

УДК 631.67

DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-182-204

А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Цель: проанализировать опыт отечественных ученых в области применения дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур. В статье представлен обзор исследовательских работ отечественных ученых по использованию в сельском хозяйстве системы орошения, при которой обеспечение сельскохозяйственных культур водой для поддержания заданного уровня наименьшей влагоемкости будет осуществляться в наиболее критические периоды их роста и развития. При орошении сроки, периодичность, поливные нормы зависят от уровня залегания грунтовых вод, агрохимических свойств почв, погодных-климатических условий, фаз роста и развития сельскохозяйственных культур. Применение дифференцированного режима орошения для поддержания заданного уровня предполивной влажности позволяет повысить продуктивность сельскохозяйственных культур, качество получаемой продукции при сокращении оросительных и поливных норм, количества поливов. **Выводы.** Изучение результатов исследовательских работ отечественных ученых в области влияния орошения и системы удобрений на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур позволяет сделать вывод, что получение запланированных урожаев возможно лишь при соблюдении режимов орошения и поддержании уровня почвенного плодородия путем внесения различных удобрений. А использование дифференцированного подхода к орошению при поддержании заданного уровня предполивной влажности почвы в критические периоды развития сельскохозяйственных культур позволяет сократить расходы оросительной воды и оптимизировать поливные нормы и их количество. Изучение дифференцированного режима орошения является перспективным в настоящее время и в ближайшем будущем с учетом ухудшающегося водообеспечения на территории нашей страны, связанного с изменением погодных-климатических условий.

Ключевые слова: оросительная норма; предполивная влажность; количество поливов; орошение; внесение удобрений; поливная норма.

A. N. Babichev, A. A. Babenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ANALYSIS OF USING DIFFERENTIATED APPROACH WHEN IRRIGATING AGRICULTURAL CROPS

Purpose: to analyze the experience of Russian scientists in the field of application of a differentiated approach to agricultural crops irrigation. The overview of research work of domestic scientists on the use of an irrigation system in agriculture, in which the provision of agricultural crops with water to maintain a given level of the minimum water capacity will be carried out during the most critical periods of their growth and development is presented.



During irrigation, the timing, frequency, irrigation rates depend on the level of groundwater occurrence, agrochemical properties of soils, weather and climatic conditions, phases of growth and development of crops. The application of a differentiated irrigation regime to maintain a given level of pre-irrigation moisture allows increasing the productivity of agricultural crops, the quality of products obtained while reducing irrigation and watering rates, the number of waterings. **Conclusions.** The study of the results of research work of domestic scientists in the field of influence of irrigation and the fertilization system on the yield and quality of agricultural products allows concluding that obtaining the planned yields is possible only if irrigation regimes are observed and the level of soil fertility is maintained by applying various fertilizers. The use of a differentiated approach to irrigation while maintaining a given level of pre-irrigation soil moisture during critical periods of crop development allows reducing irrigation water consumption and optimizing irrigation rates and their quantity. The study of a differentiated irrigation regime is promising now and in the near future, taking into account the deteriorating water supply in the territory of our country, associated with a change in weather and climatic conditions.

Key words: irrigation rate; pre-irrigation humidity; number of watering; irrigation; fertilization; watering rate.

Введение. Оросительная вода оказывает значительное воздействие на почвообразовательный процесс, вызывая сопутствующие изменения агрофизического состояния почвы, солевого режима, тепловых характеристик и воздушного режима, агрохимических и микробиологических процессов почвы, скорости накопления органического вещества и разложения растительных остатков. С оросительной водой вносятся в почву илистые частицы (коллоидная фракция), с отложением которых образуются плодородные наносы. Вода является хорошим растворителем, а это способствует мобилизации элементов питания и улучшает питательный режим растений. Под ее влиянием существенно изменяются агрономические свойства почвы, водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, микробиологическая активность почвы, микроклимат над орошаемой территорией. В последнее время остро стоит вопрос об экономии водных ресурсов в связи с их дефицитом, особенно на юге России. Одним из способов решения данного вопроса является использование дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур. Поэтому целью данной работы являлось изучение отечественного и зарубежного опыта влияния различных режимов орошения на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Целью исследований Т. Н. Дроновой, Н. И. Бурцевой [1], проведен-

ных в 2011–2015 гг., являлась разработка оптимального соотношения различных режимов орошения и изучение применения расчетных доз удобрений для получения запланированного урожая.

Исследования осуществлялись в двухфакторном опыте (режим орошения и внесение удобрений) на каштановых почвах Волгоградской области с очень низким содержанием гумуса и нейтральной или слабощелочной кислотностью. Содержание подвижных фосфатов в почве очень низкое, а подвижного калия очень высокое, использовался сорт суданской травы Камышинская 51. Необходимые дозы фосфорных и калийных удобрений вносились под основную вспашку с осени, азотные под предпосевную культивацию, а также после первого и второго укосов. Орошение осуществлялось с применением дождевальная машины «Фрегат».

Влажность почвы и количество поливов в разные годы исследований зависели от погодных условий, изменения водопотребления в связи с различными стадиями роста и развития культуры. В опыте применялись варианты режима орошения с предполивной влажностью 60, 70, 80 %. Количество поливов и размер оросительной нормы были различными в зависимости от заданной в опыте предполивной влажности.

