

*На правах рукописи*

**БАБИЧЕВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ**

**АГРОМЕЛИОРАТИВНАЯ СИСТЕМА  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ЮГЕ РОССИИ**

06.01.02 – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук

Саратов – 2016

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Научный консультант: **Балакай Георгий Трифонович**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

Официальные оппоненты: **Бородычев Виктор Владимирович**  
член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Волгоградского филиала ФГБНУ «Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»

**Семененко Сергей Яковлевич**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий»

**Шадских Владимир Александрович**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Защита состоится «21» октября 2016 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.06 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А. В. Дружкина

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» и на сайте: [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru)

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная площадь, д. 1.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Дмитрий Анатольевич Маштаков

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Первостепенной задачей агропромышленного комплекса России является решение проблемы продовольственной безопасности страны на основе повышения биопродуктивности и эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. Особую роль в засушливых условиях юга России имеют орошаемые земли, где за счет восполнения дефицита влаги в почве увеличивается урожайность большинства сельскохозяйственных культур в 2–3 раза и более, повышается и эффективность использования земельных ресурсов.

Вместе с этим несоблюдение рекомендованных наукой технологий орошения и технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур, нарушение научно обоснованных севооборотов и структуры посевных площадей с преобладающей долей зерновых культур, в основном озимой пшеницы, нарушение сроков полива и высокие поливные нормы во многих случаях приводят к вторичному засолению, осолонцеванию, повышению щелочности и плотности почвы. Значительное снижение доз вносимых минеральных удобрений и практически прекращение внесения органических удобрений в связи с сокращением поголовья животных приводят к деградации почвы и обеднению ее питательными веществами, что приводит к снижению урожайности и рентабельности производства.

На современном этапе развития растениеводства дальнейший рост производства сельскохозяйственных культур возможен лишь на основе проведения комплекса мероприятий по увеличению эффективного плодородия почв и внедрению адаптивных технологий возделывания полевых культур, путем включения в севооборот сидеральных культур в промежуточных посевах, позволяющих восполнять органическое вещество в почве, включения в севооборот культур с высокой отдачей от орошения, рациональных режимов орошения и способов полива, способных значительно повысить продуктивность орошаемых земель с 3–4 до 12,5 и более кормовых единиц с 1 га и эффективность их использования.

Поэтому разработка и усовершенствование структуры посевных площадей и севооборотов с включением в промежуточные посевы сидеральных культур, рациональные режимы орошения, способы полива и удобрения сельскохозяйственных культур является актуальной и востребованной в современном орошаемом земледелии.

### **Степень разработанности.**

Представленная диссертация «Агромелиоративная система повышения эффективности использования орошаемых земель на юге России» представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном, техническом и методологическом уровне. Выводы, изложенные в диссертации, научно обоснованы и подтверждены большим объемом экспериментальных и расчетных данных.

**Цель исследований** – повышение эффективности использования орошаемых земель путем создания системы агрометеорологических приемов адаптации технологий возделывания орошаемых культур к складывающимся природно-климатическим условиям.

**Задачи исследований:**

- провести анализ научных исследований по вопросам повышения эффективности использования орошаемых земель за счет усовершенствования элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур и разработки звеньев севооборота с использованием сидерации;

- разработать Концепцию «Система агрометеорологических приемов повышения эффективности использования орошаемых земель на орошаемых черноземах обыкновенных юга России»;

- установить влияние чередования сельскохозяйственных культур в звене орошаемого севооборота на их продуктивность;

- установить влияние видов сидеральных культур, их питательного и водного режимов, элементов агротехники на величину формирования вегетативной массы, увеличение содержания органического вещества в почве, влияние их последствий на фитосанитарное состояние посевов и урожайность последующих культур в звене орошаемого севооборота;

- усовершенствовать технологии орошения овощного гороха, сахарной кукурузы, лука репчатого, сорго зернового и картофеля летней посадки в звене севооборота, включающие рациональные режимы орошения, способы полива, приемы снижения водопотребления и рационального использования водных ресурсов этими культурами;

- уточнить биоклиматические коэффициенты и коэффициенты водопотребления в годы с различной влагообеспеченностью для расчетов сроков полива и поливных норм различных сельскохозяйственных культур;

- установить влияние доз применения минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур, эффективность использования удобрений, уточнить коэффициенты выноса питательных веществ с урожаем в зависимости от доз удобрений и величины урожайности при орошении.

**Научная новизна работы.**

Усовершенствована Концепция «Система агрометеорологических приемов повышения эффективности использования орошаемых земель на орошаемых черноземах обыкновенных юга России».

Разработаны рациональные режимы орошения и уточнены биоклиматические коэффициенты овощного гороха, сахарной кукурузы, лука репчатого, сорго зернового и картофеля летней посадки на орошаемых черноземах обыкновенных юга России.

Определены рациональные дозы минеральных удобрений овощного гороха, сахарной кукурузы, лука репчатого, сорго зернового и картофеля летней посадки и уточнены их коэффициенты выноса элементов питания на орошаемых черноземах обыкновенных юга России.

Установлены виды, оптимальные сроки посева и нормы высева сидеральных культур и их влияние на продуктивность и качество последующих культур орошаемого севооборота.

Разработаны звенья орошаемого севооборота, обеспечивающие повышение продуктивности орошаемого клина, воспроизводство плодородия почвы и эффективности использования орошаемых земель.

### **Теоретическая и практическая значимость.**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке концепции системы агромелиоративных приемов повышения эффективности использования орошаемых земель и их плодородия, в установлении зависимости урожайности от питательного и водного режимов почвы, биоклиматических коэффициентов, коэффициентов выноса питательных веществ растениями, взаимосвязи роста и развития растений с биотическими и абиотическими факторами, которые позволят в современных условиях ведения сельскохозяйственного производства повысить продуктивность орошаемого гектара при сохранении и воспроизводстве показателей плодородия почвы.

Материалы диссертационных исследований нашли свое отражение в следующих работах «Рекомендации по возделыванию картофеля на орошаемых землях Ростовской области» (2011); «Рекомендации по возделыванию овощного гороха в условиях орошения Ростовской области» (2011); «Рекомендации по технологии возделывания сахарной кукурузы в условиях орошения Ростовской области» (2011); «Приемы повышения биопродуктивности земель, сохранения почвенного плодородия и экологической устойчивости агроландшафтов» (2011); «Современные технологические приемы возделывания овощных культур» (2011); «Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы» (2013); «Ресурсовлагодерегающие приемы возделывания полевых культур в орошаемых севооборотах в Ростовской области» (2014). По результатам исследований предложено устройство и технология внутрипочвенного полива семян при посеве (патент № 2483516).

Практическая значимость работы определяется разработкой важных элементов агротехники (сидерация, режим орошения, способы полива, система удобрений, сроки посева) сельскохозяйственных культур на орошаемых черноземах, позволяющих усовершенствовать технологии возделывания сельскохозяйственных растений в звеньях орошаемого севооборота, направленных на ресурсосбережение, сохранение и воспроизводство плодородия почв.

Внедрение результатов исследований в Центральной орошаемой зоне Ростовской области позволило повысить урожайность овощного гороха на 95,2 %, сорго зернового на 58,7 %, лука репчатого на 52,7 % и картофеля летней посадки на 11,7 %.

**Методология и методы исследования** включали эмпирический общенаучный метод – наблюдение, измерение, эксперимент и теоретический – математическое моделирование, системный анализ, формализация. Экспериментальные методы включали полевые и лабораторные исследования по изучению

свойств почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Точность и оценка результатов эксперимента проводилась конкретно-научными методами корреляционно-регрессионного анализа.

**Положения, выносимые на защиту:**

- концепция «Система агромелиоративных приемов повышения эффективности использования орошаемых земель на орошаемых черноземах обыкновенных юга России»;

- особенности влияния чередования сельскохозяйственных культур в звене орошаемого севооборота на эффективность использования орошаемых земель;

- закономерности влияния видов сидеральных культур, их питательного и водного режимов, элементов агротехники на величину формирования вегетативной массы, увеличение содержания органического вещества в почве, фитосанитарное состояние посевов и урожайность последующих культур в звене орошаемого севооборота;

- уточненные биоклиматические коэффициенты для определения сроков полива и поливных норм сельскохозяйственных культур;

- особенности влияния доз минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и уточненные коэффициенты выноса питательных веществ с урожаем при орошении;

- биоклиматические коэффициенты и коэффициенты водопотребления в годы с различной влагообеспеченностью для расчетов сроков полива и поливных норм различных сельскохозяйственных культур;

- коэффициенты выноса питательных веществ с урожаем в зависимости от доз удобрений и величины урожайности при орошении.

**Степень достоверности и апробация работы.**

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается большим объемом экспериментальных и расчетных данных, высокой степенью сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований, положительными результатами апробации в производственных условиях.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях: ФГБНУ «РосНИИПМ» (2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2015 гг.) г. Новочеркасск; ФГБОУ ВПО «НГМА» (2005, 2010, 2012 гг.) г. Новочеркасск; ФГБНУ «Радуга» (2005 г.), г. Коломна; ФГБОУ ВПО «ДонГАУ» (2007, 2010, 2012, 2016 гг.) п. Персиановский; г. Киев (2012 г.); г. Тернополь (2013 г.); г. Минск (2013 г.).

**Место и годы проведения исследований.** Научные исследования проводились на протяжении 12 лет, в период с 2003 по 2014 г., в ОПХ РООМС Багаевского района, ЗАО «Аксайская нива» Аксайского района и ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 53 научные работы, в том числе, в изданиях рекомендованных ВАК РФ – 15, получен 1 патент на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 8 глав, выводов, предложений производству, списка литературы и приложений к основному тексту. Содержание работы изложено на 371 странице, в том числе 285 страниц основного текста. Диссертационная работа содержит 159 таблиц, 60 рисунков, 8 приложений. Список включает 404 источника, в том числе 37 на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** отражает актуальность, цель, задачи, научную новизну и практическую значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, место и годы проведения исследований, личный вклад диссертанта, апробацию результатов исследований, публикации в печати, объем и структуру работы.

**В первой главе** представлено современное состояние вопроса о водном и питательном режиме сельскохозяйственных культур, использовании сидеральных культур в качестве зеленых удобрений, даны принципы построения и освоения севооборотов и теоретическое обоснование проводимых исследований. Анализ литературных источников показал, что данными вопросами занимались многие ученые, такие как Е. В. Агафонов, И. П. Айдаров, А. В. Алабушев, А. М. Алпатьев, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, Г. А. Гарюгин, К. И. Довбан, Л. М. Докучаева, А. Д. Дробилко, Н. Н. Дубенок, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, М. А. Козин, В. Ф. Кормилицын, А. В. Колганов, А. Н. Костяков, И. П. Кружилин, Г. К. Льгов, Н. В. Михеев, Е. В. Полуэктов, Н. А. Пронько, Г. С. Посыпанов, Г. А. Сенчуков, Н. С. Скуратов, В. В. Турулев, Б. А. Шумаков, В. Н. Щедрин и др.

**Во второй главе** «Концепция «Система агромелиоративных приемов повышения эффективности использования орошаемых земель и их плодородия на орошаемых черноземах обыкновенных юга России» на основании научно аналитического обзора литературных источников и нормативно-методических документов представлена концепция, сущность которой заключается в мониторинге плодородия почв, восполнении дефицита минеральных и органических веществ в почве, совершенствовании технологии орошения, разработка высокопродуктивных севооборотов.

Стратегия концепции предполагает использование системы агромелиоративных приемов воспроизводства плодородия почв и повышения эффективности использования орошаемых земель включающие следующие мероприятия:

- мониторинг плодородия почвы орошаемых земель, структуры посевных площадей и чередования сельскохозяйственных культур в звеньях орошаемых севооборотов, используемых технологий орошения и показателей эффективности использования орошаемых земель;

- интенсивное использование в севооборотах минеральных удобрений и сидеральных культур для сокращения дефицита элементов питания и органиче-

ского вещества в почве, улучшения фитосанитарного состояния посевов и повышения урожайности сельскохозяйственных культур;

- совершенствование технологии орошения сельскохозяйственных культур, включающие рациональные режимы орошения, способы полива, приемы рационального использования водных ресурсов и снижения водопотребления на основе использования математических моделей и программного обеспечения;

- повышение эффективности использования орошаемых земель на основе подбора культур и севооборотов по результатам их энергетической и экономической оценки.

