

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 635.64:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192

Орошение томатов открытого грунта: обзор ресурсосберегающих подходов

Ирина Владимировна Гурина¹, Александр Николаевич Бабичев²,
Федор Геннадьевич Тагиров³, Александр Павлович Тищенко⁴

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

^{3, 4}Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем
мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

¹i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

²BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

³ftagirov@yandex.ru

⁴siriusat@mail.ru

Аннотация. Цель: изучение и анализ ресурсосберегающих подходов к орошению томатов открытого грунта. **Обсуждение.** Томаты являются одной из наиболее часто возделываемых овощных культур, поскольку обладают высокими питательными, органолептическими и диетическими свойствами, полезными для здоровья человека. Проблема наращивания объемов производства томатов может быть решена внедрением научно обоснованных, экспериментально апробированных технологий возделывания на мелиорированных землях, одним из основных элементов которых является орошение, что предопределило актуальность исследований. В настоящее время для полива томатов применяются дождевание и капельное орошение, которые имеют как преимущества, так и недостатки. Анализ особенностей возделывания томатов при разных способах полива показал, что в нашей стране их производство рентабельно и при дождевании, и при капельном орошении. Однако внедрение научно обоснованных режимов капельного орошения при возделывании томатов может существенно повысить их продуктивность и значения показателей экономической эффективности при экономном расходовании поливной воды. Наиболее эффективно поддержание предполивной влажности почвы на посевах томатов на уровне 80 % наименьшей влагоемкости. Такой режим капельного орошения томатов открытого грунта считается оптимальным, при нем затраты оросительной воды на образование единицы продукции наименьшие. **Выводы.** Изучение вопросов дифференциации режимов капельного орошения томатов по фазам роста и развития культуры показало, что дифференцированные поливы системами капельного орошения в сочетании с внесением минеральных и водорастворимых удобрений обеспечивают прибавки урожайности томатов открытого грунта независимо от региона их возделывания. Перспективным приемом повышения продуктивности томатов и оптимизации затрат оросительной воды при их возделывании являются цифровые методы планирования орошения.

Ключевые слова: томаты, орошение, способ орошения, дождевание, капельное орошение, технология орошения, режим орошения, ресурсосбережение

Для цитирования: Орошение томатов открытого грунта: обзор ресурсосберегающих подходов / И. В. Гурина, А. Н. Бабичев, Ф. Г. Тагиров, А. П. Тищенко // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 3. С. 176–192. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Irrigation of tomatoes in open ground: overview of resource-saving approaches

**Irina V. Gurina¹, Alexander N. Babichev², Fedor G. Tagirov³,
Alexander P. Tishchenko⁴**

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

^{3, 4}Crimean Branch of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement
Problems, Simferopol, Russian Federation

¹i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

²BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

³ftagirov@yandex.ru

⁴siriusat@mail.ru

Abstract. Purpose: to study and analyze resource-saving approaches to irrigation of tomatoes in open ground. **Discussion.** Tomatoes are one of the most commonly cultivated vegetable crops, as they have high nutritional, organoleptic and dietary properties, beneficial to human health. The problem of increasing tomato production can be solved by introducing scientifically based, experimentally tested cultivation technologies on reclaimed lands, one of the main elements of which is irrigation, which predetermined the relevance of research. Currently, sprinkling and drip irrigation, which have both advantages and disadvantages are used for irrigation of tomatoes. An analysis of features of tomato cultivation with different irrigation methods showed that their production in our country is cost-effective both with sprinkling and drip irrigation. However, the introduction of scientifically based drip irrigation regimes in tomato cultivation can increase significantly their productivity and the values of economic efficiency indicators with economical use of irrigation water. The most effective maintenance of pre-irrigation soil moisture on tomato crops is at the level of 80 % of the lowest moisture capacity. This drip irrigation rate of tomatoes in the open ground is considered optimal; with it the cost of irrigation water for the formation of a product unit is the smallest. **Conclusions.** The study of the differentiation of drip irrigation regimes of tomato by phases of growth and development of the crop showed that differentiated irrigation with drip irrigation systems in combination with the application of mineral and water-soluble fertilizers provide an increase in tomato yield in open ground, regardless of the region of their cultivation. A promising method for increasing the productivity of tomatoes and optimizing the cost of irrigation water during their cultivation are digital irrigation planning methods.

