)

Таблица 71 – Влияние срока и направления посадки на экономическую эффективность возделывания картофеля на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Затраты, тыс. р./га	Стоимость продукции, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Рентабельность, %
Весенний	север – юг	124,3	313,8	189,5	152,4
	восток – запад	119,2	327,6	208,4	174,8
Летний	север – юг	127,7	334,2	206,5	161,7
	восток – запад	122,7	306,6	183,9	150,0

Изменение направления весенней посадки с севера на юг и летней с востока на запад приводит к значительному снижению прибыли и рентабельности производства клубней.

Увеличение оросительной нормы при весенней посадке картофеля от рекомендованных 3000 м³/га (1 м) до 3600 м³/га (1,2 м) приводило к росту производственных затрат на 3,9 тыс. р./га, что связано с увеличением расходов на дополнительно расходуемую оросительную воду.

Соответственно снижение оросительной нормы до 2400 и 1800 м³/га (0,8 м и 0,6 м) приводило к уменьшению производственных затрат по сравнению с рекомендованной нормой орошения на 1,8 и 5,1 тыс. р./га, что также обусловлено меньшим расходом поливной воды (таблица 72).

Самая большая прибыль и рентабельность производства картофеля получена при поливе рекомендованной научными учреждениями региона оросительной нор-

мой 3000 м³/га (1 *m*), что обусловлено получением большей урожайности и, соответственно, стоимость полученных клубней также была самой высокой. Увеличение оросительной нормы на 20 % (1,2 *m*) приводило к снижению экономической эффективности возделывания картофеля, что связано с ростом затрат на дополнительно расходуемую воду и снижением урожайности клубней. Поэтому такая оросительная норма полива картофеля весенней посадки на черноземе обыкновенном не приемлема.

Таблица 72 – Влияние режима орошения на экономическую эффективность картофеля весенней посадки на черноземе обыкновенном (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Затраты, тыс. р./га		Стоимость продукции, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Рентабельность, %
м ³ /га	доля от расчётной		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*) от рекомендованной также приводило к уменьшению экономической эффективности производства, но полученная прибыль в 189,6 тыс. руб./га и рентабельность 147,0 % вполне приемлема и обеспечивает расширенное воспроизводство материально-технических и людских ресурсов (Родионова О.А., 2010).

Снижение оросительной нормы на 40 % (0,6 *m*) от рекомендованной уменьшало полученную прибыль до 138,3 тыс. руб./га и рентабельность до 111,6 %, но такой уровень рентабельности и масса прибыли также обеспечивают расширенное воспроизводство. Поэтому сниженная на 40 % (0,6 *m*) норма полива может применяться при остром дефиците поливной воды.

Следует отметить, что выращивание картофеля без полива даже на черноземе обыкновенном, обладающем высоким потенциальным плодородием, убыточно. Это еще раз подтверждает вывод о том, что на юге России картофель в промышленных масштабах можно возделывать только при орошении.

6.3. Определение экономической эффективности возделывания картофеля на светло-каштановой почве

На светло-каштановых почвах увеличение оросительной нормы от рекомендованной научными учреждениями региона на 20 % (1,2 *m*) также приводило к уменьшению прибыли и рентабельности производства картофеля, что говорит о нецелесообразности применения такой оросительной нормы. Самая высокая экономическая эффективность культуры при её поливе рекомендованной оросительной нормой (1,0 *m*), что произошло благодаря увеличению стоимости произведенной продукции и снижению затрат на оплату дополнительно расходуемой оросительной воды при повышенной норме орошения (таблица 73).

Таблица 73 – Влияние режима орошения на экономическую эффективность картофеля весенней посадки на светло-каштановой почве (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 расчётной		всего	орошение			
450	1 <i>m</i>	3000	135,3	24,9	291,0	155,7	115,1
540	1,2 <i>m</i>	3600	136,3	25,9	274,2	138,0	101,2
360	0,8 <i>m</i>	2400	127,7	17,4	224,4	96,7	75,7
270	0,6 <i>m</i>	1800	121,6	11,3	142,2	20,6	16,9
Без орошения			110,3	0,0	56,4	-53,9	-48,9

Снижение оросительной нормы на 20 % (0,8 *m*) от рекомендованной приводит к значительному снижению экономической эффективности возделывания картофеля, но рентабельность 75,7 % позволяет вести расширенное воспроизводство материально-технических и людских ресурсов (Санду И.С. и др., 2013). По-

этому на светло-каштановых почвах такую оросительную норму можно применять при остром дефиците поливной воды.

Снижение оросительной нормы на 40 % (0,6 т) приводит к уменьшению рентабельности производства до 16,9 % что делает невозможным не только расширенное, но и простое воспроизводства (Родионова О.А., 2010), поэтому на светло-каштановых почвах полив картофеля с такой оросительной нормой не целесообразен. Выращивание же картофеля на этих почвах без орошения приводит к убыточности ведения производства картофеля, что также не приемлемо.

При капельном орошении раннего 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. Изменение режима орошения с увеличением времени полива с влажностью почвы 70 %НВ до фазы цветения, как и её сокращение до получения всходов приводит к значительному снижению экономической эффективности (таблица 74).

Таблица 74 – Влияние режима капельного орошения на экономическую эффективность раннего картофеля весенней посадки
(среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Затраты, тыс. р./га	Стоимость продукции, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Рентабель- ность, %
70 %НВ	80 %НВ				
Посадка- цветение	цветение- созревание	202,08	315,18	113,1	56,0
Посадка- бутонизация	бутонизация- созревание	206,54	363,99	157,45	76,2
Посадка- всходы	всходы- созревание	201,48	291,47	89,99	44,7

Аналогичная ситуация наблюдается и при получении зрелых клубней, где также самая высокая прибыль и рентабельность производства самая высокая и со-

ставляет 126,2 тыс. р./га и 56,3 % (приложение 40). Сокращение продолжительности полива с предполивной влажностью почвы 80 %НВ от цветения до технологической спелости клубней, как и её увеличение от появления всходов до уборки приводит к уменьшению прибыли соответственно до 93,26 и 95,39 тыс. р./га и рентабельности до 42,7 и 43,3 %.

При обоих режимах орошения картофеля с влажностью почвы 70 и 80 %НВ более эффективным способом внесения рекомендованной дозы фосфорно-калийных удобрений является ленточный агрегатом АКРУ-2,8, который обеспечил получение значительно большей прибыли и рентабельности производства, чем внесение удобрений строчкой (таблица 75).

Таблица 75 – Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на экономическую эффективность производства картофеля (среднее за 2014-2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Затраты, тыс. р./га	Стоимость продукции, тыс. р./га	Прибыль, тыс. р./га	Рентабельность, %
70 %НВ	строчкой	128,38	216,24	87,86	68,4
	лентой	132,86	264,84	131,98	99,3
80 %НВ	строчкой	134,94	229,80	94,86	70,3
	лентой	139,38	291,00	151,63	108,8

Но самая большая прибыль 151,63 тыс. р./га и рентабельность – 108,8 % получена при ленточном внесении удобрений и поливе картофеля с влажностью почвы 80 %НВ, что на 19,64 тыс. р./га и на 9,5 % больше, чем при поливе 70 %НВ. Поэтому на светло-каштановой почве удобрения следует вносить лентой и поливать картофель с поддержанием влажности почвы на уровне 80 %НВ.

На светло-каштановой почве, как и на черноземе обыкновенном, наиболее эффективным с экономической точки зрения является направление весенней посадки картофеля восток – запад, летняя север – юг (таблица 76).

Таблица 76 – Влияние срока и направления посадки на экономическую эффективность возделывания картофеля на светло-каштановой почве (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Затраты, тыс. руб./га	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Весенний	север – юг	124,2	283,8	159,6	128,5
	восток – запад	119,2	308,4	189,2	158,7
Летний	север – юг	128,4	322,2	193,8	150,9
	восток – запад	123,4	272,4	149,2	121,0

Изменение направления весенней посадки с севера на юг, как и летней с востока на запад приводит к значительному уменьшению прибыли и рентабельности производства картофеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение ротации орошаемых трёхпольных звеньев полевого севооборота с полем картофеля и одноразовым промежуточным посевом сидеральной горчицы сарептской наблюдается тенденция к большему поступлению в почву органического вещества, увеличению содержания гумуса 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 в почве и доступного для растений фосфора в черноземе южном.

Решающую роль в повышении плодородия чернозема южного в орошаемых трёхпольных 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 её 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 её 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 её посева, как и замена летней посадки картофеля на весенний, приводит к существенному уменьшению потребления воды звеньями севооборота, но эффективность её 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 ($\text{ФСП} = 3,57 \text{ млн. м}^2 \cdot \text{дн./га}$) 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 её рыхлением чизелем или строчкой на глубину 0,15 м приводит к существенному уменьшению площади фотосинтетической поверхности посадок на 0,26-0,79 млн. $\text{м}^2 \cdot \text{дн./га}$ (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 капельном орошении, 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 гряды 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 гряды и на $29-70 \text{ м}^3$ меньше полива 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 различий для роста и развития картофеля ($1,22-1,24 \text{ г/см}^3$), что обеспечивает формирование самого высокого фотосинтетического потенциала растений ($2,44 \text{ млн. м}^2/\text{га}\cdot\text{сутки}$), их вегетативной массы (755 г/м^2) и получение наибольшей урожайности клубней – $61,7 \text{ т/га}$. Уменьшение глубины осенней и весенней обработки до $0,28-0,30 \text{ м}$ приводит к чрезмерному уплотнению чернозема обыкновенного до $1,29-1,33 \text{ г/см}^3$, уменьшению площади листовой поверхности растений на $0,18-0,51 \text{ млн. м}^2/\text{га}\cdot\text{сутки}$, снижению их наземной массы на $6,7-11,3 \%$ и, как следствие, достоверному снижению урожайности до $49,1-55,2 \text{ т/га}$.

На черноземе обыкновенном и светло-каштановой почве при весенней посадке картофеля в гребни, нарезанные с востока на запад поперёк направления свечения солнца, в течение вегетации нагреваются на $1,1-2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ больше, чем при посадке с севера на юг, а при летней посадке, наоборот с севера на юг прогреваются на $3,4-4,8 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 различий 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 $55,7 \text{ т/га}$ клубней на черноземе обыкновенном и $51,4$ и $53,7 \text{ т/га}$ 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 ($1,2 \text{ т}$) 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 *m*) на 2,8 т/га, или на 4,8 %. Снижение на 20 % поливной и оросительной нормы (0,8 *m*) 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 *m*) норме полива. При снижении оросительной нормы на 40 % (0,6 *m*) 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 достоверному снижению урожайности картофеля на 22,8 и 51,2 % и уменьшению производства клубней на 1000 м³ оросительной воды с 15,2 т/га 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 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 орошении 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 её 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. Оптимальным сроком посадки семенного картофеля является 20 июня посадочной нормой 60 тыс. шт./га, что обеспечивает получение 113,8 тыс. руб./га прибыли с 86,5 % рентабельности производства товарных клубней из полученного семенного картофеля.

На черноземе обыкновенном и светло-каштановой почвах лучшим направлением весенней посадки является восток – запад, летней север – юг, обеспечивающие рост урожайности и экономической эффективности производства клубней. При дефиците водных ресурсов на черноземе обыкновенном возможно снизить 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 получением 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 капельным 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;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеенко, А.П. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013-2020 гг.): в 3-х ч. Ч. 1 / А.П. Авдеенко, Е.В. Агафонов, К.С. Артохин и др. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. – Ростов на Дону, 2012.–349 с. Режим доступа: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSZEM/Sistema_zemled_do_2020_1.docx
2. Агроклиматический справочник по Волгоградской области [Текст] / Сост.: З. М. Русеева, А. П. Штарева, А. Ф. Цуварева и др. ; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сев.-Кавказское упр. гидрометеорол. службы. Рост. гидрометеорол. обсерватория. - 2-е изд., испр., доп. и перераб. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1967. - 143 с. : черт.; 27 см.
3. Агропромышленный комплекс России в 2016 году. Минсельхоз России, 2017. – 720 с.
4. Адиньяев, Э.Д. Сорта, удобрения и орошение картофеля в Северной Осетии / Э.Д. Адиньяев, Т.Т. Доев // Картофель и овощи.– 2007. – № 4. – С. 14.
5. Айдаров, И.П. Комплексное обустройство земель / И.П. Айдаров. – М.: МГУП, 2007. – 208 с.
6. Алакин, В.М. Картофелекопатель с ротационной сепарирующей поверхностью / В.М. Алакин, Г.С. Никитин. // Картофель и овощи.– 2018. – № 5. – С. 32–34.
7. Алексеев, В.А. Способ обработки почвы, удобрения и урожай / В.А. Алексеев // Картофель и овощи. – 2003. – № 2. – С. 10.
8. Амелюшкина, Т.А. Технологические элементы возделывания картофеля сорта Калужский / Т.А. Амелюшкина // Владимирский земледелец. – 2018. - №2 (84). – с. 41-43.
9. Андрианов, А.Д. Капельное орошение картофеля / А.Д. Андрианов, Д.А. Андрианов, В.И. Костин // Орошение земель в обеспечении продовольственной безопасности России: материалы межд. науч.-практ. конф. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2008. – С. 35–40.
10. Андрианов, А.Д. Капельное орошение раннего картофеля / А.Д. Анд-

рианов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 37–40.

11. Андрианов, А.Д. Капельное орошение раннего картофеля в Республике Башкортостан / А.Д. Андрианов, Д.А. Андрианов // Селекция, биология и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. науч. тр. ЮУНИИПОК и Инновационного совета НИУ Урала, Западной Сибири, Поволжья и Казахстана. – Челябинск, 2008. – Т. 10. – С. 180–191.

12. Андрианов, А.Д. Орошение раннего картофеля / А.Д. Андрианов, Д.А. Андрианов, // Картофель и овощи. – 2003. – № 4. – С. 8–9.

13. Андрианов, А.Д. Эффективность различных режимов капельного орошения при выращивании раннего картофеля / А.Д. Андрианов, Д.А. Андрианов // Агро XXI. – 2009. – № 4-6. – С. 44–46.

14. Анисимов, Б.В. О системе классификации семенного картофеля в России и странах ЕС / Б.В. Анисимов // Материалы Международной юбилейной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Института картофелеводства Национальной академии наук Беларуси. – Минск. - 2003. – Ч. 2. – С. 57–63.

15. Анисимов, Б.В. Производство и рынок картофеля в Российской Федерации / Б.В. Анисимов, В. С. Чугунов, О.Н. Шатилова // Картофель и овощи. – 2010. – № 4. – С. 13–14.

16. Анненков, Б.Г. Советы картофелеводам / Б.Г. Анненков, Н.В. Глаз // Картофель и овощи. – 2005. – № 3. – С. 13-14.

17. Артемьев, А.А. Экономическая и энергетическая оценка возделывания промежуточных культур в поукосных и пожнивных посевах / А.А. Артемьев, А.М. Гурьянов, М.П. Капитанов, А.А. Пронин // Кормопроизводство. – 2018. – № 10. – с. 4-10

18. Бабичев, А.Н. Влияние сидеральных и промежуточных культур в звене орошаемого севооборота на продуктивность и качество овощных культур / А.Н. Бабичев // Научный журнал КубГАУ.– 2015. – №111(07). –с. 1-10.

19. Бабичев, А.Н. Технологические подходы к нормированию режимов орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях

поймы Нижнего Дона / А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1086>.