Повышение производительности орошаемого гектара является основной проблемой, которая рассмотрена в данной концепции, согласно которой, за счет использования сидеральных и промежуточных культур появляется возможность получения дополнительной продукции с единицы орошаемого гектара и тем самым более полно использовать земельные ресурсы и солнечную энергию, и направить ее как на получение дополнительной продукции, так и на сохранение и повышение плодородия почв.

Являясь важнейшим резервом интенсификации орошаемого земледелия, уплотнение севооборотов, позволит повысить использование агроклиматических ресурсов вегетационного периода данного региона, увеличить выход с 1 га сельскохозяйственной продукции, снизить засорение посевов, сохранить и повысить плодородие орошаемых земель и снизить действие эрозионных процессов.

Расширение орошаемых площадей под повторными посевами позволит существенно увеличить производство сельскохозяйственной продукции, а интенсивное использование орошаемого клина обеспечит более полное использование рабочей силы, техники, водных ресурсов и оросительных систем.

**В третьей главе** «Условия и методики проведения исследований» дается характеристика почвенно-климатических условий Центральной орошаемой зоны Ростовской области, где проводились исследования. Условия данной зоны репрезентативны для юга России.

Почвы – чернозем обыкновенный со средним содержанием легкогидролизуемого азота в пахотном слое 0–0,3 м – 2,1–5,3 мг на 100 г почвы. Подвижными формами фосфора в пахотном слое почвы среднеобеспеченны (1,6–3,3 мг на 100 г почвы); содержание калия в почвах повышенное – 32–51 мг на 100 г почвы, рН 6,5–7,0.

Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3–4 %, мощность гумусового горизонта до 0,7 м. Профильное распределение его постепенно убывающее вглубь (до 1,3–1,9 %). В пахотном слое почва не уплотнена, плотность сложения в слое 0,6 м составляет 1,3 г/см<sup>3</sup>, в слое 0,4 м – 1,27 г/см<sup>3</sup>, скважность – 51,3 %. Максимальная гигроскопичность в слое 0,6 м составляет 11,02 %, в слое 0,4 м – 11,35 %. Гранулометрический состав почвы – тяжелый суглинок, характеризуется высокой водоудерживающей способностью: наименьшая влагоемкость в слое 0,6 м составляет 27,2 % от веса сухой почвы.

Опытные участки расположены в центральной орошаемой зоне Ростовской области. Данная территория относится к зоне с жарким, очень засушливым климатом. ГТК менее 0,7, коэффициент увлажнения территории по Н. Н. Иванову составляет 0,33–0,44.

Главными климатическими факторами, влияющими на рост и развитие растений, являются тепло- и влагообеспеченность, которые в условиях Ростовской области характеризуются следующими показателями. Сумма положительных температур колеблется от 3200 до 3400 °С. Безморозный период длится 165–175 дней. Переход температуры через 10 °С наступает в апреле. Наиболее жарким является июль, среднемесячная температура месяца составляет 22–25 °С. Самым холодным месяцем является январь, средняя температура января минус 5–8 °С. За год выпадает до 500 мм осадков, около половины их количества приходится на вегетационный период. В течение года осадки выпадают неравномерно и носят ливневый характер. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, высокую вероятность засух и суховеев.

Агротехника в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных систем земледелия в зависимости от предшественника и состояния поля.

Для решения поставленных задач были заложены полевые опыты по нескольким направлениям.

По первому направлению были изучены и обоснованы звенья орошаемых севооборотов с высокой продуктивностью, способствующие сохранению плодородия почвы, полевой опыт I.

Опыт I. Изучить влияние звеньев севооборота на плодородие почвы и биопродуктивность орошаемых черноземов:

- 1) сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук;
- 2) сахарная кукуруза – овощной горох + картофель летней посадки – лук;
- 3) сорго зерновое – сидерат + картофель летней посадки – лук;
- 4) сорго зерновое – овощной горох + картофель летней посадки – лук;
- 5) сахарная кукуруза – картофель летней посадки – лук;
- 6) сорго зерновое – картофель летней посадки – лук.

По второму направлению в опытах II–V изучались элементы технологии возделывания различных видов сидеральных культур в звеньях севооборота, их влияние на содержание питательных веществ в почве, урожайность и качество клубней картофеля летнего срока посадки.

Опыт II. Определить оптимальные виды и нормы высева сидеральных культур.

Опыт двухфакторный. Фактор (А) вид культуры: гречиха, горчица, горох, люпин и рапс. Фактор (Б) нормы высева этих культур сниженные на 25 и 50 % и увеличение на 25 % от норм рекомендованных зональными системами земледелия.

Опыт III. Определить закономерности роста и развития сидеральных культур и их влияние на плодородие почвы. Варианты те же, что и в опыте II.

Опыт IV. Изучить влияние влагообеспеченности на продуктивность горчицы сарептской различного срока сева.

Опыт двухфакторный. Фактор А. 1) 1 срок посева (ранневесенний); 2) 2 срок посева (летний); 3) 3 срок посева (осенний)

Фактор Б. Поддержание порога влажности почвы в слое 0,4 м: 1) 80 % НВ; 2) 70 % НВ; 3) 60 % НВ.

Опыт V. Изучить влияние сидеральных культур весеннего срока посева на урожайность и качество клубней картофеля летней посадки.

Варианты опыта те же, что и в опыте II. В качестве контроля был принят вариант – без сидерата.

Влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м.

По третьему направлению в опытах VI–XI изучались элементы технологии возделывания овощных культур: гороха зеленого и кукурузы сахарной для организации овощного конвейера в зонах консервного производства и возделывания товарного лука.

Опыт VI. Изучить влияние сроков посева на рост и развитие различных сортов овощного гороха при орошении.

Фактор (А) сроки посева: 1) 25–30 марта (контроль); 2) 10–15 апреля; 3) 25–30 апреля; 4) 20–25 июля; 5) 1–10 августа. Фактор (Б) сорта: Авола, Альфа, Скидано, Адагумский, Беркут.

Опыт VII. Изучить влияние режима орошения на рост, развитие и урожайность овощного гороха (сорт Беркут).

1) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль); 2) 80 % НВ в слое 0,4 м; 3) 70 % НВ в слое 0,4 м; 4) 70 % НВ в слое 0,6 м; 5) 80 % НВ в слое 0,4 м до цветения, 80 % НВ в слое 0,6 м далее цветения; 6) Без орошения.

Опыт VIII. Изучить влияние питательного режима и влагообеспеченности на рост, развитие и урожайность овощного гороха (сорт Беркут).

Опыт двухфакторный. Фактор А: 1) Без удобрений; 2)  $N_{40}P_{125}K_0$  + ризоторфин; 3)  $N_{50}P_{155}K_0$  + ризоторфин; 4)  $N_{60}P_{186}K_0$  + ризоторфин.

Фактор Б: 1) Без орошения; 2) 80 % НВ в слое 0,6 м; 3) 70 % НВ в слое 0,4 м.

Опыт IX. Изучить влияние сроков посева на рост и развитие различных сортов сахарной кукурузы при орошении.

Фактор (А) сроки посева: 1) 25 апреля–5 мая (контроль); 2) 20–30 мая; 3) 5–10 июня; 4) 20–25 июня; 5) 1–5 июля. Фактор (Б) гибриды: Спирит, Утренняя песня, Краснодарский сахарный 250 СВ, Роялти, Бонус.

Опыт X. Изучить влияние режима орошения на рост, развитие и урожайность сахарной кукурузы.

1) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль); 2) 80 % НВ в слое 0,4 м; 3) 70 % НВ в слое 0,6 м; 4) 80 % НВ в слое 0,4 м до цветения, далее в слое 0,6 м. Высевался районированный гибрид Утренняя песня.

Опыт XI. Изучить влияние дифференцированных доз минеральных удобрений на продуктивность сахарной кукурузы.

Дозы удобрений рассчитывались по М. К. Каюмову на запланированный

урожаем зерна сахарной кукурузы 12 т/га и составили на контрольном варианте  $N_{180}P_{80}K_0$ . На остальных вариантах опыта изучалось снижение доз минеральных удобрений на 20 и 40 % и увеличение дозы на 20 %.

Опыт XII. Изучить влияние режима орошения на рост, развитие и урожайность лука репчатого. Варианты режима орошения с поддержанием влажности почвы в слое 0,6 м: 1) Не ниже 80 % НВ (контроль); 2) Не ниже 80 % НВ до окончания формирования листового аппарата, далее не ниже 70 % НВ; 3) Не ниже 80 % НВ; 4) Без орошения.

Опыт XIII. Изучить влияние питательного режима и влагообеспеченности на рост, развитие и урожайность лука репчатого.

Опыт двухфакторный. Фактор А: 1)  $N_{100}P_{90}$ ; 2)  $N_{120}P_{120}$ ; 3)  $N_{140}P_{150}$ ; 4) Без удобрений. Фактор Б 1) 80 % НВ; 2) 70 % НВ; 3) Без орошения

По четвертому направлению проводились исследования по усовершенствованию технологии возделывания сорго сахарного на зерно в полевых опытах XIV–XVI.

Опыт XIV. Изучить влияние режима орошения на рост, развитие и урожайность сорго зернового.

Вариант 1. Без орошения.

Вариант 2. Поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 80 % НВ от всходов до начала созревания (контроль, расчетная поливная норма 1 м).

Вариант 3. Полив, уменьшенный на 20 % от расчетной поливной нормы (0,8 м), в те же сроки, что и на варианте 2.

Вариант 4. Полив, уменьшенный на 40 % от расчетной поливной нормы (0,6 м), в те же сроки, что и на варианте 2.

Вариант 5. Дифференцированный режим орошения по фазам роста: поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 70 % НВ от всходов до фазы «начало выметывания», далее не ниже 80 % НВ до фазы «начало созревания».

Вариант 6. Дифференцированный режим орошения по фазам роста: поддержание влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 60 % НВ от всходов до начала выметывания, далее не ниже 80 % НВ до фазы «начало созревания».

Размер опытной деланки  $30 \text{ м} \times 35 \text{ м} = 1050 \text{ м}^2$ , учетная площадь –  $240 \text{ м}^2$ , повторность трехкратная. Общая площадь под опытом 1,9 га.

Опыт XV. Изучить влияние способов полива на рост, развитие и урожайность сорго зернового.

Вариант 1. Без орошения

Вариант 2. Полив дождеванием с поддержанием влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 80 % НВ от всходов до начала созревания (контроль).

Вариант 3. Полив по бороздам с поддержанием влажности почвы в слое 1,0 м не ниже 80 % НВ от всходов до начала созревания.

Вариант 4. Полив по бороздам-щелям с поддержанием влажности почвы в слое 1,0 м не ниже 80 % НВ от всходов до начала созревания.

Вариант 5. Комбинированный полив: полив дождеванием до фазы 10–12 листьев (высота растений 0,4–0,5 м) с поддержанием влажности почвы в слое

0,6 м не ниже 80 % НВ, далее полив по нарезанным бороздам-щелям с поддержанием влажности почвы в слое 1,0 м не ниже 80 % НВ до начала созревания.

Вариант 6. Внутрипочвенный струйный полив одновременно с посевом и в дальнейшем дождеванием в те же сроки, что и на варианте 2.

Размер опытной делянки  $20 \times 15$  м, учетная площадь на всех вариантах –  $200 \text{ м}^2$ , повторность трехкратная.

Опыт XVI. Изучить влияние различных доз минеральных удобрений на рост, развитие, урожайность и качество зерна зернового сорго.

Вариант 1. Без удобрений.

Вариант 2. Доза удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га зерна (контроль).

Вариант 3. Доза удобрений на планируемую урожайность 8,0 т/га зерна.

Вариант 4. Доза удобрений на планируемую урожайность 10,0 т/га зерна.

Вариант 5. Доза удобрений на планируемую урожайность 12,0 т/га зерна.

Вариант 6. Доза удобрений на планируемую урожайность 14,0 т/га зерна.

Дозы удобрений рассчитывались на планируемую урожайность. Площадь делянок  $10 \text{ м} \times 30 \text{ м} = 300 \text{ м}^2$ , учетная площадь  $200 \text{ м}^2$ , повторность трехкратная.

При проведении полевых опытов были использованы методики Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова, Т. Н. Кононенко В. Ф. Моисейченко и другие общепринятые методики по постановке и проведению полевых опытов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

*В четвертой главе* «Продуктивность звеньев орошаемого севооборота и их влияние на плодородие почв» рассматриваются результаты полевых исследований по изучению звеньев севооборотов при орошении.