Keywords: tomatoes, irrigation, irrigation method, sprinkling, drip irrigation, irrigation technology, irrigation regime, resource saving

For citation: Gurina I. V., Babichev A. N., Tagirov F. G., Tishchenko A. P. Irrigation of tomatoes in open ground: overview of resource-saving approaches. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(3):176–192. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192>.

Введение. Томаты являются одной из наиболее часто возделываемых овощных культур. В 2020 г. в мире было выращено 186,28 млн т томатов на общей площади 5,05 млн га. В настоящее время крупнейшими про-

изводителями томатов в мире являются Китай, Индия, Турция, США, Египет [1]. Популярность томатов обусловлена их высокими питательными, органолептическими и диетическими свойствами: эта овощная культура – источник полезных для человека веществ, таких как витамины С и Е, ликопин, бета-каротин, лютеин, кверцетин и др. [2–5].

Томат – теплолюбивая культура: для его хорошего роста и развития оптимален диапазон температур воздуха от +22 до +25 °С. Предъявляет повышенные требования к освещенности: при ее недостатке задерживается развитие растений. Томат может расти на разных почвах с кислотностью не более 5,0. Умеренно требователен к влажности почвы, однако дефицит влагообеспеченности в критические фазы развития растений вызывает падение продуктивности, в связи с чем получение устойчивых урожаев томатов в засушливых регионах возможно только на мелиорированных землях [6, 7].

В нашей стране томаты возделываются в Дагестане, Астраханской, Волгоградской, Саратовской и Ростовской областях, в хозяйствах Нечерноземной зоны, однако имеющиеся объемы производства не полностью удовлетворяют внутренние потребности в овощеводческой продукции, поэтому ежегодные зарубежные поставки составляют до 600 тыс. т [8–13]. Ученые Всероссийского НИИ овощеводства объясняют сложившуюся ситуацию крайне низкой средней урожайностью выращиваемых в нашей стране томатов, которая в настоящее время находится на уровне 19–20 т/га, вследствие чего низкие валовые сборы данной культуры не могут обеспечить насыщения отечественного рынка овощной продукцией [13]. Вместе с тем отмечают, что современные сорта и гибриды томатов способны давать высокую урожайность, даже в засушливых условиях [8–13].

По данным многих исследователей [8–17], проблема увеличения урожайности томатов решается внедрением научно обоснованных, экспериментально апробированных технологий их возделывания на мелиорированных землях, обеспечивающих увеличение производства сельскохозяй-

ственной продукции при эффективном использовании ресурсов, сохранении и повышении плодородия мелиорированных земель. Поскольку орошение является ключевым элементом технологии возделывания культур на мелиорированных землях, цель нашего исследования состояла в изучении и анализе ресурсосберегающих подходов к орошению томатов открытого грунта.

Обсуждение. Мировое сельское хозяйство в настоящее время находится в условиях постоянно увеличивающегося дефицита воды, в связи с чем востребованы ресурсосберегающие технологии производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие рациональное использование ресурсов при снижении негативного воздействия на окружающую среду, увеличении природного капитала и потока экосистемных услуг [18]. Это предопределяет необходимость дальнейшего совершенствования технологий сельскохозяйственного производства.

Известно, что элемент технологического процесса возделывания «орошение» реализуется через способ и технологию, обеспечивающуюся сроками поливов, их количеством и суммой поливных норм. В связи с этим в процессе исследований анализировались современные способы полива томатов – дождевание и капельное орошение.

Анализ научно-технической информации позволил отметить, что основные элементы агротехники томатов при поливах капельным орошением и дождеванием одинаковы, за исключением расстояния между растениями (при капельном – 15–20 см, при дождевании – 23 см и более), а также доз, сроков, способов внесения удобрений и ядохимикатов [19]. Применяемые в настоящее время для полива томатов дождевание и капельное орошение имеют как преимущества, так и недостатки. Так, распылением искусственного дождя при дождевании создаются более комфортные условия для растений. Однако капли искусственного дождя, попадая на листья растений, вызывают их ожоги, при поливах могут оголяться корни растений. Дожде-

вание завышенными нормами приводит к перерасходу объемов оросительной воды, развитию ирригационной эрозии, затрудняется проведение технологических операций с применением техники, стимулируется рост сорной растительности. Многие специалисты к числу несомненных преимуществ капельного орошения относят возможность фертигации, а также более экономное расходование оросительной воды, поскольку при этом способе полива она подается непосредственно к корневой системе растений, вследствие чего отсутствуют поверхностный сток, инфильтрация, испарение с листовой поверхности, создаются неблагоприятные условия для роста и развития сорняков. Вместе с тем отмечается, что отсутствие смыва загрязнений с поверхности растений может приводить к поражениям плодов вершинной гнилью, уменьшать их лежкость при хранении [14, 19–25].