20. Бабичев, А.Н. Технология возделывания сельскохозяйственных культур на орошении / А.Н. Бабичев, А.А. Бабенко, С.М. Васильев, Р.С. Масный // – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2021. – с. 156.

21. Бадахова, Г.Х. Ставропольский край: современные климатические условия: монография [Текст] / Г.Х. Бадахова, А.В. Кнутас. - Ставрополь: ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. - 272 с. 24

22. Базгиев, М.А. Адаптивная технология возделывания семенного и продовольственного картофеля для АПК Республики Ингушетия / М.А. Базгиев, Л.М. Дударова, М.М. Кодзоев // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы международной НПК, Волгоград. ВНИИОЗ.– 2016 г. – с. 260-265.

23. Байрамбеков, Ш.Б. Оптимальный срок посадки раннего картофеля в дельте Волги / Ш.Б. Байрамбеков, Н.К. Дубровин // Картофель и овощи. – 2006. – № 1. – С. 15–16.

24. Байрамбеков, Ш.Б. Перспективные сорта и качественный посадочный материал для картофелеводства в Нижнем Поволжье / Ш.Б. Байрамбеков // Орошаемое земледелие. – 2016. – № 3. – С. 9–10.

25. Байрамбеков, Ш.Б. Технология производства картофеля в Астраханской области: рекомендации / Ш.Б. Байрамбеков, В.В. Коринец, З.Б. Валеева, Н.К. Дубровин, В.А. Бичерев, О.Г. Корнева, Е.В. Полякова, В.А. Шляхов и др. / ГНУ ВНИИОБ; М-во сельского х-ва; ЗАО фирма «Глория». – Изд. 2-е. – Астрахань, 2008. – 104 с.

26. Балабко, П.Н. Влияние глубины заделки сидерата на фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур / П.Н. Балабко, А.Е. Сорокин, Ю.Н. Синих // Плодородие. – 2019. - №4. – с. 36-37.

27. Балакай, Г.Т. Концепция дождевальная машины нового поколения для технологии прецизионного орошения [Электронный ресурс] / Г.Т. Балакай,

С.М. Васильев, А.Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=312>.

28. Банадысев, С.А. Севооборот для картофеля. / С.А. Банадысев. // Агробизнес. – 2020. - №1. – URL: <https://agbz.ru/articles/sevooborot-dlya-kartofelya/> (дата обращения 20.02.2022).

29. Банадысев, С.А. Технология возделывания продовольственного картофеля с урожайностью 400–500 ц/га: анализ. обзор / С.А. Банадысев, И.И. Бусько, И. И. Колядко. – Минск, 2001. – 42 с.

30. Басиев, С.С. Урожай зависит от сроков посадки и удобрений / С.С. Басиев // Картофель и овощи. – 2002. – № 3. – С. 24.

31. Безуглова, О.С. Гумусное состояние почв России / О.С. Безуглова // Ростов-на-Дону: СКНЦВШ. – 2001. – 224 с.

32. Беленков, А.И. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия / А.И. Беленков, Е.В. Березовский, С.В. Железова // Картофель и овощи. – 2019. – № 6. – С. 30–34.

33. Бобохонова, З.К. Перспективы раннего картофелеводства в Гиссарской долине и повышения эффективности фосфорных удобрений под культуру картофеля на староорошаемых тёмных серозёмах / З.К. Бобохонова // Доклады ТАСХН. – Душанбе, 2007. – № 1(11). – С. 45–51.

34. Болотин, Д.А. Капельное орошение картофеля летней посадки / Д.А. Болотин, И.А. Дергачева, А.Г. Болотин, А.А. Дергачев // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 3. – С. 23–24.

35. Борисова, В.В. Агроэкологическая оценка применения различных видов и сочетаний удобрений при возделывании картофеля в Поволжье / В.В. Борисова, С.И. Калмыков // Актуальные проблемы экологии, защиты растений и экологического земледелия. – Саратов: СГАУ, 2009. – С. 53–56.

36. Бородычев В.В. Влияние режима орошения и доз удобрений на продуктивность картофеля летней посадки в Нижнем Поволжье / В.В. Бородычев,

Т.Н. Дронова, А.А. Дергачев, И.А. Дергачева // Плодородие. – 2017. – № 1(94). – С. 14–16.

37. Бородычев, В. В. Повышение эффективности возделывания горчицы сарептской в рисовых чеках / В.В. Бородычев, В.В. Цыбулин / Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России: материалы междунар. НПК. (Костяковские чтения), 20–21 марта 2013 г. – М.: Изд-во ВНИИА. – 2013. – С. 137–141.

38. Бубер, А.А. Статистический анализ влияния факторов влажности и уровня минерального питания на урожайность раннего картофеля / А.А. Бубер // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы НПК. – М.: Изд. ВНИИГиМ. – 2017. – с.54.

39. Бутов, А.А. Капельное орошение и перспективы его развития / А.А. Бутов, А.С. Штанько, В.В. Слабунов, А.Е. Шепелев // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 194–198.

40. Бутов, А.В. Урожай и качество картофеля при различных дозах удобрений в условиях капельного орошения / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 2(41). – С. 125–131.

41. Бутов, А.В. Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. - Том: 48. - № 2. – 2018. – с. 170-177.

42. Быкова, С.Л. Агроэкологическая оценка трансформации чернозема выщелоченного новосибирского Приобья при длительном сельскохозяйственном использовании: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.02.13 / Быкова С.Л. – Новосибирск.– 2015. – 86 с.

43. Васильев, А.А. Оптимизация технологии возделывания картофеля на Южном Урале: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01. / Васильев Александр Анатольевич – Челябинск. – 2015. – 363 с.

44. Васильев, А.А. Эффективность сидеральных предшественников кар-

тофеля в лесостепной зоне Южного Урала / А.А. Васильев // Достижения науки и техники АПК. – № 8. – 2013. – С. 19-22.

45. Васильев, С.М. Набор сельскохозяйственных культур в севообороте при периодическом орошении / С.М. Васильев, Е.С. Корепанова // Совершенствование технологий и техники орошения в современных условиях землепользования: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005-1. – С. 176–180.

46. Васильев, С.М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения / С.М. Васильев. – Ростов н/Д., 2006. – 364 с.

47. Васильев, С.М. Проведение агротехнических мероприятий при использовании циклического орошения / С.М. Васильев // Проблемы информационного и метрологического обеспечения эксплуатации оросительных систем, пути и методы их решения: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 122–129.

48. Васильева, С.В. Резиновая гниль картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, Ю.А. Масюк // Защита и карантин растений. – 2020. - № 4. – с. 42-44.

49. Васин, В.Г., Ельчанинова Н.Н., Дулов М.И. Кормовые культуры в орошаемом севообороте. – Самара: ООО «Чипо», 1999. 263 с.

50. Власенко, Н.Е. Удобрение картофеля / Н.Е. Власенко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 218 с.

51. ВМЭЗ «Сарепта»: официальный сайт. – Волгоград. – URL: <https://sarepta.ru/suppliers/kultura-vozdelyvaniya-gorchitsy> (Дата обращения 05.01.2022г.)

52. Воеводина, Л.А. Метод определения необходимого количества органического вещества для поддержания запасов гумуса / Л.А. Воеводина, О.В. Воеводин // Мелиорация и водное хозяйство. Рациональное использование орошаемых ландшафтов на юге России (Шумаковские чтения): материалы науч.-практ. конф. – Новочеркасск, 2005. – Вып. 3. – С. 121–125.

53. Вопросы картофелеводства. Актуальные проблемы науки и практики / Всерос. НИИ картоф. хоз-ва. – М., 2006. – 595 с.

54. Воробьев, С.А. Основы полевых севооборотов / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1968. – 320 с.
55. Галеев, Р.Р. Урожайность и качество картофеля в зависимости от агротехнических приёмов возделывания в лесостепи Новосибирского Приобья / Р.Р. Галеев, М.С. Шульга // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2014. – № 1 (30). – с 12-18.
56. Гамаюн, И.М. Ресурсосберегающие технологии орошения картофеля в Приднестровье / И.М. Гамаюн, А.В. Гуманюк, Е.В. Овэс, И.И. Пикус // Картофелеводство. – 2007. – Т. 13. – С. 127–135.
57. Гарьянова, Е.Д. Усовершенствованная технология выращивания раннего картофеля / Е.Д. Гарьянова, Г.В. Галяева, Ш.Б. Байрамбеков, Г. Ф. Соколова // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 3. – С. 17–18.
58. Гаспарян, И.Н. Как повысить урожай раннего картофеля / И.Н. Гаспарян, М.Е. Дыйканова // Картофель и овощи. – 2018. – № 2. – С. 29–31.
59. Гиль, Л.С. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения и фертигации / Л.С. Гиль, В.И. Дьяченко, А.И. Пашковский, Л.Т. Сулима. – Житомир: Рута, 2007. – 390 с.
60. Гиченкова, О.Г. Приемы основной обработки почвы влияющие на продуктивность и качество картофеля / О.Г. Гиченкова, Ю.А. Лаптина, Т.Л. Карпова // Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции [Электронный ресурс] : материалы Всеросс. (национальной) науч.-практич. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения С. И. Леонтьева (27 февраля 2019 года) / Ом. гос. аграр. ун-т. – Электрон. дан. – Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ. С. 32-35
61. Горбунов, А.К. Влияние ориентации рядков на урожай картофеля в лесостепной зоне Южного Урала. // А.К. Горбунов, Д.А. Бобоев. - Достижения аграрной науки - садоводству и картофелеводству. - Сборник трудов научно-практической конференции, приуроченной ко "Дню поля ФГБНУ ЮУНИИСК". – 2017. – с. 180-187.
62. Горбунов, А.К. Влияние ориентации рядков на урожай картофеля в ле-

состепной зоне Южного Урала / А.К. Горбунов, Д.А. Бобоев // Достижения аграрной науки. – Сборник трудов НПК, приуроченной ко «Дню поля ФГБНУ ЮУ-НИИСК». – 2017. – с. 180-187.

63. ГОСТ 12071 «ГРУНТЫ. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2019. – 12 с.

64. ГОСТ 12536-79 «Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2008. – 18 с.

65. ГОСТ 17.4.3.01 «Охрана природы. ПОЧВЫ. Общие требования к отбору проб». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2018. – 10 с.

66. ГОСТ 17.4.4.02 «Охрана природы. ПОЧВЫ. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2018. – 14 с.

67. ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2020. – 29 с.

68. ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО» – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10 с.

69. ГОСТ 26213-91 «ПОЧВЫ. Методы определения органического вещества». – М.: Издательство стандартов, 1991. – 8 с.

70. ГОСТ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2006. – 8 с.

71. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2008. – 19 с.

72. ГОСТ Р 51808-2001 «Картофель свежий продовольственный, реализуемый в розничной торговой сети. Технические условия». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2010. – 10 с.

73. ГОСТ Р 51808-2001 Картофель свежий продовольственный, реализуемый в розничной торговой сети. Технические условия. Введ. 2003-01-01. – Ак-

туализирован 2011-06-17. – М.: Стандартиформ, 2010. – 26 с.

74. ГОСТ Р 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Введ. 1985-07-01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 17 с.

75. ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки». – М.: ФГУП Стандартиформ, 2009. – 20 с.

76. Гребенников В.Г., Великдань Н.Т., Желтопузов В.Н., Шипилов И.А., Куц Е.Д. Кормопроизводство на Ставрополье: пути развития / монография. – Ставрополь: Ставр. НИИЖК, 2014. 337 с.

77. Григоров, М.С. Дифференцированный режим орошения картофеля при капельном поливе / М.С. Григоров, В.М. Жидков, В.В. Захаров // Картофель и овощи. – 2009. – № 9. – С. 19–20.

78. Григоров, С.М. Суммарное водопотребление раннего картофеля в условиях Северного Прикаспия / С.М. Григоров, Л.Л. Свиридова // Труды Кубанского ГАУ. – 2007. – № 5. – С. 222–225.

79. Гурина, И. В. Режим орошения и водопотребление картофеля весенней посадки при поливах современной дождевальной техникой / И. В. Гурина, Т.В. Мельник, И.М. Калечак // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 158–168. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=935>.

80. Данильченко, Н.В. Водосберегающие оросительные нормы и природоохранные режимы орошения зерновых и кормовых культур в Нижнем Поволжье / Н. В. Данильченко. – М.: МГУП, 2006. – 151 с.

81. Дергачева, И.В. Перспективное направление возделывания картофеля на Юге Российской Федерации / И.В. Дергачева, А.А. Новиков, В.В. Бородычев, В.М. Гуренко // В сборнике: Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова». – 2014. – С. 49-54.

82. Доброхотов, С.А.. Влияние направления гребней и различных удобрений

ний на урожайность отдельных сортов картофеля / С.А. Доброхотов, А.И. Анисимов // Главный агроном. – 2017. – №3. – с. 39-45.

83. Долженко, О.А. Урожайность и качество картофеля при применении гербицидов в условиях Дельты Волги: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Долженко Ольга Александровна. – Астрахань, 2009. – 24 с.

84. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

85. Доспехов, Б.А. Практикум по земледелию / Б.А. Доспехов, И.П. Васильев, А.М. Туликов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.

86. Дридигер, В.К. Специализированные севообороты зеленого конвейера и технологии возделывания кормовых культур: монография. – Ставрополь: АГРУС, 2010. 232 с.

87. Дробилко, А.Д. Агроприёмы возделывания культур звена орошаемого севооборота / А.Д. Дробилко, Ю.А. Дробилко // Проблемы и перспективы развития мелиорации и водного хозяйства: материалы науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения совместно с заседанием секции РАСХН), 29–30 сент. 2011 г. / НГМА. – Новочеркасск: Лик, 2011. – С. 43–48.

88. Дробилко, А.Д. Эффективные приёмы возделывания культур звена орошаемого севооборота / А.Д. Дробилко, Ю.А. Дробилко, П.Д. Шевченко // Плодородие. – 2011. – № 6. – С. 35–36.

89. Дронова, Т.Н. Особенности получения оздоровленного семенного материала картофеля при орошении / Т.Н. Дронова, В.В. Бородычев, Н.И. Бурцева, И.А. Дергачева, А.А. Дергачев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3(51). – С. 56–62.

90. Дронова, Т.Н. Возделывание раннего картофеля на орошаемых землях / Т.Н. Дронова, И.А. Дергачева // Орошаемое земледелие. – 2013. – № 1. – С. 17–18.

91. Дронова, Т.Н. Технология возделывания картофеля на орошаемых землях нижнего Поволжья / Т.Н. Дронова // Орошаемое земледелие. – 2018. – №

2. – С. 23–24.

92. Дубенок Н.Н. Обоснование водного режима почвы при капельном орошении семенных посадок картофеля в Нижнем Поволжье / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, С.Д. Фомин, А.Г. Болотин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018-2. – № 3(51). – С. 18–26.

93. Дубенок, Н.Н. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии / 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.

94. Дубенок, Н.Н. Водопотребление и продуктивность раннего картофеля при спринклерном орошении / Н. Н. Дубенок, А. Ф. Дружкин, Р. А. Чечко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 15–18.

95. Дубенок, Н.Н. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья // Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, С.Д. Фомин, А.Г. Болотин – Известия Нижневолжского АУК. – 2018-1. - №4 (52). – с. 22-29

96. Дубенок, Н.Н. Технология возделывания картофеля в степной и лесостепной зонах Южного Урала в условиях орошения / Н.Н. Дубенок // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 1-2. – С. 23–26.