Исследования проводились в 2009–2014 гг. в шести звеньях севооборотов из 3 культур (полей). Для сравнимости продуктивности звеньев орошаемых севооборотов урожайность сельскохозяйственных культур приведена к одному показателю – в зерновые единицы.

Исследования показали, что в первый год ротации звена севооборота с сахарной кукурузой в первом поле (варианты 1–3) урожайность в среднем составила 11,3 т/га з. е. У зернового сорго (варианты 4–6) урожайность была выше и составила в среднем 12,3 т/га з. е. (таблица 1).

Во второй год ротации во всех звеньях возделывался картофель летней посадки: после сидератов в вариантах 1 и 4; после овощного гороха в вариантах 2 и 5; после кукурузы в варианте 3 и после сорго сахарного в варианте 6.

Установлено, что наибольшее суммарное количество зерновых единиц получено на первом варианте опыта – 37,4 т/га з. е. или в среднем за 1 год по 12,5 т/га з. е. На 4 варианте опыта, где в первый год возделывалось сорго зерновое вместо сахарной кукурузы продуктивность звена севооборота снизилась на 1 т з. е. или на 2,7 %.

Таблица 1 – Продуктивность изучаемых звеньев орошаемого севооборота, 2009–2014 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га з. е.			Урожайность в т/га з. е.	
	1 год	2 год	3 год	суммарная	в среднем за 1 год
1) Сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук (к)	11,3 - -	- 8,3 + 10,9 -	- - 6,9	37,4	12,5
2) Сахарная кукуруза – овощной горох + картофель летней посадки – лук	11,3 - -	- 5,0 + 10,5 -	- - 6,8	33,6	11,2
3) Сахарная кукуруза – картофель летней посадки – лук	11,3 - -	- 8,8 -	- - 6,5	28,2	9,4
4) Сорго зерновое – сидерат + картофель летней посадки – лук	12,3 - -	- 7,9 + 10,6 -	- - 6,8	36,4	12,1
5) Сорго зерновое – овощной горох + картофель летней посадки – лук	12,3 - -	- 4,7 + 10,3 -	- - 6,6	32,7	10,9
6) Сорго зерновое – картофель летней посадки – лук	12,3 - -	- 8,4 -	- - 6,3	27,0	9,0
НСР <sub>05</sub> , т	0,54–0,76				

На втором и пятом вариантах опыта, где вместо сидерата возделывался овощной горох, продуктивность составила 33,6 и 32,7 т з. е. соответственно. На 3 и 6 вариантах опыта, где во второй год исследований проводилась обработка под картофель летней посадки по типу полупара продуктивность гектара пашни была наименьшей и составила 28,2 и 27,0 т з. е.

Высокая урожайность и большая масса питательных веществ выносимая с урожаем требует компенсирования выноса элементов питания с урожаем за счет минеральных и органических удобрений. В наших исследованиях восполнение органического вещества происходило за счет запашки пожнивных остатков и сидератов. Баланс питательных веществ в звеньях севооборота за три года ротации представлен в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что на 3, 5 и 6 вариантах опыта, где сидераты не возделывались, произошло снижение содержания гумуса от 8,3 до 9,9 т/га. В то же время в вариантах 1 и 4 сидераты способствовали восполне-

нию дефицита органического вещества в почве, содержание гумуса снизилось всего на 0,9–1,1 т/га (0,017–0,02 %).

Таблица 2 – Баланс питательных веществ в почве в звеньях севооборотов, 2009–2014 гг.

Вариант опыта	Баланс питательных веществ (начало-конец ротации звена севооборота), кг/га д.в.			
	Органическое вещество, т/га	Азот	Фосфор	Калий
1) Сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук (к)	–1,1	204,2	35,9	–8,9
2) Сахарная кукуруза – овощной горох + картофель летней посадки – лук	–9,9	136,9	93	–67,8
3) Сахарная кукуруза – картофель летней посадки – лук	–8,7	74	13	–67,7
4) Сорго зерновое – сидерат + картофель летней посадки – лук	–0,9	198,6	36,9	0,2
5) Сорго зерновое – овощной горох + картофель летней посадки – лук	–8,9	130	92	–57,8
6) Сорго зерновое – картофель летней посадки – лук	–8,3	67,1	13,8	–55,5

Содержание азота в почве повысилось на всех вариантах опыта, что связано с последствием больших доз минеральных удобрений, которые в первый год использования усваиваются растениями не полностью. Наибольшее накопление азота 198,6 и 204,2 кг/га д. в. произошло на вариантах 1 и 4, где возделывались сидеральные культуры, а фосфора во втором варианте 93 кг/га и пятом варианте 92 кг/га, что на 161 и 158 % больше, чем на контрольном варианте. В звене севооборота, где возделывалась сидеральная культура – горчица сарептская содержание подвижного фосфора повысилось на 35,9 и 36,9 кг/га.

Содержание в почве обменного калия было повышенным и при расчете доз минеральных удобрений по М. К. Каюмову не было потребности во внесении калийных удобрений. Однако баланс обменного калия в звеньях орошаемого севооборота показал, что на всех вариантах опыта произошло снижение содержания калия в почве. Поэтому необходимо предусмотреть внесение калийных удобрений.

**В пятой главе** «Возделывание сидеральных культур и их влияние на плодородие орошаемых черноземов» приводятся результаты полевых исследований по изучению норм высева, сроков посева различных сидеральных культур (гречиха, люпин, горчица сарептская, рапс яровой и горох) и их влияние на плодородие орошаемых черноземов.

Исследования позволили установить, что урожайность зеленой массы всех видов сидеральных культур была выше при увеличении нормы высева

на 25 %, от нормы рекомендованной зональными системами земледелия. Более высокие показатели формирования надземной массы и корней наблюдалось у горчицы сарептской. Количество сухого органического вещества, заделанного в почву, составило 11,9 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние вида сидеральной культуры на формирование надземной и корневой массы растений, при норме высева увеличенной на 25 %, 2011–2014 гг.

Вариант опыта	Масса растений, т/га			
	Зеленая масса	Масса корней	Масса растений, заделанных в почву	Органическое вещество, заделанное в почву
Гречиха	24,0	8,1	32,1	7,4
Люпин	16,7	4,6	21,3	4,9
Горчица	39,3	12,5	51,8	11,9
Рапс	29,2	9,1	38,3	8,8
Горох	20,9	7,3	28,3	6,5

Для изучения влияния сидеральных культур на агрохимические свойства почвы были произведены исследования по изучению динамики накопления питательных веществ в почве. Отбор проводился в начале, середине вегетации и через месяц после заделки сидератов.

Наблюдения за динамикой содержания питательных веществ в почве показали, что по мере нарастания биомассы сидеральных культур, содержание NPK в почве уменьшалось. Однако через месяц после заделки сидератов в почву все возделываемые культуры способствовали обогащению почв питательными элементами на 11–19 %, в т. ч. обменным калием на 14–17 %, подвижным фосфором – на 16–19 %, нитратным азотом – на 15–18 %. Заметное увеличение количества питательных веществ в почве по NPK происходило в слое 0–40 см (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние сидератов на накопление питательных веществ в слое почвы 0–40 см, 2011–2014 гг.

Культура	Количество накопленных питательных веществ в почве, после заделки сидерата, мг/кг		
	NO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Гречиха	11,40	15,75	47,5
Люпин	13,25	15,15	44,0
Горчица	10,45	14,65	45,5
Рапс	11,65	18,15	43,5
Горох	14,90	12,90	41,5

Таким образом, использование сидеральных культур является дополнительным источником поступления органического вещества и других питательных веществ в почву. Наиболее продуктивной культурой при использовании в качестве сидерата является горчица, так как при ее использовании произошло

обогащение почвы на 11,9 т/га сухого органического вещества, повышение на 15 % нитратным азотом, 19 % подвижным фосфором и на 16 % обменным калием.

*В шестой главе* «Влияние сидеральных культур на урожайность и качество клубней летней посадки» рассмотрены результаты полевых исследований по изучению влияния сидеральных культур на урожайность и качество клубней картофеля.

Биометрические исследования особенностей роста и развития растений показали, что более высокие показатели наблюдались в варианте 3 после использования в качестве сидерата горчицы сарептской. Эти показатели и определили урожайность и водопотребление картофеля летней посадки (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность и водопотребление картофеля летней посадки в зависимости от сидерата, 2011–2014 гг.

Вариант опыта	Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю		Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
		т/га	%		
1) Гречиха	38,3	3,0	8,5	4862	126,9
2) Люпин	41,8	6,5	18,4	4874	116,6
3) Горчица	43,5	8,2	23,2	4879	112,2
4) Рапс	39,8	4,5	12,4	4866	122,3
5) Горох	42,6	7,3	20,7	4875	114,4
6) Без сидерата (к)	35,3	-	-	5084	144,0
НСР <sub>05</sub> , т	0,97–1,17				

Более высокая урожайность клубней 43,5 и 42,6 т/га наблюдалась в вариантах 3 и 5, где прибавка урожая составила 23,3 и 20,7 % по сравнению с контролем – без сидератов.

Важным фактором получения высоких урожаев картофеля летних сроков посадки являются условия тепловлагообеспеченности территории. Если температурный режим на Юге России благоприятен для выращивания картофеля летнего срока посадки, то условия увлажнения не отвечают потребностям растений из-за дефицита влаги. Поэтому орошение является одним из условий получения высокой урожайности.

Установлено, что оптимальный режим орошения картофеля летней посадки создается при поддержании влажности почвы в слое 0,4 м не ниже 80 %. В среднем за годы исследований получена урожайность 43,5 т/га, прибавка урожая составила 23,2 т/га. При этом основная доля эвапотранспирации во всех вариантах опыта приходится на оросительную норму 47,2–49,4 % при суммарном водопотреблении от 4862 до 5084 м<sup>3</sup>/га. Наиболее продуктивно влага расходовалась на варианте, где в качестве сидерата использовалась горчица, коэффициент водопотребления составил 112,2 м<sup>3</sup>/т, против 144,0 м<sup>3</sup>/т на контрольном варианте (без сидерата).

Исследования также показали, что при возделывании сидеральных культур в почве накапливаются питательные вещества и развиваются микроорганизмы, которые благоприятно влияют на качество урожая и способствуют снижению поражения клубней картофеля заболеваниями (таблица 6).

Таблица 6 – Качество урожая клубней картофеля летней посадки после сидератов, 2011–2014 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Сухое вещество		Содержание крахмала		Пораженные клубни заболеваниями, %
		%	т/га	%	т/га	
1) Гречиха	38,3	22,8	8,7	11,8	4,5	14
2) Люпин	41,8	24,7	10,3	13,2	5,5	13
3) Горчица	43,5	24,4	10,6	12,6	5,5	11
4) Рапс	39,8	24,3	9,7	12,4	4,9	16
5) Горох	42,6	25,1	10,7	13,5	5,8	13
6) Без сидерата (к)	35,3	21,3	7,5	11,0	3,9	18

Данные таблицы 6 показывает, что сидеральные культуры способствуют большему накоплению сухого вещества в клубнях на 1,5–3,8 %, что соответствует 2,5–3,2 т/га по сравнению с контролем. При этом и содержание крахмала увеличивается на 0,8–2,5 %, что составляет 0,6–1,9 т/га. Развитие микрофлоры при разложении сидератов способствует снижению заболеваемости картофеля на 11–18 %, так как угнетаются патогенные микроорганизмы, такие как фитофтороз, альтернариоз, различные гнили и другое. На вариантах 2 и 5 с бобовыми наблюдался одинаковый процент поражения заболеваниями – 13 %. На варианте 1 поражение заболеваниями составляет 14 %, что на 22,2 % меньше контрольного варианта. Поражения заболеваниями клубней картофеля на варианте 4 – 16 %, это на 11,1 % меньше контроля.

**В седьмой главе** «Элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур» приводятся результаты исследований по изучению влияния водного и питательного режимов на рост, развитие и урожайность овощных культур: овощного гороха, сахарной кукурузы и лука репчатого, а так же сорго зернового.

Исследования сроков посева различных сортов гороха овощного и гибридов кукурузы сахарной позволили подобрать, обосновать соотношение посевных площадей сортов овощного гороха и гибридов сахарной кукурузы (таблица 7) и разработать овощной конвейер поставки необходимых объемов овощной продукции для консервной промышленности.