Анализ особенностей возделывания томатов при разных способах полива показал, что в нашей стране их производство рентабельно и при дождевании, и при капельном орошении. В условиях Астраханской области наилучшие показатели эффективности возделывания томатов были получены при капельных поливах: рентабельность производства в этом случае на 33 % превысила показатели, полученные при дождевании, за счет более высокой урожайности и товарности выращенных плодов. Урожайность томатов на капельном поливе в среднем на 20 % превысила их урожайность при дождевании [19].

Ученые Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства в своих исследованиях [20] также отмечают, что капельное орошение томатов обеспечило лучшую их продуктивность по сравнению с поливами ДДА-100МА.

Л. П. Ионовой, А. С. Бабаковой и др. [9] был изучен водный режим томатов при дождевании и капельных поливах в засушливых условиях Астраханской области. Проведенными исследованиями было установлено, что для соблюдения дифференцированного режима орошения посевов томатов,

предусматривающего поддержание влажности почвы 75–80 % наименьшей влагоемкости (НВ) в период приживания рассады, 80–85 % НВ – в фазе «бутонизация – цветение», 75–80 % НВ – в фазах «завязывание плодов», «рост плодов», «созревание плодов», в среднем за 2 года исследований потребовалось: при капельном орошении – 25 поливов, поливная норма – 117,3 м³/га, оросительная норма – 2721 м³/га, при дождевании – на семь поливов больше, поливная норма была больше на 17,4 м³/га, а оросительная норма почти в 2 раза превысила значения варианта с капельным орошением. При этом авторы отмечают, что наиболее благоприятный водный режим почвы на посевах томатов складывался при капельных поливах, это обеспечило высокую оводненность тканей растений, эффективный процесс фотосинтеза, подтвержденный его высокой продуктивностью и фотосинтетическим потенциалом по сравнению с дождеванием. Капельное орошение позволило получить в среднем за годы исследований 78,6 т/га плодов, тогда как с гектара, орошаемого дождеванием, было получено на 11,7 т меньше.

По данным В. П. Зволинского [26], капельное орошение овощных культур обеспечивает прибавку урожайности до 50–80 %, сокращая сроки созревания на 5–10 дней, при этом экономится до 50 % минеральных удобрений и до 40–45 % оросительной воды по сравнению с дождеванием. В условиях Нижней Волги капельное орошение овощей рентабельно, несмотря на существенные капитальные затраты.

Многие исследователи отмечают, что внедрение научно обоснованных режимов капельного орошения при возделывании томатов может существенно повысить их продуктивность и значения показателей экономической эффективности [21–24].

Н. А. Пронько и др. [16] в Саратовском Правобережье изучались режимы капельного орошения 70; 80 и 90 % НВ с внесением минеральных удобрений нормами N₁₀₀P₅₀K₄₀; N₁₉₀P₈₀K₇₀ кг д. в./га и без внесения удобрений. Наилучшие показатели урожайности сортов Новичок и Дар

Заволжья (145,12 и 172,79 т/га соответственно) были получены при поддержании влажности почвы 80 % НВ и внесении удобрений нормой $N_{190}P_{80}K_{70}$ кг д. в./га. Расходы оросительной воды на образование 1 т продукции томатов изучаемых сортов при этом были наименьшими – 28,8 и 22,9 м³/т соответственно.

Исследования волгоградских ученых также подтверждают эффективность поддержания предполивной влажности почвы на посевах томатов на уровне 80 % НВ. Они характеризуют такой режим капельного орошения как оптимальный, при котором затраты оросительной воды на образование единицы продукции наименьшие [27].

В условиях Дагестана соблюдение предполивного порога влажности почвы 75–80 % НВ при капельном орошении и однократное основное внесение минеральных удобрений дозой $N_{180}P_{135}K_{60}$ кг д. в./га обеспечило максимальную продуктивность (95,4 т/га) и наилучшее качество гибрида томата Хайнз 1100 F₁, содержание сухого вещества в плодах которого составило 7,01 %, сахара – 3,8 %, витамина С – 18,46 мг% [14].