Наиболее высокий уровень водопотребления был отмечен в варианте с наиболее высокой предполивной влажностью 80 % и максимальным количеством внесенных удобрений $N_{290}P_{110}K_{100}$, он составил $5000 \text{ м}^3/\text{га}$. В данном варианте была получена и максимальная урожайность 78 т/га зеленой массы. Водопотребление уменьшалось в вариантах с изменением предполивной влажности в сторону понижения и сокращением внесения доз удобрений. Урожайность зеленой массы культуры в данных вариантах также снижалась.

Доля оросительной воды в суммарном водопотреблении изменялась в зависимости от предполивной влажности почвы и составляла 47–70 %, наличие влаги от осадков во всех исследуемых вариантах составляло от 18,0 до 23,5 %, из почвенной влаги использовалось 13,5–30,5 %.

Заложенный в опыте уровень предполивной влажности 80 % сопровождался увеличением среднесуточного расхода воды. Расход воды к фазе выметывания при формировании второго укоса составлял 42–45 м³/га. В вариантах с более низкой предполивной влажностью расход воды в сутки снижался.

Проведенные опыты показали, что наиболее эффективно на производство урожая суданская трава использовала влагу в вариантах с поддержанием предполивной влажности почвы и применением удобрений. Было доказано, что основную роль в увеличении урожайности зеленой массы суданской травы, выращиваемой при орошении, играет внесение азотсодержащих удобрений. При соблюдении уровней предполивной влажности, но без применения удобрений для получения заданного урожая увеличивалось водопотребление культуры.

Наибольшие урожаи зеленой массы суданской травы были получены в первом укосе, независимо от варианта опыта. При увеличении количества поливов и их нормы на фоне внесения удобрений росло содержание кормовых единиц, переваримого протеина, обменной энергии в 1 кг сухой массы.

Большие затраты на поддержание высокой предполивной влажности почвы и внесение удобрений окупались прибавкой урожая. Максимальная рентабельность была достигнута при поддержании предполивной влажности 80 % и внесении дозы удобрений N₂₉₀P₁₁₀K₁₀₀. Также было установлено, что применение дозы удобрений N₂₉₀P₁₁₀K₁₀₀ при поддержании предполивной влажности 60 % является неэффективным.

Развитие молочного скотоводства в значительной степени связано с эффективностью лугового кормопроизводства, оказывающего влияние на наличие кормовой базы для скота. Важная роль при решении данной проблемы отведена культурным пастбищам, долголетие и продуктивность которых обусловлены их оптимальным использованием.

В трехлетних исследованиях К. Н. Приваловой [2] установлено влия-

ние режимов стравливания и орошения на изменение урожайности травостоя. В полевом опыте использовался злакобобовый травостой третьего года пользования (клевер ползучий, овсяница луговая, тимофеевка луговая). Почва опыта дерново-подзолистая с нейтральной рН и средним содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Ежегодно вносились удобрения в дозе $P_{50}K_{100}$, влажность почвы на орошаемом участке составляла 70–100 %.

При анализе результатов опыта было установлено, что максимальная урожайность применяемого травостоя была достигнута при трех стравливаниях за сезон. Применение орошения оказало более значимое влияние на урожайность травостоя, чем режим стравливания. При увеличении количества выпасов скота урожайность снизилась на 25 %, а при создании оптимальных условий орошения выросла на 33–45 %. Максимальная прибавка урожая была получена на орошаемом участке при использовании трехкратного стравливания. Также было установлено, что орошение благоприятно сказывается на более равномерном распределении травы на пастбище.

Продуктивность злакобобового травостоя при орошении на 26 % выше по суммарной обменной энергии (в гигаджоулях на гектар) и на 28 % по количеству кормовых единиц, увеличилось содержание сырого протеина. Применение режима орошения оказало незначительное влияние на химический состав корма.

Морковь и свекла столовая по своему хозяйственному и пищевому назначению занимают ведущие места среди корнеплодов. Они содержат большое количество витаминов, широко используются в медицинских целях. Агроклиматические условия Ростовской области позволяют получать стабильные, высокие урожаи данных корнеплодов в более ранние сроки, чем в других регионах страны. Однако это возможно только при наличии достаточного увлажнения, так как морковь и свекла столовая являются влаголюбивыми культурами. Установлено, что они отзывчивы на применение удобрений в зависимости от влагообеспеченности культуры.

В исследованиях, проводившихся в 2012–2013 гг. В. А. Кулыгиным [3] на территории Семикаракорского района Ростовской области, изучалось влияние минерального питания свеклы столовой и моркови в условиях орошения на урожайность культур и устанавливались способы повышения эффективности применения удобрений.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный с низким содержанием гумуса, обеспечение подвижным фосфором среднее, обменным калием – высокое. Использовался сорт свеклы столовой Детройт, сорт моркови Шантане. Внесение удобрений во всех вариантах опыта осуществлялось под отвальную вспашку на глубину 25–27 см. Орошение проводилось дождевальными машинами ДДА-100ВХ.

Исследовались три уровня минерального питания: контроль, дозы удобрений $N_{120}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{30}K_{45}$ для свеклы столовой и контроль, дозы удобрений $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{60}P_{45}K_{30}$ для моркови. Изучались интенсивный (поддержание предполивного порога влажности почвы 80 %) и минимальный (довсходовое орошение поливными нормами 120–150 м³/га) уровни увлажнения почвы. При интенсивном режиме орошения оросительная норма при выращивании свеклы столовой составила 2180 м³/га, при минимальном 300 м³/га, а для моркови 2210 и 330 м³/га соответственно.