Таблица 7 – Соотношение посевных площадей гороха и кукурузы

Группа спелости	Доля от общей площади, %
Очень ранний	20
Ранний	18
Среднеранний	7
Средний	20
Среднепоздний	20
Поздний	15

Технология позволяет в течение 50 дней последовательно без перерывов убирать урожай гороха и затем кукурузы сахарной и осуществлять поставку сырья на перерабатывающий завод в течение 5 месяцев. В процессе разработки технологии были изучены и подобраны сорта и гибриды, установлены сроки посева, режимы орошения и удобрения гороха овощного и кукурузы сахарной.

Так исследования сроков посева сортов гороха овощного различных сроков созревания показали, что более высокие показатели высоты растений 57,1–96,8 см, листовой поверхности 22,9–27,2 тыс. м<sup>2</sup>/га и накопления сухой массы 6,33–8,58 т/га наблюдались при посеве всех сортов 25–30 марта. Это позволило получить и более высокую урожайность от 7,0 до 9,4 т/га зерен (таблица 8).

Таблица 8 – Урожайность овощного гороха при разных сроках посева, в среднем за 2003–2005 гг., т/га

Вариант, сорт	Срок посева				
	I (к) (25–30 марта)	II (10–15 апреля)	III (25–30 апреля)	IV (20–25 июля)	V (1–10 августа)
1) Авола, (к)	7,0	6,6	6,4	5,8	5,4
2) Альфа	7,1	6,8	6,5	5,9	5,4
3) Скинадо	9,0	8,8	8,4	7,8	6,7
4) Адагумский	8,8	8,5	8,1	7,5	6,5
5) Беркут	9,4	9,0	8,6	7,8	7,2
НСР <sub>05</sub> , т	0,17–0,28				

Более высокая урожайность была у среднеспелого сорта Беркут 9,4 т/га. Однако для консервной промышленности важно продлить сроки наступления технологической спелости и уборки гороха, поэтому посев производился еще в несколько сроков в апреле, июле и августе, хотя урожайность и снижалась, например у сорта Беркут до 7,2 т/га.

Установлено, что у гороха овощного и у кукурузы сахарной более высокие показатели линейного роста, листовой поверхности, нарастания массы растений наблюдалось при режиме орошения с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое почвы 0,4 и 0,6 м в течение всей вегетации. Прибавка урожая составили 109,5 % и 133,3 % при урожайности на контроле 4,2 т/га зерен.

Более высокая урожайность овощного гороха до 10,1 т/га зеленых зерен была получена при совместном действии двух факторов: орошения и удобрения (таблица 9).

Прибавка урожая составила в 8 варианте 6,63 т/га зеленых зерен, что в 2,2 раза больше по сравнению с 1 вариантом: без орошения – без удобрения.

Анализ суммарного водопотребления показал, что оно было ниже на варианте 1 (без орошения) 1117–1408 м<sup>3</sup>/га, а максимальное – на варианте 8 с режимом орошения 80 % НВ в слое 0,6 м на фоне минеральных удобрений 1811–2134 м<sup>3</sup>/га, что на 15 % выше, чем на варианте 12 и на 51 % выше, чем на варианте 4 (без орошения). Но более эффективно влага используется в вариантах 7 и 8, где коэффициент водопотребления самый низкий 215 и 211 м<sup>3</sup>/т.

Таблица 9 – Урожайность и водопотребление овощного гороха в зависимости от влагообеспеченности и удобрений, 2003–2005 гг.

Вариант опыта	Урожайность зерен, т/га	Прибавка урожая от удобрений и орошения		Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
		±Δ, т/га	%		
Без орошения					
1) Без удобрений	3,47	-	-	1117	322
2) N <sub>40</sub> P <sub>125</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	3,9	-	-	1219	313
3) N <sub>50</sub> P <sub>155</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	4,2	-	-	1322	315
4) N <sub>60</sub> P <sub>186</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	4,87	-	-	1408	289
80 % НВ в слое 0,6 м					
5) Без удобрений	4,71	1,24	36	1415	300
6) N <sub>40</sub> P <sub>125</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	7,74	4,27	123	1811	234
7) N <sub>50</sub> P <sub>155</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин (к)	8,8	5,33	154	1887	215
8) N <sub>60</sub> P <sub>186</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	10,1	6,63	191	2134	211
70 % НВ в слое 0,4 м					
9) Без удобрений	4,16	0,69	20	1296	312
10) N <sub>40</sub> P <sub>125</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	6,32	2,85	82	1634	259
11) N <sub>50</sub> P <sub>155</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	7,4	3,93	113	1705	230
12) N <sub>60</sub> P <sub>186</sub> K <sub>0</sub> + ризоторфин	8,11	4,64	134	1843	227
НСР <sub>05</sub> , т	0,35–0,5				

Исследования динамики водопотребления показали, что среднесуточное водопотребление у гороха возрастает от 10 в фазу всходов до 50 м<sup>3</sup>/га в сутки в фазу технической спелости, а у кукурузы от 24,7 в фазу 5 листьев до 67,5 м<sup>3</sup>/га в фазу технической спелости. Для моделирования и корректировки режима орошения получены зависимости динамики изменения среднесуточного водопотребления в течение вегетации (рисунок 1).

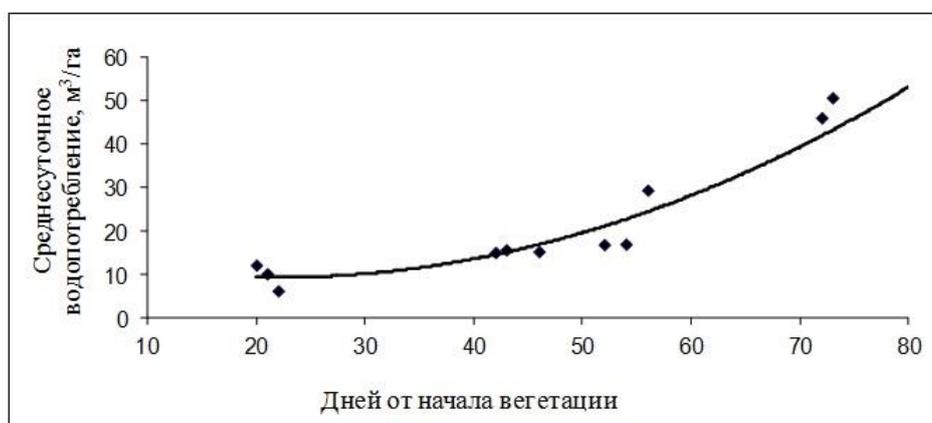


Рисунок 1 – Среднесуточное водопотребление овощного гороха, 2003–2005 гг.

$$E_{\text{сут}} = 0,0129D^2 - 0,5614D + 15,48, R^2 = 0,92,$$

где  $D$  – дней от начала вегетации, сут;

$E_{\text{сут}}$  – среднесуточное водопотребление, м<sup>3</sup>/га.

В настоящее время в нашей стране большую популярность получила такая культура как сахарная кукуруза. Основное ее назначение это использование ее в свежем виде и консервирование. Однако технология возделывания кукурузы сахарной при орошении ранее не была разработана, поэтому были проведены исследования по подбору гибридов, изучению сроков посева различных сортов, режимов орошения и питания растений для получения высокой урожайности и обеспечения конвейерной поставки початков на консервный завод.

Исследованиями установлено, что оптимальным сроком посева сахарной кукурузы является 3 декада мая, где была получена наибольшая урожайность, в зависимости от скороспелости гибрида она составила 19,5–24,2 т/га товарных початков и 12,5–15,6 т/га зерна технологической спелости (таблица 10).

Таблица 10 – Урожайность зерна сахарной кукурузы технической спелости при различных сроках посева, 2003–2005 гг., т/га

Гибрид	Срок посева				
	I (25 апреля – 5 мая) (к)	II (20–30 мая)	III (5–10 июня)	IV (20–25 июня)	V (1–5 июля)
1) Спирит	11,7	12,5	10,6	9,8	8,8
2) Утренняя песня	12,4	13,4	11,2	10,3	9,2
3) Краснодарский сахарный 250 СВ	13,3	14,2	12,2	11,2	10,2
4) Роялти	13,9	14,7	12,6	11,5	10,4
5) Бонус	14,7	15,6	13,4	12,3	11,2
НСР <sub>05</sub> , т	0,12–0,17				

Для получения стабильно высоких урожаев сахарной кукурузы в зоне недостаточного увлажнения необходимо регулировать режим увлажнения почвы. Установлено, что суммарное водопотребление увеличивается с удлинением вегетационного периода с 4208 м<sup>3</sup>/га у раннего гибрида Спирит до 4528 м<sup>3</sup>/га у среднепозднего гибрида Роялти. Коэффициент водопотребления при этом уменьшается с 359,7 м<sup>3</sup>/т у раннеспелого гибрида до 325,8 м<sup>3</sup>/т у позднеспелого при первом сроке посева. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что при летнем сроке посева происходит повышение суммарного водопотребления до 2,5 %, но при этом влага расходуется менее продуктивно, коэффициент водопотребления увеличивается до 424,7–434,2 м<sup>3</sup>/т.

Исследования различных режимов орошения показали, что, например, на 73 день вегетации более высокие показатели высоты растений до 193 см, площади листовой поверхности 42,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, масса накопления абсолютно сухих веществ 21,4 т/га сахарная кукуруза имела во втором варианте при режима орошения с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % в слое почвы 0,4 м. В этом варианте и урожайность зерен была более высокой 13,1 т/га (таблица 11).

Таблица 11 – Урожайность зерна сахарной кукурузы технической спелости в зависимости от режима орошения, 2003–2005 гг.

Вариант опыта	Биометрические показатели роста (73-й день вегетации)			Урожайность, т/га	Отклонение от (к)	
	Высота, см	Площадь листовая, тыс. м <sup>2</sup> /га	Абс. сухое вещество, т/га		±Δ, т	%
1) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль)	185	41,4	18,9	11,4	-	-
2) 80 % НВ в слое 0,4 м	193	42,4	21,4	13,1	1,7	14,9
3) 70 % НВ в слое 0,6 м	181	40,1	15,9	8,8	-2,6	22,8
4) 80 % НВ в слое 0,4 м до цветения, далее в слое 0,6 м	184	41,8	20,4	12,8	1,4	12,3
НСР <sub>05</sub> , т	-	-	-	1,2–2,2	-	-

Прибавка урожая по отношению к контролю составила 1,7 т/га или 14,9 %. Несколько меньший урожай был получен при дифференцированном режиме орошения – 12,8 т/га, прибавка составила 12,3 %.

В среднем за годы исследований оросительная норма на контрольном варианте (80 % НВ в слое 0,6 м) составила 2230 м<sup>3</sup>/га, на втором варианте (80 % НВ в слое 0,4 м) – была выше на 260 м<sup>3</sup>/га, на третьем варианте (70 % НВ в слое 0,6 м) она была наименьшей и составила 1540 м<sup>3</sup>/га. Однако более эффективно влага использовалась в варианте 2, где коэффициент водопотребления был самым низким 322 м<sup>3</sup>/т (таблица 12).

Таблица 12 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления сахарной кукурузы в зависимости от режима орошения, в среднем за 2003–2005 гг.

Вариант опыта	Осадки, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Использовано из почвы, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
1) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль)	1380	2230	576	4186	11,4	367
2) 80 % НВ в слое 0,4 м	1380	2500	347	4217	13,1	322
3) 70 % НВ в слое 0,6 м	1380	1540	976	3896	8,8	443
4) 80 % НВ в слое 0,4 м до цветения, далее в слое 0,6 м	1380	2310	486	4176	12,8	326

Регулирование водного и питательного режима кукурузы позволяет получать гарантированно высокую урожайность зерна. Причем для сахарной кукурузы коэффициенты выноса питательных веществ с урожаем до настоящего времени не были установлены. Поэтому нами проводились исследования с увеличением расчетной дозы удобрений на 20 % и снижение ее на 20 и 40 % от расчетного варианта (к) (таблица 13).

Таблица 13 – Урожайность зерна и водопотребление сахарной кукурузы технологической спелости в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант опыта	Средняя урожайность, т/га	Отклонение от (к)		Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
		± Δ, т	%		
1,2 н	12,3	+0,9	7,9	4357	354,2
н (к)	11,4	-	-	4186	367,2
0,8 н	10,1	-1,3	11,4	4157	411,6
0,6 н	8,7	-2,7	23,7	4025	462,6
НСР <sub>05</sub> , т	1,23–1,35				

Для оценки влияния влагообеспеченности на урожайность сахарной кукурузы нами получены зависимости «урожайность – суммарное водопотребление» (рисунок 2).