В муниципалитете Большой Гияни провинции Лимпопо ЮАР в течение 2 лет на двух фермах исследовалась продуктивность местных сортов томатов (Rodade, STAR 9006, Commander, НТХ 14 и MFH) в зависимости от режимов орошения. Изучались два режима орошения: полное и дефицитное. Суммарное водопотребление томатов при поливах полными нормами за вегетационный период изменялось от 400 до 620 мм в зависимости от продолжительности вегетации и времени сбора урожая. Исследователи отмечают разную отзывчивость изучаемых сортов на поливные режимы: в среднем за 2 года урожайность варьировала от 9,2 до 59,7 т/га. Наиболее урожайным оказался сорт STAR 9006, худшие показатели были зафиксированы у сорта НТХ 14. Эффективность использования воды была более высокой при дефицитном орошении, однако, по мнению авторов, применение такого поливного режима нуждается в экономическом обосновании,

так как в засушливые годы может приводить к существенным недоборам овощеводческой продукции [28].

Томат отзывчив на улучшение водного режима почвы, однако многие специалисты отмечают, что влага по фазам развития культурой расходуется неравномерно [8, 12, 13, 15, 17, 29]. Это позволяет оптимизировать режимы орошения томатов путем дифференциации по периодам роста и развития культуры. Современные режимы орошения сельскохозяйственных культур должны быть ориентированы на экономное, но в то же самое время эффективное использование оросительной воды.

Вопросы дифференциации режимов капельного орошения томатов рассмотрены в работе В. В. Бородычева, Ю. В. Кузнецова, А. В. Дементьева [17]. Их исследованиями подтверждено, что на режим капельного орошения томатов оказывают влияние количество выпадающих осадков, их распределение в течение вегетации и предполивной порог почвенной влажности. В условиях Нижнего Поволжья соблюдение дифференцированного предполивного порога почвенной влажности 70-70-60 % НВ обеспечивалось проведением во влажный год семи поливов, в сухой – 17 поливов. Оросительная норма во влажный год составляла 1340 м³/га, в сухой – 3370 м³/га. Режим орошения 70-80-70 % НВ в условиях влажного года складывался из девяти поливов оросительной нормой 1450 м³/га, в сухой год – 23 поливов суммарной нормой 3600 м³/га. 17 поливов с расходом за вегетационный период 1680 м³/га потребовалось для поддержания дифференцированных по фазам роста и развития растений томатов порогов предполивной влажности 70-90-80 % НВ во влажный год и 38 поливов суммарной нормой 3890 м³/га – в сухой. Режим капельного орошения 70-90-80 % НВ и внесение минеральных удобрений N₂₆₀P₁₀₀K₁₃₀ кг д. в./га обеспечили максимальную продуктивность томатов 102,3 т/га, что на 18,5 % превысило показатели варианта, где влажность почвы при капельных поливах поддерживалась на уровне 70 % НВ. Минимальная урожайность плодов

53,1–58,7 т/га была зафиксирована при дифференцированных предполивных порогах почвенной влажности 70-70-60 % НВ и $N_{160}P_{60}K_{80}$ кг д. в./га.

В Нечерноземной зоне России для томатов открытого грунта оптимален режим орошения 70-80-70 % НВ, дифференцированный по интервалам периода вегетации: высадка рассады, начало плодообразования, техническая спелость. Ученые Всероссийского НИИ овощеводства отмечают, что избыточное поступление влаги так же неблагоприятно для данной культуры, как и ее недостаток. При избыточном водообеспечении томаты поражаются фитофторозом, за счет уменьшения содержания сухих веществ ухудшается качество, поэтому рекомендуют уменьшить количество поливов в период созревания плодов. Проведенными исследованиями установлено, что независимо от применяемых удобрений урожайность томатов при поливах капельными системами составляет 54,1–57,3 т/га, это существенно (в 1,6–2,2 раза) превышает их урожайность в открытом грунте без поливов [13].