97. Дубровин, Н.К. Высокоурожайные и адаптивные сорта картофеля для выращивания в Нижнем Поволжье / Н.К. Дубровин, Ш.Б. Байрамбеков, О.Г. Корнева // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 2. – С. 9–10.

98. Дубровин, Н.К. Эффективность применения природных удобрений в посадках картофеля / Н.К. Дубровин, Г.Н. Киселева // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 4. – С. 11–12.

99. Дубровин, Н.К. Семенной картофель при летних сроках посадки / Н.К. Дубровин, Т.В. Боева, Г.Н. Киселева // Картофель и овощи. – 2019. – № 4. – С. 30–32.

100. Дыйканова, М.Е. Ресурсосберегающая технология возделывания ран-

него картофеля / М.Е. Дыйканова, А.Г. Левшин, И.Н. Гаспарян, О.Н. Ивашова // Картофель и овощи. – 2019. – № 2. – С. 26–28.

101. Евтефеев, Ю.В. Основы агрономии: учеб. пособие / Ю.В. Евтефеев, Г.М. Казанцев. – М.: Форум, 2008. – 368 с.

102. Егорова, М.Ф. Интенсификация картофелеводства на Северо-Западе РСФСР: Сб. науч. тр. / Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. Ленина, Отделение по Нечерноземной зоне РСФСР, Северо-Западное научно-производственное объединение «Белогорка». – 1988.

103. Жевора, С.В. Картофель: проблемы и перспективы / С.В. Жевора, Б.В. Анисимов, Е.А. Симаков, Е.В. Овэс, С.Н. Зебрин // Картофель и овощи. – 2019. – № 7. – С. 2–7.

104. Жевора, С.В. Экспериментально-теоретическое обоснование элементов биологизированной технологии возделывания картофеля в регионах Российской Федерации / дис. д-ра с. – х. наук: 06.01.01. / Жевора Сергей Валентинович – Красково. – 2019.

105. Журавлева, Е.В. Картофелеводство как одно из приоритетных направлений Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 гг. / Е.В. Журавлева, С.В. Фурсов // Картофель и овощи. – 2018. – № 5. – С. 6–9.

106. Журавлева, Е.В. Создание новых отечественных сортов картофеля на основе современных генетических технологий и методов селекции / Е.В. Журавлева, Н.М. Букаева, А.А. Филипчик // Достижения науки и техники АПК. – 2018-1. – Т. 32, № 10. – С. 92–94. – DOI: 10.24411/0235-24551-2018-10319.

107. Зволинский, В.П. Влияние способа полива и минеральных удобрений на продуктивность раннего картофеля в Астраханской области / В.П. Зволинский, Н.В. Тютюма, Н.А. Щербакова // Плодородие. – 2018. – № 1. – с. 31-33.

108. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. – Ч. 1. – Ростов н/Д., 2013. – 240 с.

109. Зональные системы земледелия Ростовской области на ландшафтной основе / под ред. В.П. Ермоленко. – Рассвет, 2007. – 244 с.

110. Зуев, В.И. Картофелеводство: учеб. пособие / В.И. Зуев, Х.Ч. Буриев, А.К. Кадурходжаев, Б.Б. Азимов. – Ташкент, 2005. – 386 с.

111. Иванов, А.И. Отзывчивость картофеля на удобрение и потери урожая от фитофтороза в условиях Северо-Запада России / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, О.И. Якушева, П.А. Филиппов // Картофель и овощи. – 2019. – № 8. – С. 23–26.

112. Иванов, А.Л. Приоритеты научного обеспечения мелиорации / А.Л. Иванов, Н.Н. Дубенок, И.П. Свинцов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 1. – С. 7–9.

113. Иванов, А.Л. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А.Л. Иванов, К.Н. Кулик, А.Т. Барбанов и др. // Волгоград: ВНИИ агролесомелиорации. – 2009. – 302 с.

114. Иванов, А.П. Технология возделывания овощей, картофеля, плодово-ягодных культур и винограда в Ростовской области / А.П. Иванов, Н.М. Лысенко, В.Н. Пучнин и др. // Ростов н/Д. – Кн. изд-во. – 1980. – 80 с.

115. Иванов, В.М. Основные направления повышения хозяйственной и экономической эффективности производства раннего картофеля в условиях орошения Волго-Ахтубинской поймы / В.М. Иванов, Д.С. Усков // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для засушливых условий Нижнего Поволжья. – Волгоград: Нижне-Волжский НИИСХ, 2005. – С. 226–228.

116. Иванов, В.М. Основные элементы технологии возделывания картофеля в Волго-Ахтубинской пойме / В.М. Иванов, Д.С. Усков // Проблемы и тенденции устойчивого развития аграрной сферы. – Волгоград: ВГСХА, 2008. – Т. 1. – С. 113–115.

117. Иванов, О.А. Технология поверхностного полива по затопляемым проточным бороздам и средства для ее реализации / О.А. Иванов, Т.Е. Иванова, Г.Л. Утенков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 6. – с.20–23.

118. Ивенин В.В. Влияние удобрений с микроэлементами на повышение эффективности элементов технологии при возделывании картофеля в условиях Волго-Вятского региона / В.В. Ивенин, А.В. Ивенин, А.И. Николаев, А.М. Магомедкасумов. – Н. Новгород: Нижегород. гос. с.-х. акад., 2015. – 132 с.

119. Ивенин, В.В. Адаптация и модернизация голландской системы обработки почвы под различные сорта картофеля на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона / В.В. Ивенин, А.В. Ивенин, В.Л. Строкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2 (38). – с. 31–35

120. Ивойлов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество сортов картофеля различных групп спелости / А.В. Ивойлов, А.А. Танин, О.В. Волков, Л.Ю. Ларина // XXXVII Огаревские чтения: материалы науч. конф. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2009. – С. 49–50.

121. Ивойлов, А.В. Удобрения и продуктивность картофеля / А.В. Ивойлов, А.А. Танин // Картофель и овощи. – 2009. – № 10. – С. 6–7.

122. Икромов, И.И. Формирование контура и полосы увлажнения почвы при разной технологии микроорошения / И.И. Икромов // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань: Рязанский ГАУ, 2009. – Вып. 8. – С. 240–244.

123. Ильинская, И.Н. Сравнительная оценка агрофизических свойств почв центральной орошаемой зоны Ростовской области / И.Н. Ильинская, И.В. Сафонова, В.И. Батищев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 2(6). – 10 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=571>.

124. Кабаков, Н.С. Патент 2183395 Российская Федерация, МПК А 01 С9/00, А01 G1/00. Способ возделывания картофеля / Кабаков Н.С., Понамарев А.Г., Джавадов Р.Д.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. № 2000126824/13; заявл. 25.10.00; опубл. 20.06.02.

125. Калинин, А.Б. Снижение экологических рисков в интенсивных технологиях возделывания картофеля за счёт совершенствования технологического процесса междурядной обработки / А.Б. Калинин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства/ Ин-т агроинж. и экол. проблем с.-х. пр-ва. – СПб., 2017. – Вып. 91. –

С. 79–86.

126. Карпеня, Г.М. Биологизация технологии возделывания «второго хлеба» / Г.М. Карпеня // Наше сельское хозяйство. – 2016. – № 19. – С. 34–37.

127. Картофель: биология и технология возделывания. / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, М.В. Котиков, А.В. и О.А. Богомаз. – Брянск. – 2010. 110 с. ISBN 5-88517-161-0

128. Киселев, Е.П. Базовые основы формирования продовольственной безопасности дальневосточного федерального округа / Е.П. Киселев, А.В. Вдовенко, Л.В. Ким, А.А. Назарова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 1 (45). – с. 110-117.

129. Кой Камссу. Агрономическая эффективность промышленной (голландской) технологии возделывания картофеля / Кой Камссу, А.В. Шуравилин, О.А. Захарова // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 26–28.

130. Колчин, Н.Н. Качественный посадочный материал, новые технологии и технику – картофелеводам России / Н.Н. Колчин, В.И. Леунов // Картофель и овощи. – 2019-2. – № 11. – С. 24–27.

131. Колчин, Н.Н. Новая техника для картофелеводства / Н.Н. Колчин, А.Г. Пономарёв, В.Н. Зернов // Картофель и овощи. – 2019-1. – № 6. – С. 26–29.

132. Колчин, Н.Н. Технологии и техника для картофелеводства на выставке Potato Europe 2018 / Н.Н. Колчин, В.П. Елизаров, В.Н. Зернов, С.Н. Петухов // Картофель и овощи. – 2019. – № 1. – С. 27–29.

133. Колчина, Л.М. Технологии и оборудование для производства картофеля: справочник / Л.М. Колчина. – М.: Росинформагротех, 2014-1. – 163 с.

134. Колчина, Л.М. Технология и оборудование для производства картофеля: справ / Л.М. Колчина // М. – ФГБНУ «Росинформагротех». – 2014. – с. 12-14.

135. Колягин, Ю.С. Урожай и его товарность зависят от доз удобрений / Ю.С. Колягин, В.В. Денисов // Картофель и овощи. – 2003. – № 2. – С. 10.

136. Комиссаров, А. В. Влияние длительного орошения на свойства чернозёма выщелоченного в Южном Предуралье / А.В. Комиссаров, М.А. Комиссаров

// Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 5–9.

137. Кононенко, Т.Н. Методика проведения полевых опытов в условиях орошения / Т.Н. Кононенко. – Ставрополь: СКУС, 1993. – 130 с.

138. Королев, В.А. Особенности физических свойств почв центральной поймы верхнего Дона / В.А. Королев // Вестник ВГУ серия: Химия. Биология. Фармация. – 2009. – №1 – с. 73.

139. Коршунов, С.А. Становление и перспективы органического земледелия в России (обзор) / С.А. Коршунов, А.М. Асатурова, А.И. Хомяк, Г.В. Волкова // Картофель и овощи. – 2018. – № 10. – С. 2–7.

140. Коршунов, А.В. Агрэкологическая оптимизация удобрений картофеля в адаптивных севооборотах / А.В. Коршунов // Вопросы картофелеводства. – 2001. – С. 108–111.

141. Коршунов, А.В. Рекомендации по биологизированной системе технологических приёмов возделывания и уборки картофеля при орошении / А.В. Коршунов. – М.: ВНИИКХ, 2005. – 17 с.

142. Коршунов, А.В. Уроки засухи в картофелеводстве / А.В. Коршунов, Л.Н. Кутовенко, Ю.Н. Лысенко, Р.Л. Рахимов // Достижения науки и техники АПК. – № 3. – 2011. – с. 21-23.

143. Костин, Д.А. Влияние способов и глубин основной обработки пойменной почвы на урожайность и качество клубней картофеля / дис. канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Костин Денис Александрович – Саранск. – 2007. – с.12

144. Костоварова, И.А. Регулирование содержания влаги в почве и история развития способов полива / И.А. Костоварова // Вопросы мелиорации. – № 5-6. – 2013. – С. 10-26.

145. Костяков, А.Н. Основы мелиораций / А.Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.

146. Кружилин, И.П. Водосбережение в орошаемом земледелии / И.П. Кружилин, А.А. Новиков, А.Г. Болотин // Сб. науч. тр. «Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства». – Матер. Межд. науч.-практ. конф., по-

свящ. 50-летию Всероссийского НИИ орошаемого земледелия, 06-09 сентября 2017 г. – Волгоград: ФГБНУ ВНИИОЗ, 2017. – С. 43-49.

147. Кружилин, И.П. Как получить запрограммированный урожай / И.П. Кружилин, А.А. Навитня, И.А. Ткаченко // Картофель и овощи. – 1991. – № 3. – С. 13–14.

148. Кружилин, И.П. Особенности производства картофеля в условиях Нижнего Поволжья / И.П. Кружилин, В.В. Мелихов, А.А. Навитня, О.Г. Гиченкова // Видовое разнообразие и динамика развития природных и производственных комплексов Нижней Волги. – М., 2003. – Т. 1. – С. 329–341.

149. Кружилин, И.П. Патент № 2204241 Российская Федерация. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / Кружилин И.П., Ходяков Е.А., Кружилин Ю.И., Салдаев А.М., Галда А.В. // заявитель и патенто-обладатель Всероссийский НИИ орошаемого земледелия. – 2010122366/13; заявл. 20.05.2003-2.

150. Кружилин, И.П. Ранний урожай на орошаемых землях / И.П. Кружилин, А.А. Навитня, О.Г. Гиченкова // Картофель и овощи. – 2003-1. – № 2. – С. 8–9.

151. Кружилин, И.П. Режим орошения и продуктивность раннего картофеля / И.П. Кружилин, А.А. Навитня, О.Г. Гиченкова // Вопросы семеноводства и селекции орошаемых сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2001. – С. 93–98.

152. Кружилин, И.П. Совершенствование основных агроприёмов возделывания картофеля при орошении в степной зоне Южного Урала / И.П. Кружилин, А.А. Мушинский, И.П. Несват // Аграрная Россия. – 2012. – № 5. – С. 2–5.

153. Кузыченко, Ю.А., Кулинцев В.В. Оптимизация систем основной обработки почвы в полевых севооборотах на различных типах почв Центрального и Восточного Предкавказья: монография. – Ставрополь, Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2012. 168 с.

154. Кулыгин, В.А. Способы основной обработки почвы при возделывании картофеля на орошении / В.А. Кулыгин // Научный журнал Российского НИИ

проблем мелиорации. – 2014. – № 3 (15). – С. 16-26.

155. Куприченков, М.Т. Почвы Ставрополя / М.Т. Куприченков // Ставрополь: Ставропольская краевая типография. – 2005. – 424 с.

156. Литвинцев, П.А. Влияние систематического использования сидератов на продуктивность зернопарового севооборота / П.А. Литвинцев, И.А. Кобзева // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 23–24.

157. Лихацевич, А.П. Выбор способа орошения сельскохозяйственных культур / А.П. Лихацевич, Г.В. Латушкина, А.А. Левкевич // Мелиорация. – 2015. – №2(74). – с. 34-47.

158. Лихацевич, А.П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А.П. Лихацевич. – Мн.: Бел. Наука, 2005. – 278 с. – ISBN 985-08-0685-0

159. Лорх, А. Г. Экологическая пластичность картофеля / А. Г. Лорх // Москва. – Колос. – 1968. - 32 с.

160. Лорх, А.Г. Динамика накопления урожая картофеля / А.Г. Лорх. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 192 с.

161. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение как фактор повышения плодородия почвы, биологизации и экологизации земледелия / В.Г. Лошаков // Плодородие. – 2018. - № 2. – С. 26-29.

162. Мазиров, М.А. и др. Полевые исследования свойств почв : учеб. пособие к полевой практике для студентов, обучающихся по направлению подготовки 021900 – почвоведение. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. 72 с.

163. Малышевич, Б.Н. Исследования экономической эффективности использования земельных и водных ресурсов / Б.Н. Малышевич // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 61.– С. 191-200.

164. Марданшин, И.С. Современная технология возделывания картофеля в Республике Башкортостан: метод. рекомендации / И.С. Марданшин; Башкир. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва, Башинком. – Уфа: Мир печати, 2015. – 71 с.

165. Международный конгресс по ирригации и дренажу: официальный сайт.

Нью Дели, Индия. – URL:https://icid-ciid.org/icid_data_web/sprinklerandmicro.pdf
(Дата обращения 20.02.2022).

166. Мелихов, В.В. Влияние способа полива и приемов окучивания на урожайность картофеля / В.В. Мелихов, А.А. Новиков, Д.И. Василюк // Мелиорация и водное хозяйство. – 2020. – № 1. – С. 12-16.