Анализ результатов исследований показал, что в интенсивном варианте орошения урожайность корнеплодов свеклы столовой в 1,5–1,6 раза выше, чем в варианте с минимальным орошением, а урожайность моркови выше в 3,0–3,1 раза независимо от уровня минерального питания. В ходе проведенных исследований также было установлено, что при возрастании уровня увлажнения отмечается увеличение прибавки урожайности при применении удобрений. Так, максимальная урожайность моркови была получена в варианте с дозой внесенных удобрений $N_{120}P_{90}K_{60}$ и интенсивным увлажнением, а наибольшая продуктивность свеклы столовой была отмечена в варианте с интенсивным увлажнением и дозой удобрений $N_{120}P_{60}K_{90}$.

Свекла столовая является важной овощной культурой, но урожайность ее находится на невысоком уровне. Полученная продукция часто отбраковывается из-за высокого содержания нитратов. В трехлетнем полевом опыте В. Н. Соснов, В. А. Борисов, А. М. Меньших [4] установили эффективные и безопасные дозы внесения удобрений при выращивании столовой свеклы с применением капельного орошения.

Исследования проводились на обыкновенных черноземах Ростовской области с низким и средним обеспечением азотом, высоким содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Фоном удобрений являлось внесение азофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$) перед предпосевной культивацией. Орошение осуществлялось капельным способом, предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 70 % во все периоды вегетации культуры. За время проведения опыта необходимое количество вегетационных поливов на культуре составляло 10–12. Оросительная норма колебалась в пределах 2140–2340 м³/га.

Исследования показали, что столовая свекла наиболее отзывчива на дробное внесение минеральных удобрений в сочетании с корневой фертигационной и внекорневой подкормками при использовании капельного орошения, поддерживающего оптимальный уровень влажности почвы на всех стадиях роста и развития культуры. Наибольший урожай был достигнут при внесении дозы минеральных удобрений $N_{45}P_{45}K_{45}$ в сочетании с корневыми и внекорневыми подкормками до фазы начала технической зрелости культуры. Сочетание корневых и внекорневых подкормок значительно снижает поражение корнеплодов различными болезнями.

Содержание сухих веществ в корнеплодах в фазе пучковой зрелости различалось в широких пределах в зависимости от вариантов опыта, но к окончанию вегетации свеклы столовой во всех вариантах оно выравнивалось и составляло 19–20 %. Наличие нитратов также изменялось в зависимости от фазы развития культуры, но их содержание в различных вариантах опыта не превышало ПДК.

Технология производства свеклы столовой с применением капельного полива и подкормок в виде фертигации существенно увеличивает результативность использования водных ресурсов и применения минеральных удобрений за счет своевременного получения растениями необходимых элементов питания в различные фазы роста и развития и снижения оросительных норм.

В исследованиях, проводимых в 2016–2018 гг. Н. В. Тютюмой, Т. В. Мухортовой, Е. Г. Мягковой, А. Н. Бондаренко, О. В. Костыренко [5], осуществлялось изучение сортов свеклы столовой, подходящих по своим свойствам для выращивания в условиях Астраханской области.

Агротехнические мероприятия, схемы и нормы посева, способ полива (капельное орошение), оросительная норма, используемые средства защиты растений, применяемые удобрения во всех вариантах опыта были одинаковыми. Использовались следующие сорта свеклы столовой: Бордо односемянная, Столовая однострочковая, Нежность, Бордо 237, Несравненная А 473. Предполивная влажность почвы в течение всего вегетационного периода культуры поддерживалась на уровне 80–85 % НВ в слое почвы 0–50 см во всех вариантах.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что наиболее продуктивные сорта свеклы столовой для выращивания в Астраханской области – это Столовая однострочковая с урожайностью 129 т/га, Нежность с 104,0 т/га. Сорт Бордовая односемянная отметился наихудшей урожайностью (33 т/га).

А. М. Меньших и Н. Н. Меньших [6] в своих исследованиях 2013–2015 гг. изучали влияние различных видов орошения и доз удобрений на качество и сохранность корнеплодов при хранении свеклы столовой, выращенной на аллювиальных почвах Московской области.

Для проведения опытов использовались сорт свеклы столовой Жуковчанка и гибрид Бетолло F1, возделываемые при орошении с поддер-

жанием предполивного порога 70–80–70 % в трех периодах роста и развития культуры: всходы – пучковая спелость, формирование корнеплода, начало технической спелости. Орошение осуществлялось двумя способами: дождеванием и с использованием капельного способа полива. Применялось четыре почвенных фона: без внесения удобрений, с внесением подкормок в сухом виде, с внесением подкормок методом фертигации, с разовым внесением рекомендуемой дозы удобрений.

Результаты опыта показали, что водопотребление свеклы столовой в среднем при возделывании культуры без орошения составило 3230 м³/га, при дождевании 3362 м³/га, с применением капельного способа орошения 3328 м³/га.

В ходе эксперимента было установлено, что на убыль массы корнеплодов и поражаемость болезнями при хранении оказывает влияние способ орошения. Корнеплоды свеклы столовой, возделываемой при капельном орошении, в меньшей степени поражаются при хранении болезнями, чем выращенные с применением дождевания. На содержание сухого вещества и сахаров вид орошения оказывает незначительное воздействие. При длительном хранении в незначительной степени повышается содержание сахаров и сухих веществ в корнеплодах свеклы столовой.

Содержание нитратов, превышающее ПДК, было отмечено сразу после уборки урожая на почвенном фоне с внесением разовой дозы удобрений N₁₂₀P₆₀K₁₈₀, но при длительном хранении содержание нитратов снижается до ПДК.