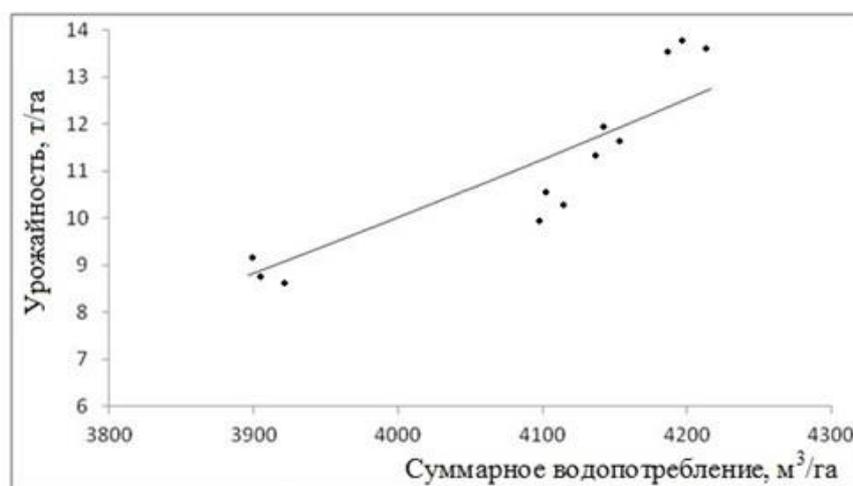


Рисунок 2 – Зависимость урожайности сахарной кукурузы от суммарного водопотребления, вариант 2, 2003–2005 гг.

$$Y = 2 \cdot 10^{-6} E_{\text{сум}}^2 - 0,0071 E_{\text{сум}}, \quad R^2 = 0,88,$$

где  $Y$  – урожайность, т/га;

$E_{\text{сум}}$  – суммарное водопотребление, м<sup>3</sup>/га.

Полученные зависимости в интервале данных обладают высокой достоверностью аппроксимации и могут быть использованы для моделирования различных условий увлажнения и расчета ожидаемой урожайности зерна сахарной кукурузы от величины оросительной нормы и суммарного водопотребления.

Одним из полей звеньев севооборота был лук. Для оценки эффективности использования ресурсов рассмотрим данные по суммарному водопотреблению и коэффициент водопотребления лука репчатого в зависимости от питательного режима и влагообеспеченности. Эти данные представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Водопотребление лука репчатого в зависимости от влагообеспеченности и доз удобрений

Вариант опыта	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	В том числе оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
70–100 % НВ				
N <sub>100</sub> P <sub>90</sub>	4593	1540	29,9	153,6
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	4707	1540	39,0	120,7
N <sub>140</sub> P <sub>150</sub>	4856	1540	45,3	107,4
Без удобрений	4518	1540	22,4	201,7
80–100 % НВ				
N <sub>100</sub> P <sub>90</sub>	4980	2300	32,8	151,8
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	5170	2300	44,4	116,4
N <sub>140</sub> P <sub>150</sub>	5403	2300	51,9	104,1
Без удобрений	4921	2300	25,5	193
Без орошения				
N <sub>100</sub> P <sub>90</sub>	2860	-	14,8	193,2
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub>	3265	-	18,2	179,4
N <sub>140</sub> P <sub>150</sub>	3425	-	22,5	152,2
Без удобрений	2849	-	12,0	237,4

Анализ таблицы 14 показывает, что суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления изменяются в зависимости, как от водного режима, так и от применения различных доз минеральных удобрений.

Наиболее рационально вода использовалась при внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>140</sub>P<sub>150</sub> и составила в зависимости от режима орошения от 104,1 до 107,4 м<sup>3</sup>/т.

Наибольший коэффициент водопотребления был получен на варианте без удобрений и без орошения (237,4 м<sup>3</sup>/т). С применением минеральных удобрений и при улучшении условий увлажнения коэффициент водопотребления снижается. Это говорит о том, что влага расходуется более продуктивно.

Для наглядного представления зависимости урожайности от исследуемых факторов были построены поверхности отклика по данным за весь период исследований. В результате получены трехмерные диаграммы рассеивания, аппроксимируемые полиномом второго порядка.

Анализ построенных диаграмм показывает, что с увеличением суммарного водопотребления и доз минеральных удобрений происходит увеличение урожайности. Иная ситуация наблюдается у коэффициента водопотребления, где при увеличении доз минеральных удобрений и суммарного водопотребле-

ния происходит снижение показателей коэффициента водопотребления, а значит влага расходуется более рационально (рисунки 3, 4).

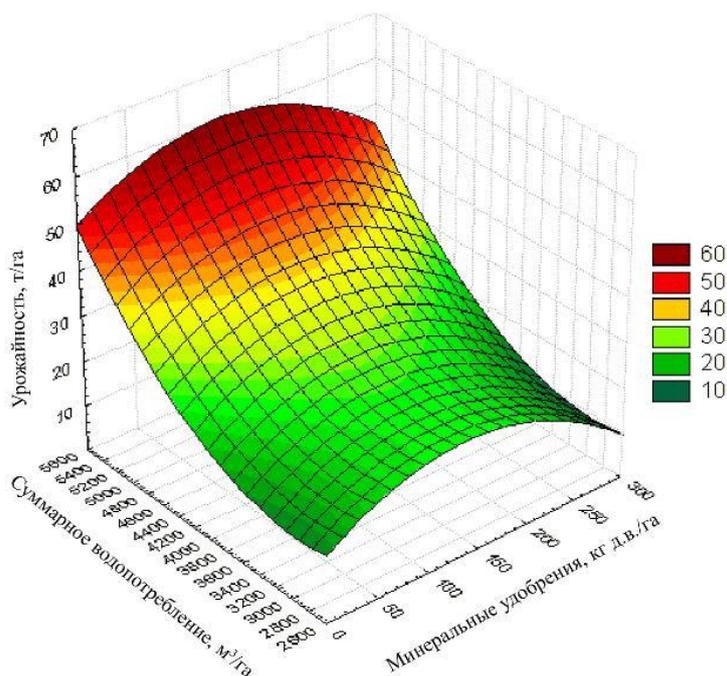


Рисунок 3 – Взаимосвязь урожайности, суммарного водопотребления и доз удобрений

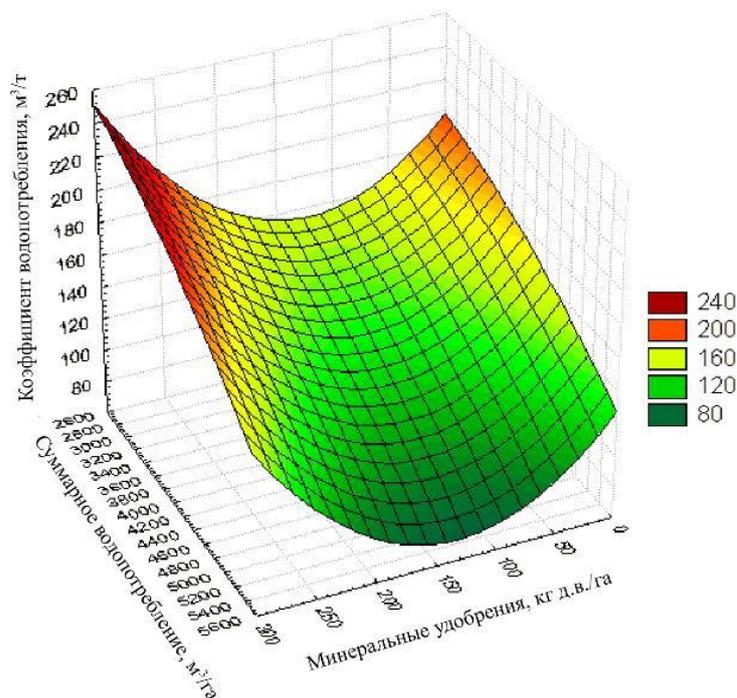


Рисунок 4 – Взаимосвязь коэффициента водопотребления, суммарного водопотребления и доз удобрений

Зависимость урожайности от суммарного водопотребления и доз минеральных удобрений лука репчатого выражается уравнением:

$$Y = 59,7888 + 0,1508 E_{\text{сум}} - 0,0307 N - 0,0006 E_{\text{сум}}^2 + 1,1907 \times 10^{-6} E_{\text{сум}} N + 5,1519 \times 10^{-6} N^2,$$

где  $Y$  – урожайность, т/га;

$E_{\text{сум}}$  – суммарное водопотребление, м<sup>3</sup>/га;

$N$  – минеральные удобрения, кг д. в./га;

$R^2 = 0,81$ .

Зависимость коэффициента водопотребления от суммарного водопотребления и доз минеральных удобрений лука репчатого выражается следующим уравнением:

$$K = 200,9331 - 0,6795 E_{\text{сум}} + 0,0097N + 0,0031 E_{\text{сум}}^2 - 2,308 \times 10^{-6} E_{\text{сум}} N - 4,0906 \times 10^{-6} N^2,$$

где  $K$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/т;

$E_{\text{сум}}$  – суммарное водопотребление, м<sup>3</sup>/га;

$N$  – минеральные удобрения, кг д. в./га;

$R^2 = 0,87$ .

Таким образом, на основании анализа полученных трехмерных диаграмм, были установлены биологически оптимальные нормы водопотребности лука репчатого для условий юга России. Кроме того, полученные зависимости могут быть использованы при обосновании режимов орошения и доз минеральных удобрений.

Одной из перспективных зерновых культур на орошаемых землях юга России является сорго зерновое. Сорго зерновое является засухоустойчивой культурой, но результаты полевых исследований показывают, что при орошении урожайность увеличивается в 2 раза и более. Так исследования влияния различных режимов орошения позволило установить, что показатели продолжительности вегетации в 119 дней, высоты растений 152 см, листовой поверхности 6,65 тыс. м<sup>2</sup>/га и урожайности зерна 13,9 т/га были выше при поддержании влажности почвы в слое 0,6 м не ниже 80 % НВ (таблица 15).

Таблица 15 – Влияние режима орошения на биометрические показатели и урожайность сорго зернового, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Продолжительность вегетации, сут.	Высота растений при созревании, см	Листовая поверхность в фазу цветения, тыс. м <sup>2</sup> /га	Вегетативная масса растений, т/га	Урожайность зерна, т/га
1) Без орошения	109	136	39,5	41,7	6,5
2) 80% НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	119	152	56,5	66,8	13,9
3) 0,8 м	116	142	51,1	66,7	12,2
4) 0,6 м	112	136	45,7	50,6	8,4
5) 70–80 % НВ	116	143	48,2	68,6	12,7
6) 60–80 % НВ	111	139	48,1	61,8	11,5
НСР <sub>05</sub> , т	-	-	-	-	1,2–2,2

При всех других условиях увлажнения показатели роста и развития ухудшались. В варианте без орошения продолжительность вегетации сократилось на 10 дней, высота растений снизилась на 16 см, листовая поверхность меньше на 17,0 тыс. м<sup>2</sup>/га и урожайность зерна составила 6,5 т/га. Прибавка урожая от орошения в 2 варианте составила 7,4 т/га или на 114 %.

Анализ суммарного водопотребления показал, что в варианте 2 оно наибольшее 6012 м<sup>3</sup>/га, в других вариантах оно снижается и достигает минимума 5243 м<sup>3</sup>/га в 1 варианте без орошения (таблица 16).

Таблица 16 – Водопотребление сорго при различных режимах орошения, слой почвы 1,0 м, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Использовано влаги из почвы		Осадки		Оросительная норма		Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%		
1) Без орошения	1550	30	3693	70	-	-	5243	738
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	1059	18	3693	61	1260	21	6012	423
3) 0,8 м	1255	21	3693	62	1020	17	5968	493
4) 0,6 м	1505	25	3693	62	750	13	5948	647
5) 70–80 % НВ	1220	20	3693	62	1060	18	5973	482
6) 60–80 % НВ	1195	21	3693	64	840	15	5728	494

Однако более рационально влага использовалась во 2 варианте, где коэффициент водопотребления составил 423 м<sup>3</sup>/т против 738 м<sup>3</sup>/т в первом варианте.

Для оценки влияния влагообеспеченности на продуктивность сорго были установлены связи «урожайность – суммарное водопотребление» и «прибавка урожая – оросительная норма».