167. Мелихов, В.В. Капельное орошение и удобрение раннего картофеля: монография / В.В. Мелихов, А.А. Новиков. – Волгоград: Сфера, 2017. – 232 с.

168. Мелихов, В.В. Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 38–40.

169. Мелихов, В.В. Научное обоснование дождевальной техники для орошаемого земледелия Нижнего Поволжья: рекомендации / В.В. Мелихов, И.П. Кружилин, Т.Н. Дронова, Ю.П. Даниленко, А.Г. Болотин, А.Е. Новиков, А.А. Новиков и др. // Волгоград: ВНИИОЗ, 2015. – 30 с.

170. Мелихов, В.В. Оптимальный режим капельного орошения и минерального питания раннего картофеля / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Картофель и овощи. – 2011-1. – № 8. – С. 16–17.

171. Мелихов, В.В. Патент 2435361 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/00. Способ возделывания картофеля летними посадками на орошаемых землях в условиях юга России, преимущественно для зон с рискованным земледелием / Мелихов В.В., Кузнецов П.И., Навитня А.А., Новиков А.А.; патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия Россельхозакадемии. № 2010122366/13; заявл 01.06.10; опубл. 10.12.2011-3.

172. Мелихов, В.В. Патент 2462023 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/00. Способ интенсивного выращивания картофеля при капельном орошении / Мелихов В.В., Кузнецов П.И., Новиков А.А., Каренгина Т.В.; патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия Рос. акад. с.-х. наук. – № 2011113618; заявл. 07.04.11; опубл. 27.09.2012.

173. Мелихов, В.В. Повышение плодородия и продуктивности светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / В.В. Мелихов // Волгоград. – ВНИИОЗ. –

2007. – 132 с.

174. Мелихов, В.В. Проектирование и расчёт систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур / 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 // Методическое пособие. – Волгоград, – 2017-1. – С.184.

175. Мелихов, В.В. Удобрение и продуктивность картофеля при капельном орошении в ранней культуре / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: Рязанский ГАУ, 2011-5. – С.74-77.

176. Мелихов, В.В. Условия реализации потенциала продуктивности картофеля при возделывании в ранней культуре / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Защитное лесоразведение в Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011-4. – С. 223–226.

177. Мелихов, В.В. Эффективность удобрения раннего картофеля при капельном орошении / В.В. Мелихов, А.А. Новиков // Плодородие. – 2011-2. – №5. – С. 25-26.

178. Мелихова, Н.П. Факторы продуктивности и плодородия почвы в орошаемых севооборотах Нижнего Поволжья / Н.П. Мелихова, А.А. Зибаров, Л.В. Бронская // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства: материалы международной НПК. – Волгоград. – ВНИИОЗ.– 2017 г. – 155-159.

179. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: ВАСХНИЛ, 1967. – 263 с.

180. Методические рекомендации по определению эффективности сельскохозяйственного производства. – М.: ВНИИЭСХ, 1997. – 68 с.

181. Методические указания по программированию технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / А.Н. Кан [и др.]. – Новочеркасск, 1985. – 120 с.

182. Михеев, П.А. Использование зарубежной техники в условиях Ростовской области / П.А. Михеев, Н.А. Иванова // Орошаемое земледелие. – 2015. – № 2. – С. 17–18.
183. Мищенко, Ю.Г. Влияние пожнивных сидератов на пористость почвы и урожайность картофеля / Ю.Г. Мищенко, И.Н. Масик // НАУКА И МИР. – 2016. – № 5-2 (33). – с. 76-79.
184. Моисеев, Ю.Ф. Урожайность картофеля в зависимости от агротехнических приемов возделывания / Ю.Ф. Моисеев, А.А. Самаркин, Л.Г. Шашкаров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Том: 7. – № 2 (24). – с. 107-109.
185. Моисейченко, В.Ф. Основы научных исследований в агрономии / В.Ф. Моисейченко и др. // М.: Колос, 1996. – 336 с.
186. Монастырский, В.А. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко, Д.В. Сухарев // Плодородие. – 2019. – № 5. – с. 45–47.
187. Монастырский, В.А. Возделывание сидеральных культур и их влияние на урожайность и качество клубней картофеля летней посадки / В.А. Монастырский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2013. – № 92(08). – 11 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/04.pdf>.
188. Монастырский, В.А. Продуктивность и качество овощных культур в звене орошаемого севооборота / В.А. Монастырский, А.Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 61–72. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=283>.
189. Муравин, Э.А., Титова В.И. Агрехимия. – М.: КолосС, 2010. – 463 с.
190. Мухортова, Т.В. Агрэкологическое изучение ранних сортов картофеля селекции ВНИИСХ в условиях светло-каштановых почв северо-запада Астраханской области / Т.В. Мухортова, А.Ф. Туманян, Буй Мань Зун // Вестник РУДН. – 2010. – № 3. – С. 29–33.

191. Мушинский, А.А. Подбор сортов картофеля с низкой поражаемостью к *Streptomyces scabies* и *fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Южного Урала / А.А. Мушинский, Е.В. Аминова, А.Ж. Саудабаева, А.А. Новиков // Известия Нижневолжского АУК.– 2019.– № 3 (55). – С. 101–107.

192. Навитняя, А. А. Разработать экологически обоснованные параметры орошаемых агрофитоценозов и адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающие использование ФАР на уровне 2,5...3,5 % семенного картофеля генеративно размножающихся сортов: отчет о НИР (заключ.): 12.05.02.05. – 2004. – 35 с.

193. Навитняя, А.А. Летние посадки – важный резерв использования завозных семян картофеля. / А.А. Навитняя, И.А. Дергачева // Картофель и овощи. – № 9. – 2009. – с. 21–22.

194. Навитняя, А.А. Особенности выращивания картофеля в Волгоградской области / А.А. Навитняя // Научные основы технологического обеспечения орошаемого земледелия в современных агроэкологических условиях: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2002. – С. 184–194.

195. Никитин, В.В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на изменение содержания гумуса в чернозёме типичном / В.В. Никитин, С.И. Тютюнов, В.Д. Соловиченко, А.Н. Воронин, Е.В. Навольнева // Аграрная наука. – 2015. – № 3. – С. 5–7.

196. Ничипорович, А.А. Световое и углеродное питание растений (фотосинтез) / А.А. Ничипорович // М.: Изд-во АН СССР. – 1955. – 287 с.

197. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора // М.: АН СССР. – 1961. – 135 с.

198. Новиков, А.А. Влияние водообеспеченности на формирование урожайности и водопотребление картофеля на черноземных почвах Волгоградской области / А.А. Новиков // Научные труды РосНИИПМ. – 2020-1. – № 3(39). – С. 38-51.

199. Новиков, А.А. Влияние предшественника на качество картофеля при

его возделывании в зоне южных черноземов / А.А. Новиков // Сб. науч. тр. «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса». – Матер. международной НПК посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Соленое Займище. – 2021-2. – с. 346-350.

200. Новиков, А.А. Влияние предшественников картофеля в звеньях севооборотов на динамику содержания гумуса и питательных веществ в почве / А.А. Новиков // Плодородие. – 2020-3. – № 2. – С. 24–33.

201. Новиков, А.А. Влияние способов полива и окучивания картофеля на структурное состояние почвы / А.А. Новиков // Агрофизика. – 2019-1. – №3 – с. 14-19.

202. Новиков, А.А. Влияние способов полива и окучивания на режим орошения картофеля / А.А. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. - №2 (54). – с. 145-153.

203. Новиков, А.А. Влияние сроков нарезки гребней на рост, развитие и урожайность картофеля / А.А. Новиков, В.В. Мелихов // Земледелие. – 2021-1.– № 7. – С. 26-29.

204. Новиков, А.А. Особенности возделывания картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье / А.А. Новиков // Картофель и овощи. – 2021.– №9. – С. 28-32.

205. Новиков, А.А. Патент 2685398 Российская Федерация, МПК А 01 В 49/06. Комбинированное устройство для рыхления почвы и ленточного внесения удобрений в гребне / Новиков А.А., Мелихов В.В., Болотин Д.А.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия. – № 2018140847/18; заявл. 19.11.18; опубл. 17.04.2019-2.

206. Новиков, А.А. Рациональное использование водных ресурсов картофеля при его выращивании в орошаемых звеньях севооборота на черноземах / А.А. Новиков // Достижения науки и техники в АПК. – 2020-2. - Т. 34. - №5. – с. 37-41.

207. Новиков, А.А. Ресурсосберегающее устройство для локальной обра-

ботки 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

208. Новиков, А.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2020616945. 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.

209. Новиков, А.А. Содержание гумуса и питательных веществ в почве в зависимости от предшественников картофеля в севообороте / А.А. Новиков // Плодородие. – 2020. – №2 (113). – с. 53-56.

210. Новиков, А.Е. Патент 2606779 Российская Федерация, МПК С 02 F 9/02, С 02 F 1/42, В 01 D 15/04. Способ водоподготовки / Новиков А.Е., Мелихов В.В., Филимонов М.И., Ламскова М.И., Болотин А.Г., Новиков А.А., Каренгина Т.В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия. – № 015136412; завл. 27.08.15; опубл. 10.01.2017.

211. Новиков, А.Е. Патент на изобретение 2743058. Культиватор для обработки посадок семенного картофеля / Новиков А.Е., Моторин В.А., Филимонов М.И., Константинова Т.Г., Болотин Д.А., Новиков А.А., Тершукова Е.И. // Заявка № 2020123810 от 10.07.2020.

212. Новикова, И.В. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур при хозяйственно-экономических и экологических ограничениях / И.В. Новикова, Г.А. Сенчуков, Е.Н. Лунева // Орошаемое земледелие. – 2015. – № 3. – С. 19–20.

213. Овчинников, А.С. Научно обоснованные нормы выращивания раннего картофеля на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / А.С. Овчинников, Е.В. Сущенко // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы международной НПК, Волгоград. ВНИИОЗ.– 2016 г. – 108 с.

214. Овчинников, А.С. Особенности распространения влаги в контуре увлажнения при капельном орошении / А.С. Овчинников, И.И. Азарьева // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 29–30.

215. Ограничение доз азотных удобрений под картофель, овощные и кормовые культуры: рекомендации / Богдевич, И. М., Лапа, В. В., Лимантова, Е. М. [и др.] Западное региональное отделение ВАСХНИЛ, Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, Белорусский научно-исследовательский институт картофелеводства и плодоовощеводства. - Минск: Ураджай. – 1990. – с. 12.

216. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Касьянова А.С. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области // Фундаментальные исследования. №4. 2013. С. 379-383.

217. Ольгаренко, В.И. Водный баланс и урожайность посадок картофеля в условиях орошаемой поймы Нижнего Дона / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, В.И. Ольгаренко, Ф.Т. Ткаченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019-1. – № 6(176). – С. 47–52.

218. Ольгаренко, В.И. Нормирование водопотребления сельскохозяйственных культур с учётом изменчивости гидрометеорологических условий / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, В.Иг. Ольгаренко, А.А. Панкарикова, М.С. Эфендиев, Г.Г. Костюнин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 22–40. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=927>.

219. Ольгаренко, В.И. Система интегральных показателей оценки эффективности водопользования / В.И. Ольгаренко, И.В. Ольгаренко, С.Д. Дезюра, М.В. Герасименко, В.И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 139–152. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=992>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-139-152.

220. Ольгаренко, Г.В. Развитие технологий и техники микроорошения / Г.В. Ольгаренко // Техника и оборудование для села – 2015. – № 1. – С. 17-20.

221. Осипова, Е.А. Селекция высокоурожайных фитофтороустойчивых сортов картофеля для Нечерноземья / Е.А. Осипов // Бюллетень ВИР. –1980. – 105. – с. 41-45.
222. Переверзин, Ю.Н. Интенсивная технология как фактор повышения экономической эффективности производства картофеля / Ю.Н. Переверзин, А.Ю. Левкина // Аграрный научный журнал. – 2015. – №4. – С. 91-95.
223. Писарев, Б.А. Агротехника высоких урожаев картофеля / Б.А. Писарев, С.Н. Карманов, В.Ф. Гриневич, Н.И. Тихонов // Колос. - Москва. – 1969. – 121 с.
224. Писарев, Б.А. Сортовая агротехника картофеля / Б.А. Писарев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 209 с.
225. Плахов, С.А. Универсальный модуль для протравливания клубней / С.А. Плахов, В.М. Алакин, А.И. Пономарев // Картофель и овощи. – 2019. – № 7. – С. 22–23.
226. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В.Н. Плешаков // Волгоград: ВНИИОЗ. – 1983. – 148 с.
227. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения / В.Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.
228. Плешаков, В.Н. Сорты и гибриды раннего картофеля для Нижнего Поволжья / В.Н. Плешаков, А.А. Ахтырченко, Л.И. Спиридонова // Картофель и овощи. 1973. – №10. – С. 10-12
229. Пожилов, В.И. Система ведения агропромышленного производства Волгоградской области на 1996-2010 гг. [Текст] // Пожилов В.И., Гаврилов А.М., Костров В.Д., Кружилин И.П., Маттис Г.Я., Горлов И.Ф. – Волгоград: Комитет по печати, 1997. – 115 с.
230. Пономарёв, А.Г. Обоснование конструктивной схемы сошниковой группы картофелесажалок / А.Г. Пономарёв, В.Н. Зернов // Картофель и овощи. – 2018. – № 12. – С. 13–15.
231. Постников, А.Н. Бактерии повышают урожай картофеля [Электронный ресурс] / А.Н. Постников, А.А. Петров-Спиридонов, О.Г. Кубарева, Н.В.

Лесков, П. М. Артемьев. – Режим доступа:
<https://www.agroxxi.ru/journal/199904/199904001.pdf>, 2020.

232. Постников, А.Н. Картофель на юге / А.Н. Постников // *Агрожурнал*. – 2008.

233. Правила и методы внесения минеральных удобрений. // *Официальный сайт. АГРОПК* : [Сайт]. – 2018. - URL: <https://agropk.by/itma/vnesenie-mineralnykh> (дата обращения: 20.10.2021 г.)

234. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 11 января 2013 г. № 330. Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур (Зарегистрировано в Минюсте России 31.07.2017 N 47595) – М. МСХ РФ, 2013. – 3 с.

235. Пронько, Н.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье / Н.А. Пронько, Е.И. Бикбулатов, Ю.А. Новикова // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2015. – №3. – с. 27-30.

236. Рабинович, Г.Ю. Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах / Г.Ю. Рабинович, Д.В. Тихомирова, В.Н. Лапушкина // *Аграрный вестник Урала*. – 2020.– № 07 (198). – с. 12-22.

237. Рафальский, С.В. Основные направления и результаты НИР по селекции картофеля в Приамурье / С.В. Рафальский, О.М. Рафальская, Т.В. Мельникова / *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2019. – № 3 (51). – С. 57-63.

238. Родионова, О.А. Воспроизводство и обменно-распределительные отношения в сельскохозяйственных организациях // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2010. № 1 (2). С. 24-27.

239. Родионова, О.А. Воспроизводство и обменно-распределительные отношения в сельскохозяйственных организациях / О.А. Родионова // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. – 2010. – № 1 (2). – С. 24-27.

240. Розанов, Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: Акад. проект, 2004. – 432 с.

241. Романова, И.Н. Сроки, способы посадки и регуляторы роста как элементы ресурсосберегающей технологии картофеля / И.Н. Романова, С.Е. Терен-

тьев, М.И. Перепичай, К. В. Мартынова. // Картофель и овощи. - 2019 - №10 – С. 19-21.