В ходе проведенных исследований было установлено, что для производства корнеплодов свеклы столовой хорошего качества, пригодной для длительного хранения, необходимо использовать режим орошения с поддержанием предполивного порога 70–80–70 % по трем периодам роста и развития культуры независимо от способа орошения.

Козлятник восточный – многолетняя кормовая культура, обладаю-

щая продуктивным долголетием, являющаяся источником кормов высокого качества, с хорошим средообразующим потенциалом.

В многолетних исследованиях Т. Н. Дроновой и Н. И. Бурцевой [7] изучалось влияние агротехнических приемов, различных режимов орошения, применения удобрений, возрастного состава и используемых сортов на урожайность козлятника восточного.

Исследования проводились в многофакторном опыте (режим орошения, внесение удобрений, сортовое разнообразие) на каштановых почвах Волгоградской области с очень низким содержанием гумуса и нейтральной или слабощелочной кислотностью. Содержание подвижных фосфатов в почве очень низкое, а подвижного калия очень высокое. Изучались три сорта козлятника восточного: Гале, Магистр, Кривич.

В опыте использовались два варианта режима орошения с предполивной влажностью 70 и 80 %. Размер поливной нормы для поддержания влажности почвы 70 % равнялся 450 м³/га, а для поддержания влажности на уровне 80 % составлял 600 м³/га. Влияние применения удобрений изучалось в трех вариантах: без применения удобрений, внесение N_{30–60}P_{20–45}K_{25–50} и N_{75–190}P_{30–95}K_{40–130}.

В результате опыта было установлено, что максимальным водопотреблением отличался травостой козлятника восточного, возделываемого при внесении N_{75–190}P_{30–95}K_{40–130} и поддержании влажности почвы 80 %. Также было выявлено, что снижение уровня влажности почвы увеличивает потребление воды культурой на 10 % во второй год жизни. Эффективность потребления воды посевами козлятника восточного второго года жизни увеличивается при улучшении режима питания растений за счет внесения удобрений на 16 %.

За время проведения опыта в зависимости от внесения удобрений, поддержания влажности почвы и возраста посева козлятника восточного урожайность культуры колебалась в значительных пределах. Анализ уро-

жайности козлятника восточного указывает на зависимость продуктивности культуры от уровня влагообеспеченности, наличия элементов питания в почве, особенностей сорта и возраста травостоя. Максимальная урожайность козлятника восточного была достигнута в вариантах с внесением удобрений в дозе $N_{75-190}P_{30-95}K_{40-130}$ и поддержанием влажности на уровне 80 %. Данные исследований показали, что наиболее продуктивным является сорт Магистр.

Анализ полученных результатов показал, что урожайность посевов козлятника восточного остается на стабильно высоком уровне в период второго-четвертого годов и незначительно уменьшается лишь к пятому году использования.

Экономическая оценка выращивания козлятника восточного с использованием орошения показывает его высокую эффективность, так, рентабельность производства зеленой массы в зависимости от норм используемой воды для поддержания предполивной влажности почвы и количества внесенных удобрений составляет от 48 до 85 %.

Соотношение обменной энергии урожая и затрат на его выращивание в зависимости от условий возделывания козлятника восточного колебалось от 2,5 до 4,0.

Производство томатов в нашей стране находится на достаточно высоком уровне, но этого недостаточно для полного удовлетворения потребительского спроса. Ежегодный импорт томата для удовлетворения внутреннего спроса составляет 22 %. Основной проблемой при выращивании данной культуры является ее зависимость от условий внешней среды, что отражается в низкой урожайности. На большей части территории нашей страны получить хороший урожай можно только при возделывании этой культуры в защищенном грунте. Учитывая большие затраты на энергоносители, целесообразно перейти к выращиванию данной культуры при более низких энергозатратах, к производству томата в открытом грунте.

Д. И. Енгальчев, А. М. Меньших, Н. А. Енгальчева [8] в своих исследованиях проводили оценку влияния капельного орошения на выращивание томата в открытом грунте в Нечерноземной зоне. При проведении опыта учитывались погодно-климатические условия региона, требования культуры к почвенному плодородию, пригодность сорта к механизированным воздействиям и уборке урожая.

Опыт осуществлялся в 2016 г. на почвах с низким содержанием гумуса, слабокислых, с высоким содержанием подвижного фосфора, повышенным – обменного калия. Из агротехнических мероприятий проводилось осенью дискование с последующей зяблевой вспашкой и культивация весной. Рассматривались три варианта почвенного фона: без внесения удобрений, разовое внесение $N_{120}P_{120}K_{150}$, внесение части удобрений при культивации с последующим проведением трех подкормок на разных этапах вегетации культуры. Также изучалось влияние капельного орошения при различной предполивной влажности почвы в межфазовые периоды роста и развития растений томата на урожайность и качество продукции культуры.

Для опытов был выбран раннеспелый, штамбовый, универсального назначения гибрид Донской F1, предназначенный для выращивания и в открытом грунте, и в защищенном. Применялся рассадный способ возделывания культуры в кассетах, облегчающий процесс посадки, дающий экономию расхода субстрата, обеспечивающий лучшую приживаемость растений при высадке в открытый грунт.

Посев осуществлялся в конце марта, а пикировка проводилась в фазе формирования одного настоящего листа. Высадка рассады произведена была в третьей декаде мая вручную однорядным способом по схеме 70×40 см. Для лучшей приживаемости сразу после высадки провели полив нормой $100 \text{ м}^3/\text{га}$. Формирование кустов растений томатов не проводилось, для улучшения товарного вида плодов осуществлялась подвязка кустов.