Учеными ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» было изучено рациональное водообеспечение гибридов томата отечественной селекции (Купчиха, Ажур, Подарок женщине, Жирдяй, Баронесса, Властелин степей) при капельных поливах на севере Астраханской области. Рассматривались два варианта режимов капельного орошения (70-80-70 и 75-85-75 % НВ) при внесении удобрений N_{120} и N_{180} кг д. в./га. Наибольшую продуктивность 181,2 т/га товарных плодов обеспечил гибрид Жирдяй F_1 при 75-85-75 % НВ и внесении удобрений N_{180} кг д. в./га в виде трех подкормок [15].

В Волгоградской области при разработке ресурсосберегающих приемов увеличения урожайности томатов открытого грунта изучались постоянный режим орошения, предусматривающий поддержание влажности почвы на уровне 75 % НВ в течение всего вегетационного периода, и дифференцированный, при котором порог влажности почвы варьировал по фа-

зам роста и развития растений: 70 % НВ – в фазы «посев» – «цветение», 80 % НВ – в фазы «цветение» – «молочная спелость», 75 % – в фазы «молочная спелость» – «полная спелость». Технологией возделывания томатов также предусматривалось внесение минеральных удобрений под планируемую урожайность 110; 130; 150 т/га и обработка водорастворимыми удобрениями Растворин и Энергия-М. В результате было установлено, что для изучаемых сортов Волгоградский 5/95, Геркулес и гибрида Фоккер F₁ дифференциация режима орошения в соответствии с фенологическими фазами совместно с применением минеральных и водорастворимых удобрений обеспечила прибавки урожайности томатов до 18,8 т/га при запланированных 130 т/га и до 10,2 т/га при планируемых 150 т/га [30].

В полевых исследованиях, проведенных в 2016–2017 гг. в Иммокали штата Флорида США, изучалась продуктивность томатов открытого грунта в зависимости от режимов орошения и внесения азотных удобрений. Рассматривались два режима орошения томатов: полное орошение, при котором суточная эвапотранспирация обеспечивалась на 100 %, и дефицитное, при котором суточная эвапотранспирация покрывалась только на 66 %. При дефицитном режиме орошения в начале вегетации растения сформировали более развитую корневую систему, чем в варианте с полным орошением. Однако в целом лучшие показатели роста и развития растений томата, а также его продуктивности были получены при поливах полными нормами. В связи с этим исследователи рекомендуют применять дифференцированный подход к орошению томатов, предусматривающий сокращение поливных норм только в начальные периоды их роста и развития. Это позволит активизировать развитие растений в начале вегетации и не приведет к недобору продуктивности. В результате проведенных полевых исследований было установлено, что норма внесения азота не оказала существенного влияния на продуктивность томатов открытого грунта, возделываемых на песчаных почвах Флориды, однако было отмечено, что то-

варная урожайность плодов при внесении 134 кг/га была существенно ниже, чем при внесении 179; 224 и 269 кг/га [31].

Цифровизация технологий орошения томатов открытого грунта является инновационным приемом повышения продуктивности и оптимизации затрат оросительной воды на производство товарной продукции. В современных условиях на первый план выходят цифровые методы планирования орошения для определения оптимальных объемов и сроков поливов возделываемой культуры на каждой стадии ее роста и развития. Многие специалисты отмечают, что правильное планирование поливов может существенно повысить урожайность культуры, а также значительно увеличить экономические показатели сельхозпроизводства [25, 32, 33].

В исследованиях, проведенных в вегетационные периоды 2015–2016 гг. во Флориде (США), изучалась модель режимов орошения томатов открытого грунта RT-LS [33]. Планирование поливов выполнялось с помощью модели RT-LS, представляющей собой приложение для смартфонов, в режиме реального времени в зависимости от местоположения. В течение 2 лет эффективность модели RT-LS изучалась при разных режимах орошения томатов: дефицитном, при котором эвапотранспирация обеспечивалась на 66 %, полном – на 100 %, избыточном – на 150 %. Полученные результаты сравнивались с зональными режимами орошения, рекомендуемыми для томатов, возделываемых на орошаемых землях Флориды. В процессе исследований было установлено, что применение модели RT-LS при орошении томатов открытого грунта привело к экономии до 17 и 20 % оросительной воды в весенний и осенние месяцы вегетации соответственно, а также позволило повысить точность планирования орошения.