242. Сазонов, Н.В. Технологическое и техническое обеспечение производства картофеля в России / Н.В. Сазонов, А.А. Дорохов // Картофель и овощи. – 2019. – № 3. – С. 20–22.

243. Санду, И.С. Эффективность сельскохозяйственного производства. Методические рекомендации / И.С. Санду, В.А. Свободина, В.И. Нечаев, М.В. Косолапова, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 228 с.

244. Сатункин, И.В. Влияние расчетных норм минеральных удобрений и глубины основной обработки чернозема южного при умеренном режиме орошения на продуктивность и качество клубней картофеля / И.В. Сатункин, Ю.А. Гулянов, А.А. Григорьев // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы международной НПК, Волгоград. ВНИИОЗ.– 2016 г. – 124 с.

245. Сатункин, И.В. Влияние глубины основной обработки и удобрений при возделывании картофеля по европейской технологии (Гримме) на структурно-агрегатный состав и эффективное плодородие чернозёма южного Черновской ОС / И.В. Сатункин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(64). – С. 31–36.

246. Сатункин, И.В. Влияние способа и техники полива картофеля на структурно-агрегатный состав и факторы водопрочности структуры чернозёма южного / И.В. Сатункин, А.И. Гуляев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5 (79). – С. 112–115.

247. Сатункин, И.В. Продуктивность и качество клубней картофеля в зависимости от системы удобрения и способа основной обработки почвы при капельном орошении / И.В. Сатункин, А.А. Григорьев, И.Е. Иванов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – с. 65-70.

248. Свиридова, Л.Л. Орошение картофеля в условиях Северного Прикаспия / Л.Л. Свиридова, М.С. Григоров // Вестник РАСХН. – 2009. – № 4. – С. 37–38.

249. Свист, В.Н. Альтернативные удобрения для картофеля / В.Н. Свист, А.А. Молякко // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 31–32.
250. Селицкий, С.А. Высокопродуктивные звенья орошаемых севооборотов / С.А. Селицкий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГБНУ «РосНИИППМ». – Новочеркасск: Геликон, 2011. – Вып. 45. – С. 140–143.
251. Семенов, С.Я. Выращивание картофеля с применением инновационной технологии электрохимической активации воды / С.Я. Семенов, Е.И. Чушкина, А.Н. Чушкин, М.Н. Климова // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию образования ВолГАУ. – 2014. – С. 168–171.
252. Семенов, С.Я. Конструктивные особенности и расчет систем капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды / С.Я. Семенов, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 5. – с. 16-21.
253. Семенов, В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
254. Скрыбин, А.А. Влияние предшественника на урожайность раннеспелого картофеля сорта Розалинд в Предуралье / А.А. Скрыбин // Научный Альманах. – 2017. – № 3-3 (29). – с. 430-433.
255. Скрыбин, А.А. Урожайность раннеспелого картофеля в зависимости от предшественника в Среднем Предуралье / А.А. Скрыбин // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). – 11 (20). – Сельскохозяйственные науки. 2015. – с. 22-25.
256. Скуратов, Н.С. Методика определения наименьшей влагоёмкости / Н.С. Скуратов, Д.А. Штокалов // Методики по определению скорости впитывания воды в почву, параметров поверхностных способов полива, объёмной массы и наименьшей влагоёмкости почвы, отбора почвенных образцов на анализ: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1985. – С. 54-55.
257. Смирнов, А.Н. Изучение биологии возбудителя фитофтороза картофеля / А.Н. Смирнов // Доклады ТСХА. – 2001. – Вып. 273, ч. 1. – С. 226–231.

258. Старовойтов, В. И. Обоснование процессов и средств механизации производства картофеля в системе «поле-потребитель» / автореферат дис. ... д-ра технических наук: 05.20.01 / Старовойтов Виктор Иванович – НИИ с.-х. машиностроения. – Москва. – 1995. – 37 с.

259. Старовойтов, В.И. Влияние предпосадочной обработки почвы на урожайность картофеля / В.И. Старовойтов, Х.Н. Насибов, О.А. Старовойтова // Вестник ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2012. – № 2 (53). – С. 47-50.

260. Старовойтов, В.И. Патент 2286666 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/00. Способ возделывания картофеля / Старовойтов В.И., Черников В.И., Холстинин А.Ю., Бызов В.А., Масюк Ю.А., Зейрук В.Н., Павлова О.А., Гаврилов В.Н., Суровцев Р.А., Бойко Ю.П., Кукушкина Л.Н.; заявитель и патентообладатель АгроНИР. № 2005105100/12; заявл. 24.02.05; опубл. 10.11.2006.

261. Старовойтов, В.И. Ширококорядные технологии и машины для возделывания картофеля / В.И. Старовойтов // Техника и оборудование для села. – 2004. – № 11. – С. 16–20.

262. Старовойтова, О.А. Создание устойчивой среды при выращивании картофеля / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина, Чайка В.А. // Агроинженерия. – 2020. – № 5 (99). – С. 15-20.

263. Старовойтова, О.В. Разработка и совершенствование элементов технологии возделывания картофеля применительно к условиям изменяющегося климата нечерноземной зоны России. дис. ...доктора. с.-х. наук: 05.20.01 / Старовойтова Оксана Анатольевна – Москва, 2020. – 317 с.

264. Тагиров, М.Ш. Эффективность способов посадки, сроков и способов внесения удобрений под картофель в условиях Республики Татарстан / М.Ш. Тагиров // Достижения науки и техники АПК. – 2009.– № 4. – с. 35-37.

265. Тарадин, С.А. Водопроницаемость и плотность сложения черноземов обыкновенных в зависимости от способов основной обработки почвы при возделывании подсолнечника на склоновых землях / С.А. Тарадин // International Journal of Humanities and Natural Sciences, – 2019. – vol.6-2 - С. 27–30.

266. Терпигорев, А.А. Основные методы обоснования рациональных элементов технологии поверхностного полива по бороздам / А.А. Терпигорев, М.С. Зверьков // Экология и строительство.– 2017. – № 2. – С. 25–30.

267. Технология возделывания горчицы на сидерат электронный ресурс. <https://sarepta.ru/suppliers/kultura-vozdelyvaniya-gorchitsy> / Дата обращения 05.01.2022 г.

268. Титова, В. И. Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы на урожайность и фитопатологическую характеристику клубней картофеля / В.И. Титова, Э.Т. Акопджанян // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. – № 22(3). – С. 393–400.

269. Тищенко, В.Н. Продолжительность вегетационного и межфазных периодов и их корреляции с урожайностью в зависимости от условий года и генотипа озимой мягкой пшеницы / В.Н. Тищенко, Н.М. Чекалин, И.А. Панченко, З.В. Усова // https://agromage.com/stat_id.php?id=409. – 2005.

270. Томилов, В.П. О статистической обработке данных полевых опытов / В.П. Томилов // Земледелие. – 1987. – №3. – С. 48-51.

271. Туболев, С.С. Применение машинных технологий производства картофеля в России / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, К.А. Пшеченков // Картофель и овощи. – 2007. – № 5. – С. 2–4.

272. Туболев, С.С. Развитие отечественного с.-х. машиностроения определяет будущее России / С.С. Туболев, Н.Н. Колчин, Н.В. Бышов, Ю.А. Быковский // Картофель и овощи. – 2018. – № 4. – С. 6–8.

273. Тулинов, А.Г. Элементы технологии возделывания картофеля, обеспечивающие урожайность 31,7–34,2 т/га и снижение затрат энергии и ресурсов на 20,7–31,0 % / А.Г. Тулинов; Науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Респ. Коми. – Сыктывкар: НИИСХ Респ. Коми, 2014. – 22 с.

274. Туманян, А.Ф. Скороспелые сорта картофеля для Астраханской области / А.Ф. Туманян, Буй Мань Зунг // Аграрная наука. – 2010. – № 12. – С. 14–15.

275. Турусов, В.И. Роль пожнивно-корневых остатков в восстановлении

плодородия почвы / В.И. Турусов, О.А. Богатых, Н.В. Дронова, Е.А. Балюнова // Плодородие. – 2020. - №4. – с. 10-12.

276. Усанова, З.И. Формирование урожайности сортов картофеля при возделывании по разным технологиям в условиях Верхневолжья / З.И. Усанова, В.В. Козлов // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. - С. 42-45.

277. Фадеева, М.Ф. Соя стратегическая культура в экономической политике / М.Ф. Фадеева, Л.В. Воробьева // Владимирский земледелец. – 2017. - №1 (79). – С. 27–28.

278. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Урожайность сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях. Электронный ресурс. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy?print=1. Дата обращения 06.11.2021 г.

279. Федеральная служба государственной статистики: Официальный сайт. – Москва. – URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy?print=1. (дата обращения 06.11.2021 г).

280. Федин, М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / М.А. Федин. – М.: Мин-во сел. хоз-ва СССР, 1985. 285 с.

281. Федотов В.А., Гончаров С.В., Савенков В.П. Рапс России. – М.: Агролига России, 2008. 336 с.

282. Федотов, Л.С. Применение органоминеральных удобрений под картофель / Л.С. Федотов. – М., 2005. – 30 с.

283. Федотова, Л.С. Основа современных технологий выращивания картофеля – биологизированная ресурсосберегающая система питания / Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, А.В. Алимбетова, А.В. Ермоленков, А. В. Федосов // Актуальные проблемы науки и практики. Вопросы картофелеводства. – М.: ВНИИКХ, 2006. – С. 166–173.

284. Филимонов, М.С. Выращивание картофеля при орошении / М.С. Филимонов // Сельское хозяйство Поволжья. 1961. – № 6. – С. 25–28

285. Филимонов, М.С. Определение сроков полива расчетным методом с использованием зональных биоклиматических коэффициентов / М.С. Филимо-

нов, М.К. Сухинина // Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье. Волгоград, 1981. – С. 12-20.

286. Филимонов, Р.А. Схема и методика проведения исследований по капельному режиму орошения картофеля в условиях Волго-Донского междуречья / Р.А. Филимонов // Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: МГУП, 2008. – Ч. 1. – С. 240–245.

287. Харапьяк, Дж.Т. Причины перехода фермеров на ленточное внесение удобрений / Дж.Т. Харапьяк // Сельскохозяйственная и экологическая консультативная служба, Калгари, Канада. 2016. Эл. ресурс <https://agrovesti.net/lib/tech/fertilizer-tech/prichiny-perekhoda-fermerov-na-lentochnoe-vnesenie-udobrenij.html> Дата обращения 27.11.2021.

288. Харченко, В.М. Производство семенного картофеля и разработка элементов технологии возделывания двух урожаев в год в КБР / Автореф. дис. ...канд.с.-х. наук: 06.01.09. // Харченко Владимир Михайлович - Нальчик. – 2004. – 22 с.

289. Храбров, М.Ю. Технология малообъемного орошения / М.Ю. Храбров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 4. – С. 30–32.

290. Царикаев, З.А. Сидераты в формировании урожая клубней картофеля / З.А. Царикаев, С.С. Басиев, Х.Т. Дзедаев // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения. Сборник статей по материалам Международной НПК. Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева (Лесниково). –2021.– с. 157-161.

291. Чамышев, А.В. Академик Н.И. Вавилов и развитие отечественного картофелеводства / А.В. Чамышев // Картофель и овощи. – 2018. – № 2. – С. 32–33.

292. Часовских, Н.П. Состояние изученности биологии культуры картофеля в степных регионах / Н.П. Часовских, В.А. Новиков, Т.А. Забияко // Бажановские чтения. – Оренбург: Оренбургский НИИСХ. – 2003. – с. 218-228.

293. Чеботарев Н.Т. Возделывание картофеля в кормовом севообороте на

дерново-подзолистой почве Севера / Н.Т. Чеботарев, П.И. Конкин, А.А. Юдин, Е.Н. Микушева // Картофель и овощи. – 2019. – № 3. – С. 23–24.

294. Чекаев, Н.П. Влияние систем удобрений картофеля в условиях орошения на урожайность и качество клубней / Н.П. Чекаев, Т.А. Власова // Нива Поволжья. – 2017. – № 2 (43). – С. 48-54.

295. Черемисин, А.И. Агробиологическая оценка сортов картофеля в условиях подтаежной зоны Западной Сибири / А.И. Черемисин // Картофелеводство: сборник научных трудов: материалы НК «Мировые генетические ресурсы картофеля. Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – 183 с.

296. Черемисин, А.И. Орошение картофеля – эффективный приём повышения урожайности / А.И. Черемисин // Сибирские учёные – агропромышленному комплексу. – Омск, 2000. – С. 28–30.

297. Черников, В.И. Обработка почвы под картофель / В.И. Черников // Новое в картофелеводстве: Сборник. – М.: Московский рабочий. – 1982. – С. 20–26.

298. Шабалдас, О.Г. Продуктивность пашни при получении двух-трех урожаев в год на светло-каштановых почвах Восточного Предкавказья при орошении: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09. / Шабалдас Ольга Георгиевна – Ставрополь., 1995. – 4 с.

299. Шабанов, А.Э. Комплекс агроприёмов для раннего картофеля / А.Э. Шабанов, А.И. Киселёв // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. – С. 34–36.

300. Шабанов, А.Э. Продуктивность и качество сортов картофеля нового поколения / А.Э. Шабанов, А.И. Киселёв, Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Е.В. Князева // Картофель и овощи. – 2019. – № 3. – С. 25–27.

301. Шабанов, А.Э. Урожайность и качество картофеля при отдельном и совокупном применении агроприёмов на дерново-подзолистой супесчаной почве центрального региона нечерноземной зоны РФ. / А.Э. Шабанов, А.И. Киселев, С.Н. Зебрин, Н.П. Попова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2016. – № 20 (25). – С. 25–32.

302. Шабанов, В.В. Оптимизация режима орошения / В.В. Шабанов, Э. С. Шаршеев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 26–29.

303. Шабанов, Н.Э. Влияние ширины междурядий на температуру, влажность, плотность почвы и урожайность картофеля / Н.Э. Шабанов, О.А. Старовойтова // Агроинженерия. – 2016. – № 4. – С. 34–38.

304. Шалашова, О.Ю. Очищающие, удобрительные и мелиорирующие компосты / О.Ю. Шалашова, Р.Е. Юркова, С.Л. Гарин // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр. – Т. 22: Проблемы природопользования и обеспечения экологической безопасности. – Новочеркасск, 2004. – 294 с.

305. Шалыгина, Н.М. Применение сидеральных культур и органоминеральных удобрений в севообороте – эффективный способ повышения плодородия охристых вулканических почв Камчатки / Н.М. Шалыгина, Н.И. Ряховская // Плодородие. – 2018. – № 2. – С. 46-48.

306. Шанин, А.А. Влияние сроков уборки на хозяйственно-биологические особенности раннеспелых сортов картофеля / А.А. Шанин // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 4. – С. 44–45.

307. Шапошникова, И.М. Плодородие черноземов юга России / И.М. Шапошникова // Ростов-на-Дону. – 2004. – 230 с.

308. Шевченко, П.Д. Минеральные удобрения и сидераты повышают плодородие чернозёмов при орошении / П.Д. Шевченко, А.Д. Дробилко, Ю.А. Дробилко, С.А. Маликов // Проблемы и перспективы развития мелиорации и водного хозяйства (Шумаковские чтения совместно с заседанием секции РАСХН): материалы науч.-практ. конф., 29–30 сент. 2011 г. / НГМА. – Новочеркасск: Лик, 2011. – С. 156–162.