При проведении опыта борьба с сорняками во время вегетации растений томата заключалась в двукратной обработке междурядий ручным мотокультиватором. За время проведения опытов количество выпавших осадков было незначительным. Капельный полив проводили по мере необходимости, учитывая показатели предполивной влажности почвы. Было осуществлено шесть сборов урожая в период с 20 июля по 27 августа.

Анализ результатов проведенных опытов показал, что режим орошения с поддержанием влажности почвы 70 % в момент высадки рассады, 80 % в фазе начала образования плодов, 70 % в фазе технической спелости является оптимальным для получения высоких урожаев томата с хорошим качеством. Избыточное количество влаги способствует поражению растений фитоспорозом и ухудшает качество плодов. Наибольшая необходимость у растений томата во влаге возникает в фазах появления завязи и начала образования плодов.

Урожайность томата, возделываемого с применением капельного орошения, выше, чем в вариантах без орошения. Максимальная урожайность томата была получена в варианте с применением капельного полива и внесением удобрений по частям, она в 2,5 раза превышала урожайность, полученную в варианте без орошения и внесения удобрений.

Наибольшим содержанием витамина С характеризуются плоды томатов, выращенные при орошении с внесением удобрений по любой схеме, а в плодах томата, выращенных без орошения, максимально содержание сухого вещества.

Картофель является важной сельскохозяйственной культурой, его производство в нашей стране составляет от 28 до 33 млн т. Во многих засушливых регионах России его производство основывается на орошении. Для повышения эффективности производства данной культуры большое значение имеет изучение водосберегающих технологий полива, позволяющих получить высококачественный урожай.

В исследованиях Д. А. Болотина и др. [9], проводимых в 2014–2017 гг., изучалась зависимость урожайности картофеля от режима орошения и внесения удобрений. Опыты проводились в условиях Нижнего Поволжья с использованием капельного орошения, различными вариантами водного режима почвы и нормами внесения удобрений (в дозах $N_{190}P_{80}K_{180}$ и $N_{150}P_{60}K_{135}$).

Анализ результатов опыта показал, что при повышении влажности почвы с 70 до 80 % снижается поливная норма на 30 %, уменьшается продолжительность полива и количество поливов. Показатели оросительных норм в зависимости от вариантов режима орошения и погодных условий колебались от 1840 до 2700 м³/га, а средние за годы исследований составили 1998–2450 м³/га. В засушливые годы колебания оросительных норм были в пределах 2250–2700 м³/га. Количество поливов изменялось в зависимости от режима орошения от 13 до 27 за вегетационный период.

Количество урожая картофеля изменялось в зависимости от режима орошения, дозы внесенных минеральных удобрений. Максимальная урожайность была достигнута при поддержании предполивной влажности 80 % и внесении минеральных удобрений в дозе $N_{190}P_{80}K_{180}$. Минимальная урожайность была отмечена в варианте без внесения удобрений и с различным уровнем увлажнения почвы. Снижение затрат на орошение для получения 1 т урожая обеспечивается внесением удобрений дозой $N_{190}P_{80}K_{180}$ и измененными в ходе роста и развития культуры водными режимами почвы.

Подсолнечник – основная масличная культура в нашей стране. Однако урожайность подсолнечника ниже проектной из-за несовершенства используемых технологий возделывания, недостаточного применения современных научных достижений.

Многолетние исследования И. Н. Ильинской и В. А. Кулыгина [10] ставили перед собой цель выявить оптимальное сочетание основных эле-

ментов выращивания подсолнечника для повышения урожайности культуры. Опыт проводился на обыкновенных черноземах Ростовской области с низким содержанием гумуса, средним содержанием подвижного фосфора, очень высоким – обменного калия.

Использовались различные способы обработки почвы, разные варианты применения удобрений, три режима орошения (естественное увлажнение, водосберегающий и интенсивный полив). Водосберегающий полив заключался в однократном орошении культуры в фазе образования корзинки – цветения поливной нормой 540 м³/га, а интенсивный полив включал в себя проведение четырех поливов оросительной нормой 1680 м³/га для поддержания предполивной влажности почвы 75–80 %. В качестве предшественника была задействована озимая пшеница, возделывался гибрид подсолнечника Мечта.

Анализ результатов проведенного опыта показал, что орошение независимо от агротехнических приемов возделывания культуры, различных доз применяемых удобрений оказывает существенное влияние на урожайность подсолнечника. Урожайность культуры при водосберегающем режиме на 30–35 % выше, чем при естественном увлажнении, независимо от проведенных агротехнических приемов и количества внесенных удобрений. Возделывание культуры при интенсивном орошении увеличивает ее урожайность в среднем в 2 раза по сравнению с естественным увлажнением и на 28–32 % по сравнению с водосберегающим режимом. Так, максимальная урожайность была получена в варианте интенсивного орошения с применением безотвальной обработки почвы и внесением полной нормы азотно-фосфорных удобрений N₄₀P₆₀.

Масличные культуры семейства капустных вида горчичных применяются в качестве сидератных удобрений, из семян производят горчичное масло, семена также используют в консервировании и приготовлении различных блюд, в фармацевтике.