Анализ связи величины урожая и суммарного водопотребления за годы исследований показал тесную линейную связь (рисунок 5).

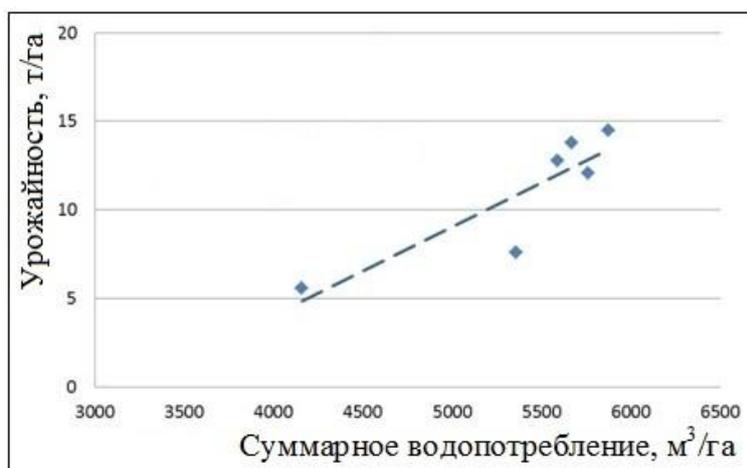


Рисунок 5 – Связь между величиной урожая и суммарным водопотреблением сорго зернового, в среднем за 2011–2013 гг.

Коэффициент детерминации равен 0,76, а уравнение регрессии имеет вид  $y = 0,005x - 15,8$ . Полученная связь показывает, что в пределах полученных показателей суммарного водопотребления (от 4157 до 5875 м<sup>3</sup>/га) урожайность возрастает.

Урожайность зерна сорго зернового в зависимости от способов орошения представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Масса растений и урожайность зерна с 1 га

Вариант опыта	Масса растения, т/га	Масса зерна		Листостебельная масса	
		т/га	%	т/га	%
1) Без орошения	40,6	6,9	17	33,7	83
2) 80 % НВ в слое 0,6 м (контроль, 1 м)	64,8	13,6	21	51,2	79
3) Борозды, полив в каждый ряд	63,5	12,7	20	50,8	80
4) Борозды-щели полив через ряд	60,0	11,4	19	48,6	81
5) Дождевание – борозды	64,5	14,2	22	50,3	78
6) Внутрипочвенный – дождевание	65,5	14,4	22	51,1	78
НСР <sub>05</sub> , т/га	–	1,1	–	–	–

Более высокая урожайность зерна сорго 14,2 и 14,4 т/га была на варианте 4 с комбинированным орошением дождевание и далее по бороздам и внутрипочвенный полив – дождевание, против 7,7 т/га на варианте без орошения. Полив по бороздам обеспечил получение высокого урожая в 11,4–12,7 т/га однако оно ниже, чем на вариантах 5 и 6.

Анализ доли зерна в надземной массе растений показывает, что при орошении доля зерна возрастает 22 % в вариантах 5 и 6.

Более высокая урожайность зерна сорго (14,7 т/га) была на варианте 6 с самой высокой дозой удобрения N<sub>328</sub>P<sub>140</sub>K<sub>143</sub> (таблица 18).

Таблица 18 – Масса растений и урожайность зерна сорго, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Суммарная доза удобрений, кг/га д. в.	Масса растения, т/га	Урожайность		Листостебельная масса		Прибавка урожая зерна на 1 кг д. в., кг
			т/га	%	т/га	%	
1) Без удобрения	-	36,0	5,1	14	30,9	86	-
2) N <sub>140</sub> P <sub>60</sub> K <sub>61</sub>	261	56,1	7,7	14	48,4	86	10,0
3) N <sub>187</sub> P <sub>80</sub> K <sub>82</sub>	349	59,4	10,8	18	48,6	82	16,3
4) N <sub>234</sub> P <sub>100</sub> K <sub>102</sub>	436	62,3	13,2	21	49,2	79	18,6
5) N <sub>280</sub> P <sub>120</sub> K <sub>122</sub>	522	67,3	14,4	21	53,0	79	17,8
6) N <sub>328</sub> P <sub>140</sub> K <sub>143</sub>	611	65,7	14,7	22	51,0	78	15,7
НСР <sub>05</sub> , т			0,67–0,92				

Для полноценной оценки природного потенциала обеспеченности теплом и влагой сельскохозяйственных угодий учеными рекомендуются учитывать следующие основные комплексные показатели, необходимые для расчетов и корректировки режимов орошения:

- испаряемость (потенциальная эвапотранспирация);
- атмосферные осадки;
- активные влагозапасы почвы в диапазоне от НВ (наименьшей влагоемкости) до ВРК (влажности разрыва капиллярной связи);
- коэффициент природного увлажнения  $K_y$ , равный отношению элементов водного и теплового балансов.

При определении испаряемости нами использована модифицированная формула Н. Н. Иванова, согласно которому расчетная формула имеет вид:

$$ET_0 = K_t \cdot d \cdot f(v),$$

где  $ET_0$  – испаряемость, мм;

$K_t$  – энергетический фактор испарения, мм/мб;

$d$  – дефицит влажности воздуха, мб;

$f(v)$  – ветровая функция, учитывающая влияние скорости ветра на интенсивность испарения.

Биоклиматические коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур  $K_6$  в зависимости от испаряемости во взаимосвязи с суммой среднесуточных температур воздуха нарастающим итогом от начала вегетации в условиях орошения Ростовской области представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Биоклиматические коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур  $K_6$  в зависимости от испаряемости во взаимосвязи с суммой среднесуточных температур воздуха нарастающим итогом от начала вегетации в условиях орошения юга России

Сумма температур, °С	Овощной горох	Сахарная кукуруза	Сорго зерновое	Лук репчатый	Картофель летней посадки
0–200	0,61	0,51	0,51	0,68	0,77
200–400	0,67	0,54	0,54	0,7	0,88
400–600	0,77	0,63	0,62	0,81	0,91
600–800	0,99	0,74	0,73	0,91	0,93
800–1000	1,07	0,85	0,86	1,01	0,96
1000–1200	1,03	0,99	0,98	1,05	1,1
1200–1400	0,76	1,06	1,07	1,06	1,12
1400–1600	0,73	1,08	1,08	1,07	1,01
1600–1800	0,66	1,0	1,1	0,98	0,75
1800–2000	0,52	0,99	0,84	0,85	0,63
2000–2200	0,5	0,99	0,72	0,73	0,56
2200–2400	-	0,98	0,66	0,67	-
2400–2600	-	-	0,62	-	-
2600–2800	-	-	0,6	-	-

Из приведенных данных видно, что нарастание значений биоклиматических коэффициентов сельскохозяйственных культур происходит в начальные периоды роста по мере увеличения суммы среднесуточных температур воздуха и достигает максимума у овощного гороха (1,07) при сумме температур 800–1000 °С, у сахарной кукурузы (1,08) – 1400–1600 °С, у сорго зернового (1,1) – 1600–1800 °С, у лука репчатого (1,07) – 1400–1600 °С и у картофеля летней посадки (1,12) – 1200–1400 °С. Далее происходит снижение показателей биоклиматических коэффициентов и к концу вегетации они составляют у овощного гороха при сумме среднесуточных температур воздуха 2000–2200 °С – 0,5, у сахарной кукурузы (2200–2400 °С) – 0,98, у сорго зернового (2600–2800 °С) – 0,6, у лука репчатого (2200–2400 °С) – 0,67 и у картофеля летней посадки (2000–2200 °С) – 0,56.

Исходя из полученных результатов исследований, можно сделать вывод, что биоклиматические коэффициенты каждой культуры имеют свои биологические особенности. Отмечено, что максимальных значений биологические коэффициенты на всех сельскохозяйственных культурах достигали в критические по отношению к влаге периоды вегетации растений.

Для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почвы помимо режима орошения необходимо уделять особое внимание и внесению минеральных удобрений.

В результате проведенных исследований нами уточнены коэффициенты выноса макроэлементов питания с 1 т основной и побочной продукции в условиях орошения Ростовской области на черноземах обыкновенных, которые представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Уточненные коэффициенты выноса элементов питания с 1 т основной и побочной продукцией в условиях орошения юга России, кг/т

Элемент питания	Овощной горох	Сахарная кукуруза	Сорго зерновое	Лук репчатый	Картофель летней посадки
N	11,8	20,8	19,3	2,4	3,9
P	11,6	17,8	16,5	2,7	4,3
K	7,0	10,9	10,1	3,9	3,9

Анализ таблицы 20 показал, что вынос элементов питания у различных сельскохозяйственных культур различен и зависит от биологических особенностей культуры и их продуктивности. Необходимо отметить, что при расчете дозы азотных удобрений под овощной горох, при использовании бактериальных удобрений, необходимо снизить ее на 60–70 %, так как растения овощного гороха обладают азотфиксирующей способностью.

**В восьмой главе** «Экономическая и биоэнергетическая оценка звеньев орошаемого севооборота» представлен расчет экономической эффективности и биоэнергетической оценки орошаемого севооборота.

Экономическая эффективность звеньев севооборота нами определялась

на основании фактических данных ЗАО «Нива» Весёловского района Ростовской области. Прямые затраты складываются из затрат на проведение всего агрокомплекса: стоимости семян, ГСМ, удобрений, пестицидов, заработной платы с начислениями, амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт техники. Расчет экономической эффективности звеньев орошаемых севооборотов приводится в таблице 21.

Таблица 21 – Суммарная экономическая эффективность звеньев орошаемого севооборота

Показатель	Звено севооборота					
	1(к)	2	3	4	5	6
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га	676,2	623,8	551,6	662,9	607,3	530,6
Затраты на производство, тыс. руб./га	259,4	274,9	251,1	261,2	276,7	252,9
Затраты на орошение, тыс. руб./га	135,5	140,4	123,5	150,7	156,5	139,5
Условный чистый доход, тыс. руб./га	416,8	348,9	300,5	401,7	330,6	277,7
Рентабельность, %	160,7	126,9	119,7	153,8	119,5	109,8

Анализ экономической эффективности звеньев севооборота показал, что наибольшая выручка (676,2 тыс. руб./га) получена на контрольном варианте. Условный чистый доход на этом варианте был также наивысшим и составил 416,8 тыс. руб./га, при урожайности 37,4 т/га з. е. Уровень рентабельности на этом варианте составил 160,7 %.

Несколько ниже были получены результаты на 4 варианте. Выручка составила 662,9 тыс. руб./га, условный чистый доход 401,7 тыс. руб./га, уровень рентабельности 153,8 %.

На вариантах опыта, где картофель летней посадки возделывался без сидератов и промежуточной культуры выручка составила 551,6 и 530,6 тыс. руб./га, условный чистый доход 300,5 и – 277,7 тыс. руб./га, рентабельность 119,7 и – 109,8 %.

Таким образом, исходя из данных таблицы 21 видно, что наиболее выгодным является звено севооборота, взятое за контроль, где был получен наибольший урожай, чистый доход и рентабельность.

Экономически менее выгодным является звенья севооборота, где картофель летней посадки возделывался без сидератов и промежуточной культуры.

Энергетический метод дополняет и существенно расширяет возможности экономического анализа и способствует поиску энергосберегающих технологий и систем (таблица 22).

Из данных таблицы 22 видно, что валовая энергия урожая с учетом побочной продукции составила на контрольном варианте – 410,9 ГДж/га, наибольшие показатели были получены на 4 варианте – 419,3 ГДж/га, на вариантах, где во второй год исследований возделывалась промежуточная культура

(овощной горох) выход валовой энергии был несколько ниже и составил 395,4–402,7 ГДж/га. Коэффициент энергетической эффективности с учетом побочной продукции был максимальным на вариантах, где возделывались сидераты – 2,3, что на 21,7–30 % % выше, чем на других вариантах опыта. Энергоемкость 1 т з. е. изменялась в зависимости от варианта опыта и варьировала от 4,9 на контрольном варианте, до 6,7 на 5 и 6 варианте опыта.