309. Шевченко, П.Д. Орошаемое земледелие и растениеводство / П.Д. Шевченко, Г.Т. Балакай, В.Н. Василенко. – Новочеркасск: Лик, 2009. – 451 с.

310. Шестаков, Н.И. Урожайность картофеля в зависимости от приемов обработки почвы перед посадкой. / Н.И. Шестаков. // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 12. – с. 23–24.

311. Шестаков, Н.И. Урожайность картофеля в зависимости от приёмов

подготовки почвы и внесения удобрений / Н.И. Шестаков, В.А. Макаров // Вестник АПК Ставрополья. – 2013. – № 2 (10). – С. 45–48.

312. Шестеперов, А.А. Возделывание нематодоустойчивых сортов картофеля в очагах глободероза в фермерских и личных подсобных хозяйствах / А.А. Шестеперов, О.Г. Грибоедова, Е.А. Колесова, А.И. Володин // Защита и карантин растений. – 2019. – №12. – С. 35–38.

313. Шляхов, В.А. Альтернативные экологически безопасные технологии возделывания картофеля при различных способах орошения в условиях аридной зоны Нижнего Поволжья: монография / В.А. Шляхов, Т.В. Мухортова, Л.Л. Свиридова. – М.: Вестник Рос. акад. с.-х. наук, 2009. – 183 с.

314. Шляхов, В.А. Ресурсосберегающие элементы технологии возделывания картофеля при капельном орошении / В.А. Шляхов, В.Н. Самодуров, В.В. Коринец; Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого овощеводства и бахчеводства. – Астрахань, 2008. – 111 с.

315. Шляхов, В.А. Эффективная технология получения качественного картофеля на залежных землях / В.А. Шляхов, Г.Ф. Соколова, В.В. Коринец, В.М. Ермаков / Аграрный вестник Урала.– 2011. – № 12-1 (91), – С. 36–37.

316. Шмырева, Н.Я. Потоки и баланс азота удобрения и азота почвы в условиях севооборота на эродированной дерново-подзолистой почве / Н.Я. Шмырева, А.А. Завалин, О.А. Соколов // Плодородие. – 2020. – №1. – С. 54–57.

317. Шпаар, Д. Картофель. Выращивание, уборка, хранение. / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер [и др]. / Под общей редакцией Д. Шпаара. – М.: ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», – 2016. – 458 с.

318. Шпаар, Д. Картофель. Выращивание, уборка, хранение. / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер [и др]. / Под общей редакцией Д. Шпаара. – М.: ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2016. – 458 с. (стр. 189, 198).

319. Шурупов В.Г., Картамышева Е.В. Горчица сарептская. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, – 1997.– 56 с.

320. Щедрин, В.Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В.Н. Щедрин, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова //

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 2 (30). – С. 1–21.

321. Щедрин, В.Н. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозёма обыкновенного / В.Н. Щедрин, А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2016. – № 1(41). – С. 14–21.

322. Щедрин, В.Н. Система мелиоративных мероприятий по регулированию почвенных процессов, способствующих повышению плодородия различных типов почв и улучшению экологического состояния орошаемых земель / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова, В.Ц. Челахов, О.Ю. Шалашова // Монография. Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – Новочеркасск. – 2019. – 77 с.

323. Щедрин, В.Н. Цикличность в природе и в мелиорации – путь к реализации технологий будущих поливов / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, Т.П. Андреева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Серия: Агроинженер – 2008 – № 2. – С. 128–133.

324. Юхневич, М.И. Эффективность применения медленно действующих форм азотных удобрений на картофеле / М.И. Юхневич, Г.А. Лось, Г.В. Пироговская // Картофелеводство. – 2000. – Вып. 10. – С. 249–256.

325. Яковлева, М.И. Влияние зернобобовых культур как предшественников на урожайность и качество картофеля / М.И. Яковлева, В.Л. Димитриев, Г.А. Мефодьев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(57). – С. 48-51.

326. Якубышина, Л.И. Влияние глубокой обработки почвы на урожайность и качество клубней картофеля в северной лесостепной зоне Тюменской области / Л.И. Якубышина, Ю.П. Логинов // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 2 (38). – С. 74-77.

327. Ясониди, О.Е. Проектирование систем капельного орошения / О.Е. Ясониди. – Новочеркасск: НИМИ, 1984. – 100 с.

328. Abawi, G.S. Impact of soil health management practices on soil-borne

pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops / G.S. Abawi, T.L. Widmer // *Appl. Soil Ecol.* – 2000. – Vol. 15(1). – P. 37–47. – DOI: 10.1016/S0929-1393(00)00070-6.

329. Akiew, S. Mustard green manure reduces bacterial wilt / S. Akiew, P.R. Trevorrow, J.A. Kirkegaard // *Bacterial Wilt Newsletter.* – 1996. – Vol. 13. – P. 5–6.

330. Amer, K.H. Canopy resistance as affected by soil and meteorological factors in potato / K.H. Amer, J.L. Hatfield // *Agronomy Journal.* – 2004. – Vol. 96, № 4. – P. 978–985. – DOI: 10.2134/agronj2004.0978.

331. Amer, K.H. Effect of irrigation method and non-uniformity of irrigation on potato performance and quality / K.H. Amer, A.A. Samak, J. Hatfield // *Journal of Water Resource and Protection.* – 2016. – Vol. 08(03). – P. 277–292. – DOI: 10.4236/jwarp.2016.83024.

332. Baig, M.B. Rehabilitation of problem soils through environmental friendly technologies – II: Role of Sesbania (*Sesbania aculeata*) and gypsum / M.B. Baig, M.S. Zia // *Agricultura Tropica et Subtropica.* – 2006. – Vol. 39(1). – P. 26–33.

333. Bhattacharyya R. Soil degradation in India: Challenges and potential solutions [Text] / R. Bhattacharyya, B.N. Ghosh, P.K. Mishra, B. Mandal, C. Rao, D. Sarkar, K. Das, K.S. Anil, M. Lalitha, K.M. Hati, A.J. Franzluebbbers // *Sustainability.* – 2015. – Vol. 7(4). – P. 3528–3570. – DOI: 10.3390/su7043528.

334. Blackshaw R.E. Yellow sweet clover, green manure, and its residues effectively suppress weeds during fallow / R.E. Blackshaw, J.R. Moyer, R.C. Doram, A.L. Boswell // *Weed Sci.* – 2001. – Vol. 49. – P. 406–413. – DOI: 10.1614/0043-1745(2001)049[0406:YSGMAI]2.0.CO;2.

335. Bohme, K. Wasser tropfenweise. Spezielle Kartoffel Qualität und stabiler Ertrag mit Tropfbewässerung / K. Bohme // *Neue Landwirtsch.* 2000. № 9. – S. 43-45.

336. Carvalho N.S. Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties / N.S. Carvalho, A.B. Oliveira, M.C. Pessoa, V.P. Costa Neto, R. S. de Sousa, J.R. da Cunha, A.G. Coutinho, V.M. dos Santos, A. S. F. de Araujo // *African Journal of Agricultural Research.* – 2015. – Vol. 10. – P. 4076–4081. – DOI: 10.5897/AJAR2015.9885.

337. Dubenok, N.N. Processing of specific growth of various potato varieties under drip irrigation in Lower Volga region / N.N. Dubenok, V.V. Melikhov, A.A. Novikov, D.A. Bolotin, D.I. Vasilyuk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2021 - 4, 624(1), 012014.
338. Dubey, L. Role of green manuring in organic farming / L. Dubey, M. Dubey, M. Jain // Plant Archives. – 2015. – Vol. 15(1). – P. 23–26.
339. Florentin M.A. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms / M.A. Florentin, M. Penalva, A. Calegari, A. Derpsch; FAO. – 2011. – (Integrated Crop Management. Vol. 12). – 97 p.
340. Gebremariam, H.L. Optimizing yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under different depth of irrigation water levels / H.L. Gebremariam, K. Weide, K.D. Kahsay // Sustainable Water Resources Management. – 2018. – Vol. 4, iss. 4. – P. 1043–1049. – DOI: 10.1007/s40899-018-0238-4.
341. Gugąła, M. Impact of soil cultivation and weed control methods on nutrient yields and economic effectiveness of potato cultivation. Part I. Potato nutrient yields / M. Gugąła, K. Zarzecka, A. Baranowska // Acta Scientiarum Polonorum Agricultura. – 2008. – № 7. – P. 21–32.
342. Haase, N.U. Optimierungsansätze der Kartoffelproduktion / N.U. Haase // Veroff. Arbeitsgemeinschaft. Kartoffelforsch. – 2001. – Bd. 22. – S. 1–10.
343. Kamil, D. Effect of green manuring of *Crotalaria juncea* L. on some soil-borne pathogens / D. Kamil, R. Kumar, A. Sinha // Indian Phytopath. – 2009. – Vol. 62(3). – P. 304–309.
344. Khakbazan M. The economics of irrigated potato crop rotation in Manitoba / M. Khakbazan, R.M. Mohr, K. Volkmar, D.J. Tomasiewicz // American Journal of Potato Research. – 2010. – Vol. 87(5). – P. 446–457. – DOI: 10.1007/s12230-010-9147-2.
345. Khan, A.R. Improvement of crop and soil sustainability through green manuring in rainfed lowland rice ecosystem / A.R. Khan, A.K. Ghorai, S.R. Ingh // Agrochimica. – 2000. – Vol. 44(1–2). – P. 21–29.
346. Koshkarova, T.S. Organization of water accounting and water saving of ir-

rigation water based on world experience in the conditions of changing climate [Text] / T.S. Koshkarova, L.N. Medvedeva, L.A. Voevodina, A.A. Novikov. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 577, Issue 1, 14 October 2020 - 7, Number of article 012013.

347. Kumar R. Green manuring: A boon for sustainable agriculture and pest management – A review / R. Kumar, G. Mahajan, S. Srivastava, A. Sinha // Agri. Review. – 2014. – Vol. 35(3). – P. 196–206. – DOI: 10.5958/0976-0741.2014.00906.4.

348. Larkin, R.P. Control of soilborne potato diseases using Brassica green manures / Larkin R.P., Griffin T.S. // Crop Prot. – 2007. – Vol. 26(7). – P. 1067–1077. – DOI: 10.1016/j.cropro.2006.10.004.

349. Meena R.K. Legume green manuring: An option for soil sustainability / B.L. Meena, R.K. Fagodiya, K. Prajapat, V. Dotaniya // Legumes for Soil Health and Sustainable Management. – 2012. – P. 387–408.

350. Novikov, A.A. The crops influence on the nutrients content in the soil dynamics in the crop rotation links [Text] / A.A. Novikov // В сборнике: 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

351. Ochiai N. Effects of green manure type and amendment rate on Verticillium wilt severity and yield of Russet Burbank potato / N. Ochiai, M. L. Powelson, R. P. Dick, F. J. Crowe // Plant Dis. – 2007. – Vol. 91(4). – P. 400–406. – DOI: 10.1094/PDIS-91-4-0400.

352. Ochiai N. Green manure effects on soil quality in relation to suppression of Verticillium wilt of potatoes / N. Ochiai, M.L. Powelson, F.J. Crowe, R.P. Dick // Biology and Fertility of Soils. – 2008. – Vol. 44. – P. 1013–1023. – DOI: 10.1007/s00374-008-0289-z.

353. Pawar, D.D. Water production functions for potato (*Solanum tuberosum*) under different irrigation methods / D.D. Pawar, S. Dingre // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2014. – Vol. 84(2). – P. 261–266.

354. Peters R.D. Developing disease-suppressive soils through crop rotation and

tillage management practices / R.D. Peters, A.V. Sturz, M.R. Carter, J. B. Sanderson // *Soil & Tillage Research*. – 2003. – Vol. 72. – P. 181–192. – DOI: 10.1016/S0167-1987(03)00087-4.

355. Peters R.D. Influence of crop rotation and conservation tillage practices on the severity of soil-borne potato diseases in temperate humid agriculture / R.D. Peters, A.V. Sturz, M.R. Carter, J.B. Sanderson // *Canadian Journal of Soil Science*. – 2004. – Vol. 84. – P. 397–402. – DOI: 10.4141/S03-060.

356. Pung, H. The use of Brassica green manure crops for soil improvement and soil borne disease management / H. Pung, P. L. Aird, S. Cross // 3rd Australian Soilborne Diseases Symposium, 8–11 Febr. – 2004. – P. 1–2.

357. Saini, P.K. Green manures in agriculture: A review / P.K. Saini, R.K. Yadav, G.C. Yadav // *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*. – 2019. – Vol. (34). – P. 1–10. – DOI: 10.18805/BKAP142.

358. Santos V.S. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems / V.B. Santos, A.S. F. Araujo, L.F.C. Leite, L.A.L. Nunes, W.J. Melo // *Geoderma*. – 2012. – Vol. 170. – P. 227–231. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2011.11.007.

359. Sarrantonio, M. The role of cover crops in North American cropping systems / M. Sarrantonio, E. Gallandt // *Journal of Crop Production*. – 2003. – Vol. 8. – P. 53–74. – DOI: 10.1300/J144v08n01_04.

360. Shock, C.C. Irrigation best management practices for potato / C.C. Shock // *American Journal of Potato Research*. – 2007. – Vol. 84, № 1. – P. 29–37.

361. Thorup-Kristensen, K. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones / K. Thorup-Kristensen, J. Magid, L.S. Jensen // *Advances in Agronomy*. – 2003. – Vol. 79. – P. 227–302. – DOI: 10.1016/S0065-2113(02)79005-6.

362. Wiggins, B.E. Green manures and crop sequences influence potato diseases and pathogen inhibitory activity of indigenous streptomycetes / B.E. Wiggins, L.L. Kinkel // *Phytopathology*. – 2005. – Vol. 95(2). – P. 178–185. – DOI: 10.1094/PHYTO-95-0178.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Агрегатный состав почвы в первом поле звеньев севооборотов перед
закладкой опыта (среднее за 2011–2013 гг.)

Звено	Культура	Слой почвы, м	Размер агрегатов, мм		
			> 10	10,00-0,25	< 0,25
1	Озимая пшеница	0,00-0,10	18,97	75,47	5,56
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	21,04	72,40	6,56
	Лук	0,21-0,30	19,01	75,57	5,42
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	19,56	75,11	5,33
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	21,74	73,21	5,05
	Лук	0,21-0,30	19,87	75,23	4,90
3	Озимая пшеница	0,00-0,10	19,78	76,04	4,18
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	21,12	74,87	4,01
	Лук	0,21-0,30	20,25	73,85	5,90
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	21,04	73,90	5,06
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	19,12	74,11	6,77
	Лук	0,21-0,30	19,78	75,40	4,82
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	20,13	74,58	5,29
	Лук	0,11-0,20	20,97	74,31	4,72
	Картофель весенней посадки	0,21-0,30	18,97	75,12	5,91
6	Соя	0,00-0,10	20,13	74,85	5,02
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	19,47	73,98	6,55
	Лук	0,21-0,30	19,46	74,68	5,86

Агрегатный состав почвы после ротации звеньев севооборотов
(среднее за 2013–2015 гг.)