В опытах, проводимых в 2008–2010 гг. А. Г. Жуйковым [11] на южных тяжелосуглинистых черноземах Херсонской области, изучалось влияние орошения на продуктивность ряда масличных культур семейства капустных вида горчичных: сарептская яровая, сарептская озимая, белая горчица и черная горчица. Почвы опытного участка с низким содержанием гумуса, очень низким содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия. Использовались два уровня увлажнения: естественное и с поддержанием предполивного порога 70 % от НВ (применялась ДМ «Фрегат»).

Анализ проведенных исследований показал, что все виды горчицы положительно реагируют на орошение. Так, продуктивность в среднем за годы проведенных исследований сарептской яровой горчицы, выращенной при орошении, превосходит продуктивность данной культуры, выращенной в естественных условиях, более чем на 76 %. Аналогичные показатели других видов следующие: озимая сарептская горчица продуктивнее на 71 %, белая горчица на 67 %, черная горчица на 64 %. Возделывание всех видов горчицы в условиях орошения существенно улучшает и основные посевные кондиции семян культур (всхожесть, энергию прорастания, массу 1000 семян, выход семенной фракции), а также увеличивает содержание масла в семенах.

Технология выращивания хлопчатника в почвенно-климатических условиях Российской Федерации изучена очень слабо. В исследованиях, проводимых в 2016–2018 гг. А. С. Овчинниковым, Е. А. Ходяковым, С. Г. Миловановым, К. В. Бондаренко, изучалось влияние режимов орошения на урожайность хлопчатника при разных способах полива в Нижнем Поволжье [12].

Опыт проводился на территории УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ. Почвы опытного участка светло-каштановые, с очень низким содержанием гумуса, с высоким содержанием подвижного фосфора и очень

высоким содержанием обменного калия. Полив осуществлялся с помощью капельного орошения и дождевальная машины шланго-барабанного типа фирмы Weinlich. Влажность почвы устанавливалась шттыревым влагомером TR 46908, контроль осуществлялся раз в месяц термостатно-весовым способом. Поливы осуществлялись согласно предполивной влажности почвы в варианте и состоянию посевов хлопчатника. Межфазные периоды для поливов: «всходы – цветение», «цветение – начало плодообразования», «плодообразование – созревание».

Исследования 2016 г. в вариантах с дифференцированными режимами орошения с предполивной влажностью почвы 80–90–75, 75–85–70, 70–80–65 % НВ при поливе дождеванием и 75–90–85, 70–85–80, 65–80–75 % НВ при капельном орошении выявили, что урожайность хлопчатника в вариантах с капельным способом полива превышает урожайность при дождевании на 10–19 %. Расход оросительной воды при дождевании составил 300–500 м³/га, а при капельном орошении 448–896 м³/га. Затраты оросительной воды при дождевании меньше на 65–121 м³/т, или на 26–31 %, чем при капельном орошении.

В 2017 г. исследовались варианты с предполивной влажностью почвы 90–90–90, 85–85–85, 80–80–80 % НВ, одинаковой для обоих способов полива. Расход оросительной воды при разных способах полива был приблизительно одинаковым 392–728 м³/га. При всех равных условиях урожайность хлопчатника в вариантах с дождеванием превышала урожайность хлопчатника при капельном орошении на 4,5–15,0 %. В вариантах с поливом дождеванием затраты оросительной воды меньше на 42–164 м³/т, или на 4–12 %, чем при поливе капельным способом.

В 2018 г. для орошения дождеванием были выбраны следующие варианты предполивной влажности почвы: 90–90–90, 85–85–85, 80–80–80 % НВ, а для капельного орошения: 75–75–75, 70–70–70, 65–65–65 % НВ. Расход оросительной воды при поливе дождеванием составил 300–600 м³/га,

а при капельном способе орошения 672–1008 м³/га. Урожайность в вариантах с капельным орошением была выше на 12,0–34,0 %, чем при орошении дождеванием. Затраты оросительной воды при поливе капельным способом на 91–115 м³/т, или на 29–64 %, выше, чем при орошении дождеванием.

В то же время использование прецизионных технологий находит свое отражение во многих аспектах сельского хозяйства. В настоящее время было принято несколько ключевых решений, которые сделали эту технологию практичной в орошении [13].

В настоящее время разрабатывается комплекс технико-технологических средств (решений) дождевальной техники и адаптированного программного обеспечения, сопряженных с системой управления современной дождевальной техникой, работающей в режиме онлайн [14–25]. Суть данной разработки заключается в следующем: данные, полученные с помощью гиперспектральной камеры, которая оптимизирована для работы в составе дождевальной техники, передаются на вычислительное устройство (бортовой компьютер), где происходит их обработка, определение растений по микросегментам поля по трем градациям (недостаток влаги, норма и избыток влаги). Расчет режимов орошения происходит с помощью программы для ЭВМ № 2019661769 «Расчет технических параметров режима орошения» [26]. Данная информация поступает на управляемый контроллер, который посредством электромагнитных клапанов повышает, оставляет прежней или понижает подачу воды на тот или иной участок поля.

Выводы. Изучение результатов исследовательских работ отечественных ученых в области влияния орошения на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур позволяет сделать вывод, что получение запланированных урожаев возможно лишь при соблюдении режимов орошения и поддержании уровня почвенного плодородия путем внесения различных удобрений. А использование дифференцированного подхода к орошению при поддержании заданного уровня предполивной

влажности почвы в критические периоды развития сельскохозяйственных культур позволяет сократить расходы оросительной воды и оптимизировать поливные нормы и их количество. Изучение дифференцированного режима орошения является перспективным в настоящее время и в ближайшем будущем с учетом ухудшающегося водообеспечения на территории нашей страны, связанного с изменением погодно-климатических условий.