Выводы. В современных условиях возрастающего дефицита доступных водных ресурсов для орошения сельхозтоваропроизводители остро нуждаются в ресурсосберегающих технологиях производства сельскохозяйственной продукции. Были проанализированы современные способы

полива томатов: дождевание и капельное орошение. В нашей стране производство томатов рентабельно и при дождевании, и при капельном орошении. Анализ современной научно-технической информации позволил установить, что внедрение научно обоснованных режимов капельного орошения при возделывании томатов может существенно повысить их продуктивность и значения показателей экономической эффективности при экономном расходовании поливной воды. Изучались различные режимы капельного орошения томатов. Наиболее эффективно поддержание предполивной влажности почвы на уровне не ниже 80 % НВ. Такой режим капельного орошения томатов открытого грунта считается оптимальным, при котором затраты оросительной воды на образование единицы продукции наименьшие. Изучались вопросы дифференциации режимов капельного орошения томатов по фазам роста и развития культуры. Дифференцированные поливы системами капельного орошения в сочетании с внесением минеральных и водорастворимых удобрений обеспечивали прибавки урожайности томатов открытого грунта независимо от региона их возделывания. Цифровые методы планирования орошения позволяют устанавливать оптимальные объемы и сроки поливов томатов по фазам роста и развития.

Список источников

1. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021 / FAO. Rome, 2021. 368 p. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.
2. Spanish traditional tomato. Effects of genotype, location and agronomic conditions on the nutritional quality and evaluation of consumer preferences / E. Asensio, I. Sanvicente, C. Mallor, S. Menal-Puey // Food Chemistry. 2019. Vol. 270. P. 452–458. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.131.
3. Dorais M., Ehret D. L., Papadopoulos A. P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer // Phytochemistry Reviews. 2008. 7(2). P. 231–250. DOI: 10.1007/s11101-007-9085-x.
4. Скорина В. В., Соляник Т. Л. Биохимический состав сортов томата в открытом грунте // Известия ФНЦО. 2019. № 1. С. 157–159. DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159.
5. Кондратьева И. Ю. Гибриды томата для открытого грунта // Известия ФНЦО. 2021. № 3–4. С. 77–83. DOI: 10.18619/2658-4832-2021-3-4-77-83.
6. Приемы повышения продуктивности томата и картофеля при орошении в По-

волжье / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, В. Б. Нарушев, Т. И. Хоришко // Аграрный научный журнал. 2017. № 4. С. 36–39.

7. Posada L. *Solanum Lycopersicum: a monograph*. Agricultural Science 2016-17. Colegio Bolivar. 34 p.

8. Джамбулатова А. З., Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Улучшение плодородия орошаемых земель равнинной зоны Дагестана при капельном орошении томатов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 130–136. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-16.

9. Водный режим томата при капельном орошении и дождевании в засушливой зоне Астраханской области / Л. П. ИONOва, А. С. Бабакова, Р. А. Арсланова, Н. Д. Смашевский // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 5(47). С. 83–89.

10. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э., Засимов А. Е. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 161–167.

11. Пронько Н. А., Бикбулатов Е. Д. Вынос элементов питания томатами при капельном поливе в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. 2017. № 4. С. 40–43. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i4.72>.

12. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошении: учеб. пособие / А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко, С. М. Васильев, Р. С. Масный. М.: Росинформагротех, 2021. 200 с.

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

14. Ахмедова П. М., Алилов М. М. Особенности минерального питания растений томата при капельном орошении в условиях открытого грунта // Овощи России. 2017. № 1(34). С. 46–49. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-1-46-49>.

15. Оптимальный режим орошения и питания томатов / Н. В. Тютюма, Т. В. Мухортова, Н. И. Кудряшова, А. П. Солодовников // Фермер. Поволжье. 2018, сент. С. 36–41.

16. Пронько Н. А., Бикбулатов Е. И. Повышение эффективности капельного орошения томатов в Саратовском Правобережье // Вестник УМО. 2015. № 7. С. 163–166.

17. Бородычев В. В., Кузнецов Ю. В., Дементьев А. В. Водопотребление томатов при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2007. № 2(6). С. 23–25.

18. The United Nations world water development report 2021: valuing water / UNESCO. 2021. 206 p.

19. Белякова Ю. В., Бесчетнова Э. И., Екимов С. В. Производство томатов при разных способах орошения в условиях Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2009. № 4(35). С. 202–205.

20. Чаленко В. В., Орлов В. Н., Ольшанников Ю. А. Обработка почвы и возделывание томата при орошении // Овощи России. 2010. № 1(7). С. 58–59.