Звено	Культура	Слой почвы, м	Размер агрегатов, мм		
			> 10	10,00-0,25	< 0,25
1	Озимая пшеница	0,00-0,10	20,14	75,12	4,74
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	21,98	73,89	4,13
	Лук	0,21-0,30	20,89	74,11	5,00
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	0,00-0,10	19,21	74,51	6,28
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	21,53	74,28	4,19
	Лук	0,21-0,30	18,97	74,12	6,91
3	Озимая пшеница	0,00-0,10	18,97	75,12	5,91
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	20,87	74,53	4,50
	Лук	0,21-0,30	19,87	74,58	5,55
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	0,00-0,10	19,79	75,21	5,00
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	21,58	73,58	4,84
	Лук	0,21-0,30	18,79	75,87	5,34
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	20,11	74,12	5,77
	Лук	0,11-0,20	19,78	75,14	5,08
	Картофель весенней посадки	0,21-0,30	20,11	74,59	5,30
6	Соя	0,00-0,10	20,13	75,14	4,73
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	21,37	73,18	5,45
	Лук	0,21-0,30	19,87	74,94	4,89

Состав водопрочных агрегатов в первом поле звеньев севооборотов
перед закладкой опыта (среднее за 2011–2013 гг.)

Звено	Культура	Слой почвы, м	Размер агрегатов, мм		
			> 7	7,00-0,25	< 0,25
1	Озимая пшеница	0,00-0,10	2,31	75,11	22,58
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,44	76,12	21,44
	Лук	0,21-0,30	2,11	74,33	23,56
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,33	77,21	20,46
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,34	74,89	22,77
	Лук	0,21-0,30	2,17	75,43	22,40
3	Озимая пшеница	0,00-0,10	2,29	75,14	22,57
	Горчица на сидерат весной+ картофель летней посадки.	0,11-0,20	2,45	75,43	22,12
	Лук	0,21-0,30	2,43	74,58	22,99
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,34	78,11	19,55
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	2,41	75,14	22,45
	Лук	0,21-0,30	2,29	76,19	21,52
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,42	75,14	22,44
	Лук	0,11-0,20	2,44	75,41	22,15
	Картофель весенней посадки	0,21-0,30	2,71	76,08	21,21
6	Соя	0,00-0,10	2,29	74,98	22,73
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,31	75,31	22,38
	Лук	0,21-0,30	2,44	76,01	21,55

Состав водопрочных агрегатов после ротации звеньев севооборотов
(среднее за 2013–2015 гг.)

Звено	Культура	Слой почвы, м	Размер агрегатов, мм		
			> 7	7,00-0,25	< 0,25
1	Озимая пшеница	0,00-0,10	2,29	76,21	21,50
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,36	76,27	21,37
	Лук	0,21-0,30	2,12	75,11	22,77
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,11	77,29	20,60
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,45	75,41	22,14
	Лук	0,21-0,30	2,34	74,54	23,12
3	Озимая пшеница	0,00-0,10	2,27	78,48	19,25
	Горчица на сидерат весной+ картофель летней посадки.	0,11-0,20	2,13	76,05	21,82
	Лук	0,21-0,30	2,11	76,06	21,83
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,27	75,21	22,52
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	0,11-0,20	2,28	75,91	21,81
	Лук	0,21-0,30	2,44	78,33	19,23
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнив- но)	0,00-0,10	2,12	76,52	21,36
	Лук	0,11-0,20	2,54	74,53	22,93
	Картофель весенней посадки	0,21-0,30	2,91	75,21	21,88
6	Соя	0,00-0,10	2,31	75,51	22,18
	Картофель весенней посадки	0,11-0,20	2,32	74,76	22,98
	Лук	0,21-0,30	2,21	75,05	22,73

Поступление в почву сухого вещества растительных остатков культур

звеньев полевого севооборота, т/га в год

(среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Надземная масса	Корневая масса	Всего
1	Озимая пшеница	9,5	2,9	12,4
	Картофель весенней посадки	2,7	2,3	5,0
	Лук	2,4	1,8	4,2
2	Озимая пшеница +	9,5	2,9	12,4
	горчица на сидерат (пожнивно)	9,4	2,4	11,8
	Картофель весенней посадки	2,8	2,5	5,3
	Лук	2,6	1,8	4,4
3	Озимая пшеница	9,5	2,9	12,4
	Горчица на сидерат весной+	8,5	2,1	10,6
	картофель летней посадки.	3,6	3,1	6,7
	Лук	2,4	1,8	4,2
4	Озимая пшеница +	9,5	2,9	12,4
	горчица на сидерат (пожнивно)	9,2	2,3	11,5
	Горчица на сидерат весной +	10,0	2,5	12,5
	картофель летней посадки	4,0	3,4	7,4
	Лук	2,6	1,8	4,4
5	Озимая пшеница +	9,5	2,9	12,4
	горчица на сидерат (пожнивно)	9,3	2,4	11,7
	Лук	2,0	1,8	3,8
	Картофель весенней посадки	3,4	3,0	6,4
6	Соя	5,6	2,6	8,2
	Картофель весенней посадки	3,3	2,9	6,2
	Лук	2,5	1,8	4,3

Поступление питательных веществ в почву с растительными остатками
 возделываемых в звеньях севооборотов культур (среднее за 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Азот	Фосфор	Калий
1	Озимая пшеница	98	13	126
	Картофель весенней посадки	116	23	75
	Лук	42	9	22
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	98	13	126
	Картофель весенней посадки	421	39	312
	Лук	124	25	80
	Лук	44	9	23
3	Озимая пшеница	98	13	126
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.	378	35	280
	Лук	156	31	101
	Лук	43	9	23
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	98	13	126
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	411	38	304
	Лук	450	42	333
	Лук	175	35	113
	Лук	44	9	23
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	98	32	132
	Лук	414	38	307
	Лук	38	8	20
	Картофель весенней посадки	149	30	97
6	Соя	202	15	108
	Картофель весенней посадки	145	29	33
	Лук	43	9	23

Влияние звеньев севооборотов на содержание подвижного фосфора в слое почвы 0,0-0,4 м, (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Подвижный фосфор, мг/кг		Валовый фосфор, кг/га	
		2011-2013 гг.	2013-2015 гг.	2011-2013 гг.	2013-2015 гг.
1	Озимая пшеница Картофель весенней посадки Лук	28,2	27,4	137,9	134,1
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Картофель весенней посадки Лук	28,4	30,8	139,0	150,5
3	Озимая пшеница Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки. Лук	28,3	30,3	138,4	147,5
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки Лук	28,1	33,9	137,4	164,9
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Лук Картофель весенней посадки	28,7	30,1	140,3	147,0
6	Соя Картофель весенней посадки Лук	27,9	27,3	136,4	133,5
НСР ₀₅ между звеньями		2,5		11,3	
НСР ₀₅ годы опытов		2,3		10,6	
НСР ₀₅ частных различий		3,2		13,7	

Влияние звеньев севооборотов на содержание гумуса в слое почвы 0,0-0,4 м,
(среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Зве- но	Культура	Содержание гумуса, %		Валовые запасы гумуса, т/га	
		2011-2013 гг.	2013-2015 гг.	2011-2013 гг.	2013-2015 гг.
1	Озимая пшеница Картофель весенней посадки Лук	3,01	2,98	148,0	146,5
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Картофель весенней посадки Лук	3,01	3,04	147,4	149,1
3	Озимая пшеница Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки. Лук	3,00	3,02	147,0	148,1
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки Лук	3,00	3,11	147,3	152,8
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно) Лук Картофель весенней посадки	2,98	3,00	146,5	147,3
6	Соя Картофель весенней посадки Лук	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	

Влияние звеньев севооборотов на урожайность возделываемых
культур в годы исследований, т/га

Зве- но	Культура	Год				
		2011	2012	2013	2014	2015
1	Озимая пшеница	5,51	5,92	6,03	-	-
	Картофель весенней посадки	-	35,06	40,20	37,01	-
	Лук	-	-	73,80	66,90	73,50
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (познивно)	5,97 30,78	6,23 36,12	6,18 35,72	- -	- -
	Картофель весенней посадки	-	42,10	38,45	39,83	-
	Лук	-	-	77,12	72,40	77,52
3	Озимая пшеница	5,81	6,08	5,90	-	-
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки.	- -	27,90 49,75	32,45 52,14	31,75 49,34	- -
	Лук	-	-	69,23	74,30	71,84
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (познивно)	5,78 31,02	6,35 34,15	6,71 34,82	- -	- -
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	- -	40,10 55,71	34,80 57,12	34,63 56,67	- -
	Лук	-	-	72,40	74,89	78,25
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (познивно)	5,97 30,77	6,23 36,84	6,11 33,73	- -	- -
	Лук	-	57,20	60,41	60,28	-
	Картофель весенней посадки	-	-	47,16	49,22	48,31
6	Соя	3,22	3,54	3,44	-	-
	Картофель весенней посадки	-	45,23	47,62	47,58	-
	Лук	-	-	69,70	70,10	78,60

Примечание: первая закладка опыта в 2011-2013 гг., вторая – 2012-2014 гг.,
третья – 2013-2015 гг.

Влияние звеньев севооборотов на урожайность товарной продукции
возделываемых культур (среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Урожайность		
		т/га	тыс. з. е./га	среднее, тыс. з. е./га
1	Озимая пшеница	5,82	5,82	8,87
	Картофель весенней посадки	37,42	9,36	
	Лук	71,40	11,43	
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,13 -	6,13 -	9,40
	Картофель весенней посадки	39,83	9,96	
	Лук	75,68	12,11	
3	Озимая пшеница	5,93	5,93	10,01
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки.	- 50,41	- 12,61	
	Лук	71,79	11,49	
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,28 -	6,28 -	10,82
	Горчица весеннего посева на сидерат + картофель летней посадки	- 56,50	- 14,13	
	Лук	75,18	12,03	
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	6,10 -	6,10 -	9,23
	Лук	59,50	9,52	
	Картофель весенней посадки	48,23	12,06	
6	Соя	3,40	3,90	9,09
	Картофель весенней посадки	46,81	11,71	
	Лук	72,80	11,65	
НСР ₀₅		-	-	0,56

Влияние звеньев севооборотов на качество клубней сбор СВ и крахмала
картофеля (среднее за ротацию звена севооборота, 2012–2015 гг.)

Звено севооборота	Содержится в клубнях, %		Получено с 1 га, т	
	сухого вещества	крахмала	сухого вещества	крахмала
1	25,7	18,1	9,62	6,77
2	25,6	18,0	10,20	7,17
3	25,8	19,6	13,00	9,88
4	25,7	19,2	14,52	10,85
5	25,7	18,9	12,40	9,12
6	25,6	19,4	11,98	9,08
НСР ₀₅	2,2	1,7	-	-

Потребление воды культурами звеньев севооборота, м³/га
(среднее за ротацию звена севооборота, 2011–2015 гг.)

Зве- но	Культура	Поступление воды		
		из почвы	полив	осадки
1	Озимая пшеница	1680	1440	2097
	Картофель весенней посадки	2079	2520	1229
	Лук	2205	1560	2162
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	1932	1440	2097
	Картофель весенней посадки	1470	1860	1362
	Лук	1995	2520	1229
	Лук	2016	1560	2162
3	Озимая пшеница	1932	1440	2097
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки.	1680	840	803
	Лук	1596	3120	1519
	Лук	2100	1560	2162
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	1806	1440	2097
	Горчица на сидерат весной + картофель летней посадки	1659	1860	1362
	Лук	2142	840	803
	Лук	1344	3120	1519
	Лук	2037	1560	2162
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	1659	1440	2097
	Лук	987	1860	1362
	Лук	2289	1860	1402
	Картофель весенней посадки	1533	2520	2162
6	Соя	1386	2100	1992
	Картофель весенней посадки	1617	2520	1229
	Лук	2016	1560	2162

Количество поливов возделываемых культур и звеньев севооборота
(среднее за ротацию звена, 2011–2015 гг.)

Звено	Культура	Потребление воды, м ³ /га сут.	
		культурой	звеном севооборота
1	Озимая пшеница	3	4,3
	Картофель весенней посадки	6	
	Лук	4	
2	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3 3	5,3
	Картофель весенней посадки	6	
	Лук	4	
3	Озимая пшеница	3	5,3
	Горчица весеннего посева на сидерат+ картофель летней посадки.	2 7	
	Лук	4	
4	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3 3	7,0
	Горчица весеннего посева на сидерат+ картофель летней посадки	2 7	
	Лук	4	
5	Озимая пшеница + горчица на сидерат (пожнивно)	3 3	5,7
	Лук	4	
	Картофель весенней посадки	6	
6	Соя	5	5,0
	Картофель весенней посадки	6	
	Лук	4	

Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений
на прирост листовой поверхности картофеля, тыс. м²/га·сут.
(среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Межфазный период		
обработки почвы	внесения удобрений	8–9 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – клубнеобра- зование
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	0,77	0,90	0,58
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	0,76	0,88	0,52
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	0,77	0,87	0,69
То же	то же на 0,15 м	0,87	0,97	0,73
То же	то же на 0,20 м	0,70	0,95	0,65
НСР ₀₅		0,04	0,05	0,05

Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений
на надземную массу растений картофеля весенней посадки, г/м² СВ
(среднее за 2014–2016 гг.)

Способ		Фенологическая фаза			
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цветение	клубне- образование	увядание ботвы
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	338	591	518	380
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	301	581	482	360
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	379	658	548	447
То же	то же на 0,15 м	410	703	601	485
То же	то же на 0,20 м	391	666	543	438
НСР ₀₅		17	32	28	24

Влияние способов полива и окучивания на динамику фотосинтетического потенциала картофеля, тыс. м²×дн./га

Способ		Год	Межфазный период					
полива	окучивания		всходы – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – клубнеобразование	клубнеобразование – полегание ботвы	полегание ботвы – технологическая спелость	всходы – тех- нологическая спелость
Дождевание	гребни	2009	261,0	188,8	197,8	630,0	630,0	1955,7
		2010	296,0	176,4	170,4	825,5	676,5	2176,2
		2011	192,0	299,7	294,0	1174,3	614,6	2632,1
	гряды	2009	256,7	185,2	200,2	686,4	685,1	2061,6
		2010	322,0	189,2	178,8	877,5	732,6	2333,4
		2011	187,2	301,6	305,5	1209,3	641,2	2701,6
По бороздам	гребни	2009	261,0	188,8	197,8	930,0	468,0	2093,7
		2010	296,0	176,4	170,4	896,4	768,3	2338,8
		2011	194,4	302,3	294,0	1207,8	614,6	2670,7
	гряды	2009	214,2	172,0	186,9	894,4	583,5	2086,2
		2010	278,0	165,6	203,0	963,2	782,3	2423,3
		2011	186,6	307,5	303,0	1255,9	630,8	2738,9
Капельный	гребни	2009	262,7	183,2	199,2	1018,4	630,5	2339,9
		2010	277,0	166,4	163,5	864,0	808,5	2307,4
		2011	195,6	328,9	319,5	1258,2	688,8	2844,2
	гряды	2009	166,2	309,4	314,5	1318,6	713,4	2863,7
		2010	281,0	172,8	196,7	884,8	771,8	2335,5
		2011	189,6	326,3	311,0	1244,5	680,1	2803,3

Влияние способов полива и окучивания на чистую продуктивность фотосинтеза картофеля весенней посадки, г/м² сутки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Межфазный период				
полива	окучивания	всходы – 8-9 листьев	8-9 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – клубнеобразование	клубнеобразование – полегание ботвы
Дождевание	гребни	20,36	38,82	46,47	40,48	24,05
	гряды	20,36	46,51	51,10	47,50	19,49
По бороздам	гребни	20,13	43,40	47,19	41,63	26,52
	гряды	22,76	51,00	48,42	42,30	25,16
Капельный	гребни	20,57	54,46	49,53	41,82	21,05
	гряды	21,80	51,03	47,01	43,92	20,16
НСР ₀₅		1,15	2,87	3,11	2,45	1,47