Список использованных источников

1 Дронова, Т. Н. Возделывание суданской травы на корм в условиях орошения / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 30–33.

2 Привалова, К. Н. Продуктивность бобово-злакового пастбища в условиях естественного увлажнения и орошения / К. Н. Привалова // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 1. – С. 13–14.

3 Кулыгин, В. А. Влияние уровней минерального питания на продуктивность корнеплодных культур в условиях орошения / В. А. Кулыгин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 115–120.

4 Соснов, В. С. Эффективность орошения и фертигации при возделывании свеклы столовой / В. С. Соснов, В. А. Борисов, А. М. Меньших // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 1. – С. 15–16.

5 Агробиологическое сортоизучение свеклы столовой при капельном способе полива в условиях Северо-Западного Прикаспия / Н. В. Тютюма, Т. В. Мухортова, Е. Г. Мягкова, А. Н. Бондаренко, О. В. Костыренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3(55). – С. 114–119.

6 Меньших, А. М. Качество и лежкость свеклы столовой, выращенной в условиях орошения Нечерноземной зоны / А. М. Меньших, Н. Н. Меньших // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 2. – С. 19–20.

7 Дронова, Т. Н. Технология возделывания козлятника восточного на орошаемых землях / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 3. – С. 15–16.

8 Енгальчев, Д. И. Применение капельного орошения и минерального питания при выращивании томата в условиях Нечерноземной зоны / Д. И. Енгальчев, А. М. Меньших, Н. А. Енгальчева // Орошаемое земледелие. – 2017. – № 4. – С. 15–16.

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

10 Ильинская, И. Н. Продуктивность подсолнечника в условиях орошения в зависимости от элементов агротехнологии / И. Н. Ильинская, В. А. Кулыгин // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 3. – С. 25–26.

11 Жуйков, А. Г. Зависимость количественно-качественных показателей урожайности видов горчицы от орошения в условиях Южной Степи Украины / А. Г. Жуйков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 36–41.

12 Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье / А. С. Овчинников, Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3(55). – С. 15–24.

13 Johnson, L. F. Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard / L. F. Johnson // Australian Journal of Grape and Wine Research. – 2003, July. – Vol. 9(2). – P. 96–101. – DOI: 10.1111/j.1755-0238.2003.tb00258.x.

14 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=285>.

15 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

16 Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18–24.

17 Kadnova, Yu. Yu. Application of information technologies in irrigation systems operation management / Yu. Yu. Kadnova, V. V. Korsak, A. V. Ryabova // Collection of articles of the II All-Russian (national) scientific and practical conference. – 2020. – P. 45–47.

18 Mityureva, O. N. Geoinformation technologies for planning irrigation meliorations / O. N. Mityureva, V. V. Korsak, D. A. Kurmangalieva // Collection of Articles of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. – 2020. – P. 106–108.

19 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf.

20 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальная машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=312>.

21 Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Куприянов А. А., Завалюев В. Э.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 28.09.17, Бюл. № 28. – 9 с.: ил.

22 Бабичев, А. Н. Технологические подходы к нормированию орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / А. Н. Бабичев, В. И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec416-field6.pdf.

23 Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 877–884. – DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.

24 Бабичев, А. Н. Метод прецизионного орошения для современных дождевальных машин / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2(74). – С. 14–17.

25 Ольгаренко, В. Иг. Принципы применения элементов технологии точного земледелия и прецизионного орошения в сельскохозяйственном производстве /

В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2(11). – С. 23–26.

26 Расчет технических параметров режима орошения: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019661769 / Васильев С. М. [и др.]; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2019660744; заявл. 02.09.19; опубл. 06.09.19.

References

1 Dronova T.N., Burtseva N.I., 2019. *Vozdelyvaniye sudanskoj travy na korm v usloviyakh orosheniya* [Cultivation of Sudan grass for feed under irrigation conditions]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 30-33. (In Russian).

2 Privalova K.N., 2018. *Produktivnost' bobovo-zlakovogo pastbishcha v usloviyakh estestvennogo uvlazhneniya i orosheniya* [Productivity of a legume-cereal pasture in conditions of natural moisture and irrigation]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1, pp. 13-14. (In Russian).

3 Kulygin V.A., 2016. *Vliyanie urovney mineral'nogo pitaniya na produktivnost' korneplodnykh kul'tur v usloviyakh orosheniya* [Influence of mineral nutrition levels on the productivity of root crops under irrigation conditions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 115-120. (In Russian).

4 Sosnov V.S., Borisov V.A., Menshikh A.M., 2018. *Effektivnost' orosheniya i fertigratsii pri vozdelyvanii svekly stolovoy* [Efficiency of irrigation and fertigation in the cultivation of tablet beets]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1, pp. 15-16. (In Russian).

5 Tyutyuma N.V., Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V., 2019. *Agrobiologicheskoe sortoizuchenie svekly stolovoy pri kapel'nom sposobe poliva v usloviyakh Severo-Zapadnogo Prikaspiya* [Agrobiological variety study of tablet beet with drip irrigation in the North-Western Caspian region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(55), pp. 114-119. (In Russian).

6 Menshikh A.M., Menshikh N.N., 2017. *Kachestvo i lezhkost' svekly stolovoy, vyrashchennoy v usloviyakh orosheniya Nechernozemnoy zony* [Quality and storability of tablet beets grown under irrigation conditions in the Non-Chernozem zone]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 19-20. (In Russian).