Таблица 22 – Биоэнергетическая оценка звеньев орошаемого севооборота

Показатель	Звено севооборота					
	1(к)	2	3	4	5	6
Урожайность в пересчете на зерновые единицы звена севооборота, т/га	37,4	33,6	28,2	36,4	32,7	27,0
Выход энергии в основном продукте, ГДж/га	284,3	273,5	204,1	290,1	278,6	200,7
Затраты совокупной энергии на возделывание и уборку, ГДж/га	182	215,3	176,3	186,2	219,5	180,5
Приращение валовой энергии, ГДж/га	102,3	58,2	27,8	103,9	59,1	20,2
Коэффициент энергетической эффективности	1,6	1,3	1,2	1,6	1,3	1,1
Выход энергии в основном продукте с учетом побочной продукции, ГДж/га	410,9	395,4	295,1	419,3	402,7	290,0
Приращение валовой энергии с учетом побочной продукции, ГДж/га	308,6	337,2	267,2	315,4	343,6	269,9
Коэффициент энергетической эффективности с учетом побочной продукции	2,3	1,8	1,7	2,3	1,8	1,6
Энергоемкость 1 т з. е. продукции, ГДж/т	4,9	6,4	6,3	5,1	6,7	6,7

Таким образом, лучшие показатели энергетической эффективности получены на вариантах опыта, где в звене севооборота во второй год исследования возделывались сидераты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Разработанная Концепция «Система агрономелиоративных приемов повышения эффективности использования орошаемых земель и их плодородия на орошаемых черноземах обыкновенных юга России» предполагает использование системы агрономелиоративных приемов воспроизводства плодородия почв и повышения эффективности использования орошаемых земель включающих следующие мероприятия:

- мониторинг плодородия почвы орошаемых земель, структуры посевных площадей и чередования сельскохозяйственных культур в звеньях орошаемых севооборотов, используемых технологий орошения и показателей эффективности использования орошаемых земель;

- интенсивное использование в севооборотах минеральных удобрений и сидеральных культур для сокращения дефицита элементов питания и органического вещества в почве, улучшения фитосанитарного состояния посевов и повышения урожайности сельскохозяйственных культур;

- совершенствование технологии орошения сельскохозяйственных культур, включающие рациональные режимы орошения, способы полива, приемы рационального использования водных ресурсов и снижения водопотребления на основе использования математических моделей и программного обеспечения;

- повышение эффективности использования орошаемых земель на основе подбора культур и севооборотов по результатам их энергетической и экономической оценки.

2 Установлено, что: наиболее благоприятный режим орошения овощного гороха создается при поддержании влажности почвы в слое 0,4 м не ниже 80 % НВ в течение всей вегетации, где была получена самая высокая урожайность зерна 10,1 т/га. Для этого необходимо провести в среднем 4 полива поливной нормой 300 м<sup>3</sup>/га и оросительной нормой 1200 м<sup>3</sup>/га; наибольшая урожайность зерна сахарной кукурузы получена на варианте, где влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % НВ в слое 0,4 м, прибавка урожая по отношению к контролю составила 1,7 т/га или 14,9 %; наиболее благоприятные условия увлажнения для формирования высокой урожайности зерна сорго зернового создаются при сочетании дождевания в начальные периоды роста, а затем продолжение полива по бороздам и на варианте с использованием внутрпочвенного струйного полива при посеве и далее дождевания, где урожайность зерна составила 14,2 и 14,4 т/га, что на 106 и 109 % выше, чем на варианте без орошения; при возделывании лука репчатого посевом семенами в открытый грунт наиболее благоприятными режимами орошения создается при поддержании влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,4 м и дифференцированный (80 % НВ до окончания формирования листового аппарата, далее 70 % НВ), на которых была получена урожайность 45,2 т/га и наименьший коэффициент водопотребления 108,1 м<sup>3</sup>/т.

3 Установлено, что применение инокуляции семян овощного гороха ризоторфином на фоне оптимального режима орошения позволяет снизить расчетную дозу азотных удобрений на 60–70 %, дефицит которых восполняется за счет симбиоза клубеньковых бактерий и овощного гороха. Урожайность зеленых зерен овощного гороха от совместного применения орошения при поддержании влажности почвы не ниже 80 % НВ и расчетной дозы минеральных удобрений N<sub>60</sub>P<sub>186</sub>K<sub>0</sub> + ризоторфин увеличилась в 2,9 раза и составила 10,1 т/га, против 3,47 т/га на варианте без орошения и удобрений, прибавка от орошения составила 107,1 % и от удобрений – 114 %. Расчетная доза удобрений по М. К. Каюмову на 12 т/га сахарной кукурузы составила N<sub>180</sub>P<sub>80</sub>. При повышении расчетной дозы минеральных удобрений на 20 % происходило увеличение урожайности зерна сахарной кукурузы на 0,9 т или 7,9 %. При снижении расчетной дозы

удобрений на 20 и 40 % снижалась и урожайность сахарной кукурузы на 1,3 и 2,7 т или 11,4 и 23,7 % соответственно. Увеличение доз минеральных удобрений способствует повышению урожайности зерна сорго зернового с 5,1 т/га на варианте без удобрений до 14,7 т/га на 4 варианте с дозой 436 кг д. в. ( $N_{243}P_{100}K_{102}$ ), при снижении дозы удобрений до 261 кг (2 вариант  $N_{140}P_{60}K_{61}$ ) или увеличение дозы до 611 кг (6 вариант  $N_{328}P_{140}K_{143}$ ) прибавка урожая зерна на 1 кг д. в. удобрений снижается соответственно до 10,0 и 15,7 кг. При возделывании лука эффективность удобрений и орошения повышается от их совместного применения. При этом наибольшее влияние проявляется при поддержании предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ и дозе удобрений  $N_{140}P_{150}$ , где была получена урожайность 51,9 т/га.

4 Уточнены биоклиматические коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур для орошаемых черноземов обыкновенных юга России во взаимосвязи с суммой среднесуточных температур воздуха, нарастающим итогом от начала вегетации. Нарастание значений биоклиматических коэффициентов сельскохозяйственных культур происходит в начальные периоды роста по мере увеличения суммы среднесуточных температур воздуха и достигает максимума у овощного гороха (1,07) при сумме температур 800–1000 °С, у сахарной кукурузы (1,08) – 1400–1600 °С, у сорго зернового (1,1) – 1600–1800 °С, у лука репчатого (1,07) – 1400–1600 °С и у картофеля летней посадки (1,12) – 1200–1400 °С. Далее происходит снижение показателей биоклиматических коэффициентов и к концу вегетации они составляют у овощного гороха при сумме среднесуточных температур воздуха 2000–2200 °С – 0,5, у сахарной кукурузы (2200–2400 °С) – 0,98, у сорго зернового (2600–2800 °С) – 0,6, у лука репчатого (2200–2400 °С) – 0,67 и у картофеля летней посадки (2000–2200 °С) – 0,56.

5 Разработаны уравнения, связывающие биоклиматический коэффициент с суммой среднесуточных температур воздуха, нарастающим итогом:

- для овощного гороха –  $y = -0,5 \times 10^{-6}x^2 + 0,001x + 0,4736, R^2 = 0,81$ ;
- для сахарной кукурузы –  $y = -0,2 \times 10^{-6}x^2 + 0,0008x + 0,3549, R^2 = 0,93$ ;
- для сорго зернового –  $y = 0,3 \times 10^{-12}x^4 - 0,2 \times 10^{-9}x^3 + 0,3 \times 10^{-5}x^2 - 0,0009x + 0,5916, R^2 = 0,96$ ;
- для лука репчатого –  $y = -0,3 \times 10^{-6}x^2 + 0,0008x + 0,5275, R^2 = 0,92$ ;
- для картофеля летней посадки –  $y = 0,4 \times 10^{-12}x^4 - 0,2 \times 10^{-8}x^3 + 0,2 \times 10^{-5}x^2 - 0,0007x + 0,8562, R^2 = 0,89$ .

6 Уточнены нормы водопотребности (нетто, м<sup>3</sup>/га) для орошения сельскохозяйственных культур на орошаемых черноземах обыкновенных юга России для лет различной обеспеченностью осадками, которые изменяются у овощного гороха от 90 м<sup>3</sup>/га при 5 % обеспеченностью осадками до 2680 м<sup>3</sup>/га при 95 %, у сахарной кукурузы от 380 до 5270 м<sup>3</sup>/га, у сорго зернового от 1030 до 7430 м<sup>3</sup>/га, у лука репчатого от 150 до 6520 м<sup>3</sup>/га, у картофеля летней посадки от 900 до 5920 м<sup>3</sup>/га.

7 Уточнены коэффициенты выноса элементов питания с 1 т основной и

побочной продукции в условиях орошения Ростовской области для черноземов обыкновенных. Для овощного гороха они равны 11,8 кг/ т азота, 11,6 кг/т фосфора, 7,0 кг/т калия; для сахарной кукурузы 20,8 кг/т азота, 17,8 кг/т фосфора, 10,9 кг/т калия; для сорго зернового 19,3 кг/т азота, 16,5 кг/т фосфора, 10,1 кг/т калия; для лука репчатого 2,4 кг/т азота, 2,7 кг/т фосфора, 3,9 кг/т калия; для картофеля летней посадки 3,9 кг/т азота, 4,3 кг/т фосфора, 3,9 кг/т калия.

8 Установлено, что при возделывании горчицы сарептской в качестве сидерата различного срока посева в почву заделывается от 8,3–9,7 т/га на неорошаемых участках и до 9,2–11,6 т/га сухого органического вещества, где осуществлялось регулярное орошение. Наибольшее количество сухого вещества, 11,0 т/га, было получено при осеннем сроке посева, что говорит о целесообразности применения горчицы в качестве сидерата в осенний период под яровые культуры.

9 Определено, что наибольшая урожайность картофеля летней посадки получена на участках, где в качестве сидеральной культуры использовалась горчица и составила 43,5 т/га, после гороха урожайность составила – 46,2 т/га, после люпина – 41,8 т/га, после рапса – 39,8 т/га, после гречихи – 38,3 т/га, на контрольном варианте, без сидерации – 35,3 т/га.

10 Установлено, что в звеньях севооборота наибольшее количество зерновых единиц в сумме за 3 года получено на первом варианте опыта, где в звене севооборота возделывались сахарная кукуруза (поле 1), горчица в качестве сидерата под картофель летней посадки (поле 2) и лук посевом семенами в грунт (поле 3) и составило 37,4 т з. е. На варианте опыта, где в первый год возделывалось сорго зерновое вместо сахарной кукурузы продуктивность звена севооборота снизилась на 1 т з. е. или на 2,7 %. На втором и пятом варианте опыта, где вместо сидерата возделывался овощной горох, продуктивность составила 33,6 и 32,7 т з. е. соответственно. На вариантах опыта, где во второй год исследований проводилась обработка под картофель летней посадки по типу полупара продуктивность гектара пашни была наименьшей и составила 28,2 и 27,0 т з. е.

11 Определено, что экономически более выгодным звеном севооборота является контрольный вариант (сахарная кукуруза – сидерат + картофель летней посадки – лук), где были получены: наибольший условный чистый доход 416,8 тыс. руб./га и рентабельность 160,7 %; энергетически более выгодными являются варианты, где возделывалась промежуточная культура. Приращение валовой энергии с учетом побочной продукции составило – 337,2 и 343,6 ГДж/га. Использование сидеральных культур позволяет получать на этих вариантах КЭЭ – наибольший – 2,3, энергоемкости 1 т з. е. продукции составила 4,9–5,1 ГДж/га.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1 Для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых черноземах обыкновенных юга России, необходимо ис-

пользовать следующие режимы орошения. Для овощного гороха влажность почвы и сахарной кукурузы влажность почвы рекомендуется поддерживать в течение всей вегетации не ниже 80 % НВ в слое 0,4 м; у сорго зернового – при сочетании дождевания в начальные периоды роста, а затем полив по бороздам и на варианте с использованием внутрпочвенного струйного полива и далее дождевания, лука репчатого посевом семенами в открытый грунт 80 % НВ в слое 0,4 м и дифференцированный (80 % НВ до окончания формирования листового аппарата, далее 70 % НВ).

2 Для расчета доз минеральных удобрений рекомендуется использовать уточненные коэффициенты выноса макроэлементов питания с 1 т основной и побочной продукции на орошаемых черноземах обыкновенных юга России, которые равны: для овощного гороха 11,8 кг/т азота, 11,6 кг/т фосфора, 7,0 кг/т калия; для сахарной кукурузы 20,8 кг/т азота, 17,8 кг/т фосфора, 10,9 кг/т калия; для сорго зернового 19,3 кг/т азота, 16,5 кг/т фосфора, 10,1 кг/т калия; для лука репчатого 2,4 кг/т азота, 2,7 кг/т фосфора, 3,9 кг/т калия; для картофеля летней посадки 3,9 кг/т азота, 4,3 кг/т фосфора, 3,9 кг/т калия.