21. Фертигация томата в открытом грунте / О. Г. Чамурлиев, А. Н. Сидоров, А. А. Холод, Г. О. Чамурлиев, Н. В. Богомоллова // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14, № 4. С. 347–361. DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-347-361.

22. Анишко М. Ю., Губина Л. В., Роменская О. Н. Продуктивность томата в открытом грунте в условиях Северного Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1(45). С. 6–11. DOI: 10.52671/20790996_2021_1_6.

23. Меньших А. М. Капельное орошение как элемент ресурсосберегающего овощеводства // Орошаемое земледелие. 2015. № 2. С. 15–16.

24. Кизяев Б. В., Бородычев В. В. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении // Плодородие. 2016. № 5. С. 18–20.
25. Principles and practices of irrigation management for vegetable / L. Zotarelli, M. D. Dukes, E. H. Liu, G. D. Simonne, S. Agehara // Vegetable Production Handbook of Florida / Univ. of Florida Inst. of Food and Agri. Sci. Gainesville, 2015. P. 11–18.
26. Зволинский В. П. Капельное орошение: достоинства и проблемы // Техника и оборудование для села. 2011. № 9. С. 12–14.
27. Эффект водосбережения при капельном и внутрипочвенном орошении овощных культур / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 5. С. 16–19.
28. Response of tomato cultivars to irrigation management strategies employed by emerging farmers in the Greater Giyani Municipality / T. J. Lebea, N. Jovanovic, M. Kena, K. K. Ayisi, W. G. Mushadu // South African Journal of Plant and Soil. 2021. Vol. 38, iss. 4. P. 313–325. <https://doi.org/10.1080/02571862.2021.1913767>.
29. Влияние агротехнических приемов на рост, развитие и продуктивность томата в условиях Нижнего Поволжья / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, С. В. Убушаева, В. А. Батыров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2(46). С. 118–125.
30. Комплексные научные исследования ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности томата / Е. В. Калмыкова, А. А. Новиков, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14, № 4. С. 329–346. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-4-329-346>.
31. Tomato growth, yield, and root development, soil nitrogen and water distribution as affected by nitrogen and irrigation rates on a Florida sandy soil / I. T. Ayankojo, K. T. Morgan, D. M. Kadyampakeni, G. D. Liu // Hortscience. 2020. № 55(11). P. 1744–1755. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15177-20>.
32. Effects of real-time location-specific drip irrigation scheduling on water use, plant growth, nutrient accumulation, and yield of Florida fresh-market tomato / I. T. Ayankojo, K. T. Morgan, M. Ozores-Hampton, K. W. Migliaccio // Hortscience. 2018. Vol. 53, iss. 9. P. 1372–1378. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13183-18>.
33. Ayankojo I. T., Morgan K. T., Mahmoud K. Evaluation of soil water and nitrogen distribution by site-specific irrigation scheduling method in tomato crop grown on sandy soil // Soil Science Society of America Journal. 2019. Vol. 83. P. 761–771. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.07.0268>.

References

1. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. FAO, Rome, 2021, 368 p., <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.
2. Asensio E., Sanvicente I., Mallor C., Menal-Puey S., 2019. Spanish traditional tomato. Effects of genotype, location and agronomic conditions on the nutritional quality and evaluation of consumer preferences. Food Chemistry, vol. 270, pp. 452–458, DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.07.131.
3. Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P., 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer. Phytochemistry Reviews, 7(2), pp. 231–250, DOI: 10.1007/s11101-007-9085-x.
4. Skorina V.V., Solyanik T.L., 2019. *Biokhimicheskiy sostav sortov tomata v otkrytom grunte* [Biochemical composition of tomato varieties grown in the open ground]. *Izvestiya FNTSO* [News of FSVS], no. 1, pp. 157–159, DOI: 10.18619/2658-4832-2019-1-157-159. (In Russian).
5. Kondratyeva I.Yu., 2021. *Gibridy tomata dlya otkrytogo grunta* [Tomato hybrids for

open ground]. *Izvestiya FNTSO* [News of FSVC], no. 3-4, pp. 77-83, DOI: 10.18619/2658-4832-2021-3-4-77-83. (In Russian).