Влияние способов полива и окучивания на сухую надземную массу картофеля весеннего срока посадки, г/м² (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Фенологическая фаза				
полива	окучивания	бутонизация	цветение	клубнеобразование	полегание ботвы	технологическая спелость
Дождевание	гребни	703	1020	1163	1290	1552
	гряды	843	1187	1343	1467	1648
По бороздам	гребни	800	1067	1223	1343	1670
	гряды	803	1087	1252	1433	1733
Капельный	гребни	1050	1337	1543	1653	2074
	гряды	1017	1543	1757	1813	2142
НСР ₀₅ способ полива		40	55	62	75	90
НСР ₀₅ способ окучивания		36	43	52	67	83
НСР ₀₅ частных различий		67	73	77	85	103

Влияние способов полива и окучивания на товарность картофеля
весеннего срока посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Товарных, % от массы	В т.ч. нестандартных, %		
полива	окучивания		всего	по размеру (менее 50 мм)	поражённых болезнями
Дождевание	гребни	90,8	9,2	3,8	5,4
	гряды	92,5	7,5	2,4	5,1
По бороздам	гребни	92,4	7,6	3,9	3,7
	гряды	94,1	5,9	2,8	3,1
Капельный	гребни	92,4	7,6	3,4	4,2
	гряды	94,6	5,4	2,2	3,2
НСР ₀₅ способ полива		1,7	0,2	0,2	0,2
НСР ₀₅ способ окучивания		2,3	0,3	0,3	0,3
НСР ₀₅ частных различий		3,1	0,4	0,3	0,4

Влияние способов полива и окучивания на содержание и сбор крахмала
картофеля весеннего срока посадки (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ		Содержание крахмала, %	Сбор крахмала, т/га	Отклонение по способу:	
полива	окучивания			полива	окучивания
Дождевание	гребни	17,4	6,84	–	–
	гряды	18,1	9,14	–	2,30
По бороздам	гребни	18,7	9,56	2,72	–
	гряды	19,2	10,52	1,38	0,96
Капельный	гребни	18,6	12,20	5,36	–
	гряды	19,7	13,59	4,45	1,39
НСР ₀₅ способ полива		0,9	–	0,67	–
НСР ₀₅ способ окучивания		1,0	–	–	0,84
НСР ₀₅ частных различий		1,3	1,12	–	–

Влияние зяблевой и предпосадочной обработки на плотность почвы во время вегетации картофеля, г/см³

(среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Время определения							
		цветение картофеля				технологическая спелость клубней			
		0,0-0,1 м	0,1-0,2 м	0,2-0,3 м	0,3-0,4 м	0,0-0,1 м	0,1-0,2 м	0,2-0,3 м	0,3-0,4 м
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,16	1,21	1,28	1,37	1,27	1,28	1,32	1,38
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,20	1,22	1,24	1,27	1,23	1,24	1,28	1,29
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,22	1,25	1,29	1,36	1,25	1,25	1,32	1,38
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,18	1,21	1,24	1,27	1,21	1,22	1,24	1,26
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,22	1,24	1,26	1,34	1,25	1,27	1,29	1,35
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,19	1,20	1,22	1,28	1,19	1,21	1,21	1,27
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07

Влияние зяблевой и предпосадочной обработки на плотность почвы
в поперечном сечении гребня во время технологической спелости картофеля,
г/см³ (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Место определения		
		середина гребня	влево и право от середины на 0,15 м	дно борозды
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,31	1,34	1,38
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,26	1,27	1,37
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,30	1,32	1,37
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,23	1,26	1,37
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	1,29	1,32	1,37
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	1,22	1,24	1,36
НСР ₀₅		0,05	0,06	0,06

Влияние основной зяблевой и весенней обработки почвы на индекс
листовой поверхности растений картофеля, м²/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Фенологическая фаза			
		бутони- зация	цвете- ние	клубне- образование	увядание ботвы
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	2,21	3,34	3,47	1,89
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	2,33	3,35	3,46	3,05
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	2,31	3,56	3,51	2,84
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	3,21	3,56	3,69	3,34
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	2,98	3,12	3,51	2,23
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	3,36	3,66	3,84	3,40
НСР ₀₅ зяблевая обработка		0,07	0,08	0,07	0,07
НСР ₀₅ предпосевная обработка		0,10	0,11	0,10	0,09
НСР ₀₅ частных различий		0,12	0,13	0,12	0,13

Влияние основной зяблевой и весенней обработки почвы на динамику
надземной массы растений картофеля, г/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
Вспашка ПЛН-4-35 на 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	354	480	666	496
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	330	417	716	458
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	360	513	708	524
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	401	554	737	537
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	382	537	726	576
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	402	578	755	593
НСР ₀₅ зяблевая обработка		28	34	38	31
НСР ₀₅ предпосевная обработка		18	21	27	25
НСР ₀₅ частных различий		33	38	41	36

Влияние срока и направления посадки картофеля на температуру почвы
в гребне, °С (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Следующий день после посадки			Через 10 дней после посадки			Полные всходы		
		0,1 м	0,2 м	0,3 м	0,1 м	0,2 м	0,3 м	0,1 м	0,2 м	0,3 м
Весенний	север-юг	17,1	14,7	12,1	20,6	16,4	12,3	22,4	17,9	14,7
	восток-запад	19,2	15,7	12,3	23,4	18,3	13,9	24,8	20,1	18,2
Летний	север-юг	24,3	22,8	21,4	26,5	23,4	22,3	28,6	24,9	23,8
	восток-запад	30,4	25,7	23,4	31,8	27,7	24,8	32,3	28,4	26,9
НСР ₀₅ срок посадки		3,5	3,3	2,8	3,8	3,3	2,8	4,1	3,8	3,1
НСР ₀₅ направление посадки		1,2	1,2	1,4	1,4	1,3	1,2	1,8	1,6	1,4
НСР ₀₅ частных различий		5,6	5,1	4,6	6,1	5,2	4,3	6,6	5,8	4,8

Влияние срока и направления посадки на динамику вегетативной массы
растений картофеля на черноземе обыкновенном, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Фенологическая фаза			
		бутони- зация	цветение	клубне- образование	увядание ботвы
Весенний	север – юг	464	572	619	420
	восток – запад	488	601	651	450
Летний	север – юг	498	614	665	460
	восток – запад	416	569	616	440
НСР ₀₅ срок посадки		41	25	27	19
НСР ₀₅ направление посадки		81	50	54	38
НСР ₀₅ частных различий		58	35	38	27

Влияние режима орошения на вегетативную массу посадок картофеля
на черноземе обыкновенном, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
м ³ /га	доля от расчётной		5-7 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
450	1 т	3000	40	393	589	584	469
540	1,2 т	3600	38	377	567	566	461
360	0,8 т	2400	36	361	531	516	380
270	0,6 т	1800	30	300	456	458	390
Без орошения			12	117	178	178	150
НСР ₀₅			3	19	25	28	21

Влияние режима орошения на вегетативную массу посадок картофеля
на светло-каштановой почве, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Поливная норма		Оросительная норма	Фенологическая фаза				
м ³ /га	доля от расчётной		5-7 листьев	бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
450	1,0 т	3000	33	323	483	478	381
540	1,2 т	3600	31	308	463	462	380
360	0,8 т	2400	26	254	384	320	320
270	0,6 т	1800	16	163	247	248	211
Без орошения			7	66	100	102	90
НСР ₀₅			3	17	23	25	23

Поливной режим картофеля при капельном орошении в ранней культуре

Режим орошения		Межфазный период									
70 %НВ	80 %НВ	посадка – всходы		всходы – начало бутонизации		начало бутонизации – полное цветение		цветение – окончание роста ботвы		окончание роста ботвы – технологическая спелость клубней	
		число поливов	норма полива, м ³ /га	число поливов	норма полива, м ³ /га	число поливов	норма полива, м ³ /га	число поливов	норма полива, м ³ /га	число поливов	норма полива, м ³ /га
Посадка-цветение	цветение-созревание	1-2	160	1-2	160	1-2	160	5-9	130	3-5	130
Посадка-бутонизация	бутонизация-созревание	1-2	160	1-2	160	2-3	130	5-9	130	3-5	130
Посадка-всходы	всходы-созревание	1-2	160	1-3	130	2-3	130	5-9	130	3-5	130

Влияние режима капельного орошения на рост и развитие раннего картофеля
при уборке зрелых клубней, 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	93	3,88	1740	4,67	8,07
Посадка- бутонизация	бутонизация- созревание	94	4,13	1890	4,83	9,10
Посадка- всходы	всходы- созревание	96	4,37	2018	4,57	9,11
НСР ₀₅		-	0,22	95	0,19	0,47

Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на развитие корневой
системы картофеля в фазе всходов (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Длина корней	
		на 1 клубне, м	1 корня, мм
70 %НВ	строчкой	4,5	95
	лентой	10,2	170
80 %НВ	строчкой	5,2	90
	лентой	14,9	250
НСР ₀₅ влажность почвы		0,37	18
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		0,44	25
НСР ₀₅ частных различий		0,52	33

Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на листовой индекс посадок картофеля, м²/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
70 %НВ	строчкой	1,87	2,47	2,66	2,48
	лентой	2,46	2,97	3,27	3,11
80 %НВ	строчкой	2,14	2,68	2,97	2,74
	лентой	2,58	3,34	3,59	3,31
НСР ₀₅ влажность почвы		0,08	0,09	0,11	0,10
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		0,10	0,13	0,15	0,14
НСР ₀₅ частных различий		0,11	0,17	0,18	0,17

Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на сухую массу растений картофеля, г/м² (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
70 %НВ	строчкой	467	752	1087	1814
	лентой	498	828	1267	1919
80 %НВ	строчкой	491	787	1134	1987
	лентой	517	867	1395	2109
НСР ₀₅ влажность почвы		13	27	53	75
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		18	38	58	79
НСР ₀₅ частных различий		23	44	64	88

Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на высоту растений картофеля, м (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Фенологическая фаза		
		бутонизация	цветение	клубнеобразование
70 %НВ	строчкой	0,29	0,59	0,69
	лентой	0,48	0,64	0,74
80 %НВ	строчкой	0,27	0,62	0,73
	лентой	0,53	0,69	0,79
НСР ₀₅ влажность почвы		0,03	0,03	0,03
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		0,04	0,04	0,04
НСР ₀₅ частных различий		0,05	0,06	0,06

Влияние режима увлажнения и способа внесения удобрений на урожайность картофеля, т/га (среднее за 2014–2016 гг.)

Влажность почвы при поливе	Способ внесения удобрений	Урожайность	Прибавка от:	
			влажности почвы	способа внесения удобрений
70 %НВ	строчкой	36,0	-	-
	лентой	44,2	-	8,2
80 %НВ	строчкой	38,3	2,3	-
	лентой	48,5	4,3	10,2
НСР ₀₅ влажность почвы		-	1,4	-
НСР ₀₅ способ внесения удобрений		-	-	1,6
НСР ₀₅ частных различий		2,2	-	-

Влияние срока и направления посадки на динамику массы клубней картофеля на светло-каштановой почве, г/м² (среднее за 2015–2017 гг.)

Срок посадки	Направление посадки	Фенологическая фаза			
		бутонизация	цветение	клубнеобразование	увядание ботвы
Весенний	север – юг	74	278	458	1220
	восток – запад	80	299	491	1294
Летний	север – юг	84	318	524	1380
	восток – запад	71	266	438	1147
НСР ₀₅ срок посадки		3	13	17	48
НСР ₀₅ направление посадки		3	14	21	58
НСР ₀₅ частных различий		5	16	26	64

Влияние основной зяблевой и весенней обработки почвы на экономическую эффективность возделывания картофеля весенней посадки (среднее за 2014–2016 гг.)

Зяблевая обработка	Обработка почвы перед посадкой картофеля	Затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Вспашка ПЛН-4-35, 0,28-0,30 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	127,8	294,6	166,8	130,5
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	128,8	322,8	194,0	150,6
Рыхление ПЧ-2,5 на 0,45 м	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	128,9	324,6	195,9	152,0
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	130,1	364,8	234,7	180,4
То же + гребни КРН-4,2	рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное	130,4	331,2	200,8	154,0
	рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м с нарезкой гребней	131,8	370,2	238,5	181,0

Влияние режима капельного орошения на экономическую эффективность зрелого картофеля весенней посадки (среднее за 2008–2010 гг.)

Режим орошения		Затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабель- ность, %
70 % НВ	80 % НВ				
Посадка- цветение	цветение- созревание	218383	311640	93257	42,7
Посадка- бутонизация	бутонизация- созревание	224158	350357	126198	56,3
Посадка- всходы	всходы- созревание	220228	315615	95387	43,3

Утверждаю: Директор ООО

«АПК «Александровское»

 А.В. Богданов

«28 » января 2020 г.



АКТ

Мы, нижеподписавшиеся: гл агроном ООО «АПК «Александровское» Панинского района Воронежской области Бобрешов Петр Михайлович с одной стороны и заведующий отделом ФГБНУ ВНИИОЗ Всероссийского НИИ орошаемого земледелия Новиков Алексей Андреевич, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2019 году на орошаемом поле № 2 на площади 84 га в звене севооборота № 2 возделывали картофель сорта Жуковский ранний при дождевании. В 2019 году применили предложенное Новиковым А. А. следующее сочетание приемов обработки почвы: основная чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м и осенняя нарезка гребней культиватором КРН-4,2 в сочетании с весенним рыхлением агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м и одновременной нарезкой гребней.

При применении такого комплекса агроприемов урожайность картофеля составила 60,7 т/га, что на 11,5 т/га, или на 23,4 % больше, чем по традиционной в хозяйстве системе обработки почвы при возделывании картофеля этого же сорта. Дополнительная прибыль от применения новой системы на площади 84 га составила 6 022,8 тыс. руб.

От ООО «АПК «Александровское»

Главный агроном



П.М. Бобрешев

От ФГБНУ ВНИИОЗ,

Заведующий отделом



А. А. Новиков

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ЗАО «Нива»
Веселовского района
Ростовской области



А.М. Шурыгин
« 20 » декабря 2017 г.

АКТ

Мы, нижеподписавшиеся Директор ЗАО «Нива» Шурыгин Алексей Михайлович, с одной стороны, и заведующий отделом Всероссийского НИИ орошаемого земледелия Новиков Алексей Андреевич, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что на орошаемом поле № 2 площадью 75 га в 2016 году после уборки озимой пшеницы была посеяна горчица сарептская сорта Камышинская 10, растительная масса которой в фазе бутонизации запахана отвальным плугом в почву. Ранней весной 2017 года на этом поле повторно была посеяна горчица сарептская этого же сорта и после заправки её растительной массы и влагозарядкового полива произведена летняя посадка картофеля сорта Колетте.

Урожайность картофеля при таком способе посадки составила 53,46 т/га, что на 20,94 т/га, или на 64,4 % больше, чем по принятой в хозяйстве летней посадке этого же сорта без двукратного промежуточного посева сидеральной горчицы сарептской. Дополнительная прибыль от применения этого агроприёма на площади 75 га составила 12 881,3 тыс. руб. Уровень рентабельности вырос на 121,6 % и составил 187,2 %.

Директор
ЗАО «Нива»
Веселовского района
Ростовской области

 А.М. Шурыгин

Заведующий отделом

Всероссийского НИИ
орошаемого земледелия

 А.А. Новиков