3 В звенья орошаемого севооборота необходимо включать промежуточные (овощной горох) и сидеральные (горчицу сарептскую) культуры, которые способствуют восполнению плодородия почвы, повышается биопродуктивность орошаемого гектара, улучшается качество сельскохозяйственной продукции.

## Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:

### *I Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Бабичев, А. Н. Особенности технологии возделывания овощного гороха при орошении / А. Н. Бабичев // Мелиорация и водное хозяйство». – № 6. – 2006. – С. 47–48.
2. Бабичева, Е. А. Влияние доз минеральных удобрений на продуктивность лука репчатого при различной влагообеспеченности / Е. А. Бабичева, А. Н. Бабичев // Труды Кубанского государственного аграрного университета: научный журнал / Серия: Агроинженер № 6(21). – 2009. – Краснодар: КубГАУ. – 2009. – С. 233–235.
3. Бабичев, А. Н. Возделывание овощного гороха различного срока посева на орошаемых землях Юга России [Электронный ресурс] / А. Н. Бабичев // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – № 64(10). – 10 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/10/02/>. – Шифр Информрегистра 0421000012\0277.
4. Бабичев, А. Н. Особенности возделывания лука репчатого на орошаемых землях Ростовской области [Электронный ресурс] / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн./ Кубанский гос. аграрн. ун-т – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – № 65(01). – 11 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/02.pdf>. – Шифр Информрегистра 0421100012\0021.
5. Бабичева Е. А. Режим орошения лука репчатого в условиях Ростовской области / Е. А. Бабичева, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 2(06). – 9 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=100&id=103>. – Шифр Информрегистра 0421200154\0010.
6. Балакай, С. Г. Влияние способов полива на урожайность и водопотребление сорго зернового / С. Г. Балакай, А. Н. Бабичев // Кукуруза и сорго. – 2013. – № 4. – С. 10–13.
7. Монастырский, В. А. Рост, развитие сидеральных культур и их влияние на агрохимические свойства орошаемых черноземов Ростовской области [Электронный ресурс] / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 2(10). – 11 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=171&id=174>.
8. Балакай, С. Г. Режимы орошения и водопотребление сорго зернового [Электронный ресурс] / С. Г. Балакай, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед.

ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 3(11). – 12 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=188&id=194>.

9. Монастырский, В. А. Урожайность и качество картофеля летней посадки в зависимости от используемого сидерата [Электронный ресурс] / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2013. – № 4(12). – 12 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=205&id=210>.

10. Бабичев, А. Н. Влияние дифференциации поливной нормы на рост и развитие картофеля летнего срока посадки в условиях поймы Нижнего Дона [Электронный ресурс] / А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 3(19). – 15 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=351&id=357>.

11. Бабичев, А. Н. Влияние сидеральных и промежуточных культур в звене орошаемого севооборота на продуктивность и качество овощных культур [Электронный ресурс] / А. Н. Бабичев // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 111(07). – 10 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/82.pdf>.

12. Бабичев, А. Н. Накопление питательных веществ в почве при возделывании картофеля летней посадки после сидеральных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Плодородие. – 2015. – № 5. – С. 37–39.

13. Бабичев, А. Н. Режим орошения сахарной кукурузы на орошаемых черноземах Ростовской области / А. Н. Бабичев // Кукуруза и сорго. – 2015. – № 4. – С. 3–7.

14. Бабичев, А. Н. Влияние сидеральных и промежуточных культур в звене орошаемого севооборота на продуктивность и качество последующих культур и плодородие почвы [Электронный ресурс] / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – № 1(21). – 15 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=388&id=396>.

15. Щедрин, В. Н. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 14–21.

## ***II Патенты***

16. Пат. 2483516 Российская Федерация, МПК А01С 7/20. Устройство для внутрипочвенного полива семян при посеве / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Балакай С. Г., Бабичев А. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное госу-

дарственное бюджетное научное учреждение «Российский научно исследовательский институт проблем мелиорации». – № 2012106788/13; заявл. 24.02.12; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

### *III Публикации в других изданиях*

17. Бабичев, А. Н. Динамика нарастания сухого вещества и структура урожая сортов зеленого горошка / А. Н. Бабичев // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ». – В 2 ч. / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 2. – С. 211–214.

18. Бабичев, А. Н. Особенности технологии возделывания зеленого горошка / А. Н. Бабичев // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ». – В 2 ч. / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 2. – С. 205–209.

19. Бабичев, А. Н. Перспективы производства зеленого горошка при летнем сроке посева в условиях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ». – В 2 ч. / под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 2. – С. 209–211.

20. Бабичев, А. Н. Возделывание новых сортов зеленого горошка на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2004. – С. 18–21.

21. Бабичев, А. Н. Водопотребление зеленого горошка при летнем сроке посева в условиях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета № 13(05), июнь 2005 г. – <http://ej.kubagro.ru>

22. Бабичев, А. Н. Возделывание овощного гороха на орошаемых землях Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Бабичев Александр Николаевич. – Новочеркасск, 2005. – 23 с.

23. Бабичев, А. Н. Возделывание овощного гороха на орошаемых землях Ростовской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Бабичев Александр Николаевич. – Новочеркасск, 2005. – 171 с.

24. Бабичев, А. Н. Влияние режима орошения на урожайность зеленого горошка в условиях Ростовской области / А. Н. Бабичев // Новые технологии и экологическая безопасность в мелиорации: сб. науч. докладов 2-й Всероссийской конференции молодых ученых ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, 24–26 октября 2005 г. – Коломна, 2005. – С. 5–8.

25. Бабичев, А. Н. Подбор сортов зеленого горошка для возделывания в зонах консервного производства Ростовской области / А. Н. Бабичев // Мелиорация и водное хозяйство: материалы науч.-практ. конф. «Повышение эффективности использования орошаемых земель Южного Федерального округа» (Шумаковские чтения совместно с заседанием РАСХН), 30 сентября 2005 г.,

г. Новочеркасск. – Вып. 4. – Т. 1 / РАСХН, Отд-ние мелиорации, водн. и лесн. хоз-ва, ФГОУ ВПО «Новочерк. гос. мелиор. акад.» – Новочеркасск: НПО «Темп», 2005. – С. 81–84.

26. Бабичев, А. Н. Урожайность зеленого горошка в зависимости от питательного режима и влагообеспеченности / А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2005. – С. 125–127.

27. Бабичев, А. Н. Проблемы и перспективы овощеводства в ЮФО / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева, Е. О. Самусь // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2006. – Вып. 36. – С. 44–49.

28. Бабичев, А. Н. Возделывание овощного гороха на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев // Инновационный путь развития АПК – магистральное направление научных исследований для сельского хозяйства: материалы научно-практич. конф. 6–9 декабря 2007 г. – Персиановский: Донской ГАУ, 2007. – Т. 2. – С. 150–152.

29. Кулыгин, В. А. Проблемы развития овощеводства на орошаемых землях ЮФО / В. А. Кулыгин, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2007. – Вып. 37. – С. 106–112.

30. Бабичев, А. Н. Урожайность и водопотребление лука репчатого в условиях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2008. – Вып. 39. – Ч. II. – С. 116–119.

31. Бабичев, А. Н. Динамика изменения питательных веществ в почве при выращивании лука репчатого / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2009. – Вып. 41. – С. 198–201.

32. Бабичев, А. Н. Водопотребление и коэффициент водопотребления лука репчатого при различной влагообеспеченности на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Интеграция науки, образования и бизнеса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы науч.-практич. конф. 2–4 февраля 2010 г. – Персиановский, Донской ГАУ, 2010. – Т. 2. – С. 12–14.

33. Кулыгин, В. А. Приемы повышения эффективности использования водных ресурсов при орошении овощных культур и картофеля / В. А. Кулыгин, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 112–118.

34. Кулыгин, В. А. Основные направления ресурсосбережения при возделывании овощных культур и картофеля в условиях орошения / В. А. Кулыгин, А. Н. Бабичев, Л. А. Воеводина // Пути повышения эффективности орошаемого

земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: «Геликон», 2010. – Вып. 43. – С. 156–162.

35. Бабичев, А. Н. Эффективность применения сидератов на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: Геликон, 2010. – Вып. 43. – С. 88–93.

36. Кулыгин, В. А. Режим орошения, водопотребление и минеральное питание репчатого лука в условиях орошения Ростовской области / В. А. Кулыгин, А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии в сельскохозяйственном производстве: материалы международ. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), Новочеркасск, 21–22 октября 2010 г. / ФГОУ ВПО НГМА. – Новочеркасск: Лик, 2010. – С. 32–37.

37. Бабичев, А. Н. Влияние режима орошения на урожайность овощного гороха на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. период. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 2(02). – 5 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=21&id=28>

38. Балакай, Г. Т. Устройство и технология внутрпочвенного струйного полива высеваемых семян / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. период. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 3(03). – 11 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47>.

39. Бабичев, А. Н. Особенности роста и развития сорго при различных режимах орошения / А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 47. – Новочеркасск: Геликон, 2012. – С. 17–21.

40. Бабичев, А. Н. Влияние режима орошения на рост, развитие и урожайность сорго зернового / А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 49. – Новочеркасск: Геликон, 2012. – С. 4–8.

41. Монастырский, В. А. Накопление биомассы сидеральными культурами в зависимости от нормы высева / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Проблемы и тенденции инновационного развития агропромышленного комплекса и аграрного образования России: материалы Международ. науч.-практ. конф. (7–10 февраля 2012 г.) / ФГБОУ ВПО «ДГАУ». – Т. III. – Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2012. – С. 110–112.

42. Щедрин, В. Н. Проблемы и перспективы оросительных мелиораций в Ростовской области / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: международ. сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 569–579.

43. Бабичев, А. Н. Влияние влагообеспеченности на урожайность сорго зернового / А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 47. – Новочеркасск: Геликон, 2012. – С. 13–16.

44. Бабичева, Е. А. Урожайность лука репчатого в зависимости от доз минеральных удобрений при различной влагообеспеченности на орошаемых землях Ростовской области / Е. А. Бабичева, А. Н. Бабичев // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: всероссийский сб. науч. тр. / Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 6–9.

45. Евтухов, М. В. Влияние доз минеральных удобрений на продуктивность различных сортов картофеля на орошаемых черноземах Ростовской области / М. В. Евтухов, А. Н. Бабичев // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: всероссийский сб. науч. тр. / Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 18–21.

46. Монастырский, В. А. Влияние влагообеспеченности на продуктивность горчицы сарептской как сидерата / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: всероссийский сб. науч. тр. / Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 81–85.

47. Бабичев, А. Н. Возделывание овощного гороха для консервной промышленности на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев // Донская аграрная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: всероссийский сб. науч. тр. / Роль мелиорации, лесного и водного хозяйства в развитии аграрного сектора / ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 136–139.

48. Балакай, С. Г. Влияние режима орошения на урожайность сорго зернового / С. Г. Балакай, А. Н. Бабичев // Мелиорация и водное хозяйство: материалы науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития мелиоративного, лесомелиоративного и водохозяйственного комплексов Юга России» (Шумаковские чтения совместно с заседанием секции РАСХН) 27–28 сентября 2012 г., г. Новочеркасск / ФГБОУ ВПО НГМА. – Вып. 10. – Новочеркасск: Лик, 2012. – С. 10–14.

49. Монастырский, В. А. Изучение влагообеспеченности на продуктивность горчицы сарептской как сидерата / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Роль мелиорации та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, 5 грудня 2012 року / Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і мелиоративної. – Київ, 2012. – С. 62–64.

50. Монастырский, В. Сидеральные культуры и их влияние на урожай картофеля / В. Монастырский, А. Бабичев // Роль науки у підвищенні технологічного рівня ефективності АПК України: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 16–17 травня 2013 року. – Тернопіль: Крок, 2013. – С. 88–89.

51. Балакай, Г. Т. Технология посева овощных культур с одновременным поливом / Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международ. науч.-техн. конф. (Минск, 16–17 октября 2013 г.) / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Т. 1. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 150–154.

52. Монастырский, В. А. Изменение агрохимических свойств чернозема обыкновенного при использовании сидеральных культур / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 52. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 40–43.

53. Монастырский, В. А. Перспективы использования сидеральных культур на орошаемых черноземах / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 56. – Ч. 2. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – С. 48–55.