7 Dronova T.N., Burtseva N.I., 2018. *Tekhnologiya vozdelyvaniya kozlyatnika vostochnogo na oroshaemykh zemlyakh* [Technology of cultivation of Eastern galega on irrigated lands]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 15-16. (In Russian).

8 Engalychev D.I., Menshikh A.M., Engalycheva N.A., 2017. *Primenenie kapel'nogo orosheniya i mineral'nogo pitaniya pri vyrashchivanii tomata v usloviyakh Nechernozemnoy zony* [Application of drip irrigation and mineral nutrition when growing tomatoes in the Non-Chernozem zone]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 15-16. (In Russian).

9 Bolotin D.A., Dergacheva I.A., Bolotin A.G., Dergachev A.A., 2018. *Kapel'noe oroshenie kartofelya letney posadki* [Drip irrigation of summer planting potatoes]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 23-24. (In Russian).

10 Ilinskaya I.N., Kulygin V.A., 2018. *Produktivnost' podsolnechnika v usloviyakh orosheniya v zavisimosti ot elementov agrotekhnologii* [Productivity of sunflower under irrigation depending on the elements of agricultural technology]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 25-26. (In Russian).

11 Zhuykov A.G., 2016. *Zavisimost' kolichestvenno-kachestvennykh pokazateley urozhaynosti vidov gorchitsy ot orosheniya v usloviyakh Yuzhnoy Stepi Ukrainy* [Dependence of the quantitative and qualitative indicators of the yield of mustard species on irrigation in the

conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(63), pp. 36-41. (In Russian).

12 Ovchinnikov A.S., Khodyakov E.A., Milovanov S.G., Bondarenko K.V., 2019. *Rezhim orosheniya khlopchatnika pri dozhdevanii i kapel'nom oroshenii v Nizhnem Povolzh'e* [Cotton irrigation regime for sprinkling and drip irrigation in the Lower Volga region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(55), pp. 15-24. (In Russian).

13 Johnson L.F., 2003. Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, July, vol. 9(2), pp. 96-101, DOI: 10.1111/j.1755-0238.2003.tb00258.x.

14 Babichev A.N., Balakay G.T., Monastyrsky V.A., 2017. [Operational management of the irrigation regime when programming the yield of agricultural crops]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(27), pp. 83-96, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=285>. (In Russian).

15 Vasiliev S.M., Mityaeva L.A., 2017. [Irrigated agrolandscape monitoring taking into account remote sensing data calibration under geoinformation technologies]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 131, pp. 216-231, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>. (In Russian).

16 Korsak V.V., Pronko N.A., Nasyrov N.N., 2014. *Primenenie GIS-analiza dlya otsenki prirodnykh usloviy polivnogo zemledeliya* [Application of GIS analysis to assess the natural conditions of irrigated agriculture]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 2, pp. 18-24. (In Russian).

17 Kadnova Yu.Yu., Korsak V.V., Ryabova A.V., 2020. Application of information technologies in irrigation systems operation management. Proc. of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, pp. 45-47.

18 Mityureva O.N., Korsak V.V., Kurmangalieva D.A., 2020. Geoinformation technologies for planning irrigation meliorations. Proc. of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, pp. 106-108.

19 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2016. [Optimization of the composition of instrumentation for monitoring agrometeorological parameters as a stage in the development of precision irrigation technology]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(26), pp. 1-18, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf. (In Russian).

20 Balakay G.T., Vasil'yev S.M., Babichev A.N., 2017. [Concept of a new generation sprinkler for precision irrigation technology]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(26), pp. 1-18, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=312>. (In Russian).

21 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Churaev A.A., Snipich Yu.F., Kupriyanov A.A., Zavaluyev V.E., 2017. *Mногоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения* [Multi-support Sprinkler for Precision Irrigation]. Patent RF, no. 2631896. (In Russian).

22 Babichev A.N., Olgarenko V.I., 2016. [Technological approaches to the regulation of irrigation and the apparatus for predicting potato water consumption in the floodplain of the Lower Don]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 148-165, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec416-field6.pdf. (In Russian).

23 Podlipnov V.V., Shchedrin V.N., Babichev A.N., Vasiliev S.M., Blank V.A., 2018. *Экспериментальное определение влажности почвы по гипERSпектральным изображениям* [Experimental determination of soil moisture from hyperspectral images]. *Komp'yuternaya optika* [Computer Optics], vol. 42, no. 5, pp. 877-884, DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884. (In Russian).

24 Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., 2019. *Metod pretsizionnogo orosheniya dlya sovremennykh dozhdaval'nykh mashin* [The method of precision irrigation for modern sprinklers]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(74), pp. 14-17. (In Russian).

25 Olgarenko V.Ig., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., 2018. *Printsipy primeneniya elementov tekhnologii tochnogo zemledeliya i pretsizionnogo orosheniya v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Principles of application of elements of technology of precision farming and precision irrigation in agricultural production]. *Novosti nauki v APK* [Bull. in Agro-Industrial Complex], no. 2-2(11), pp. 23-26. (In Russian).

26 Vasiliev S.M. [et al.], 2019. *Raschet tekhnicheskikh parametrov rezhima orosheniya* [Calculation of Technical Parameters of Irrigation Regime]. Certificate of state registration of the computer program, no. 2019661769. (In Russian).

Бабичев Александр Николаевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Babichev Aleksandr Nikolayevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Бабенко Алексей Александрович

Должность: инженер II категории

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Babenko Aleksey Aleksandrovich

Position: Category II Engineer

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 08.10.2020

После доработки 27.10.2020

Принята к публикации 10.11.2020