6. Petrov N.Yu., Kalmykova E.V., Narushev V.B., Khorishko T.I., 2017. *Priemy povysheniya produktivnosti tomata i kartofelya pri oroshenii v Povolzh'e* [Methods to increase productivity of tomato and potato during irrigation in Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 4, pp. 36-39. (In Russian).

7. Posada L. *Solanum Lycopersicum: a monograph*. Agricultural Science 2016-17. Colegio Bolivar, 34 p.

8. Dzhambulatova A.Z., Kurbanov S.A., Magomedova D.S., 2019. *Uluchshenie plodorodiya oroshaemykh zemel' ravninnoy zony Dagestana pri kapel'nom oroshenii tomatov* [Improving the fertility of irrigated lands in the plain zone of Dagestan with drip irrigation of tomatoes]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 1(53), pp. 130-136, DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-16. (In Russian).

9. Ionova L.P., Babakova A.S., Arslanova R.A., Smashevsky N.D., 2018. *Vodnyy rezhim tomata pri kapel'nom oroshenii i dozhddevanii v zasushlivoy zone Astrakhanskoy oblasti* [Water regime of tomato under drip irrigation and sprinkling in the arid zone of Astrakhan region]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], no. 5(47), pp. 83-89. (In Russian).

10. Akhmedov A.D., Dzhamaletdinova E.E., Zasimov A.E., 2018. *Produktivnost' ovoshchnykh kul'tur pri kapel'nom polive v usloviyakh Volgo-Donskogo mezhdurech'ya* [Productivity of vegetable crops with drip irrigation under the conditions of the Volga-Don interfluv]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 1(49), pp. 161-167. (In Russian).

11. Pronko N.A., Bikbulatov E.D., 2017. *Vynos elementov pitaniya tomatami pri kapel'nom polive v Saratovskom Pravoberezh'e* [The removal of nutrients by tomatoes under drip irrigation on the Cis-Volga districts of Saratov region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 4, pp. 40-43, <https://doi.org/10.28983/asj.v0i4.72>. (In Russian).

12. Babichev A.N., Babenko A.A., Vasiliev S.M., Masny R.S., 2021. *Tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na oroshenii: uchebnoe posobie* [Technologies of Cultivation of Agricultural Crops under Irrigation: textbook]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 200 p. (In Russian).

13. Engalychev D.I., Men'shikh A.M., Engalycheva N.A., 2017. *Primenenie kapel'nogo orosheniya i mineral'nykh udobreniy 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).

14. Akhmedova P.M., Alilov M.M., 2017. *Osobennosti mineral'nogo pitaniya rasteniy tomata pri kapel'nom oroshenii v usloviyakh otkrytogo grunta* [Features of mineral nutrition of tomato plants under drip irrigation in open ground]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 1(34), pp. 46-49, <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2017-1-46-49>. (In Russian).

15. Tyutyuma N.V., Mukhortova T.V., Kudryashova N.I., Solodovnikov A.P., 2018. *Optimal'nyy rezhim orosheniya i pitaniya tomatov* [Optimal mode of irrigation and nutrition of tomatoes]. *Fermer. Povolzh'e* [Farmer. Volga Region], Sept., pp. 36-41. (In Russian).

16. Pronko N.A., Bikbulatov E.I., 2015. *Povyshenie effektivnosti kapel'nogo orosheniya tomatov v Saratovskom Pravoberezh'e* [Improving the efficiency of drip irrigation of tomatoes in Saratov right coast region]. *Vestnik UMO* [Bull. of UMO], no. 7, pp. 163-166. (In Russian).

17. Borodychev V.V., Kuznetsov Yu.V., Dementiev A.V., 2007. *Vodopotreblenie to-*

matov pri kapel'nom oroshenii [Water consumption of tomatoes in drip irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 2(6), pp. 23-25. (In Russian).

18. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. UNESCO, 2021, 206 p.

19. Belyakova Yu.V., Beschetnova E.I., Ekimov S.V., 2009. *Proizvodstvo tomatov pri raznykh sposobakh orosheniya v usloviyakh Astrakhanskoy oblasti* [Production of tomatoes under different irrigation methods under the conditions of Astrakhan region]. *Geologiya, geografiya i global'naya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], no. 4(35), pp. 202-205. (In Russian).

20. Chalenko V.V., Orlov V.N., Olshannikov Yu.A., 2010. *Obrabotka pochvy i vozdeleyvanie tomata pri oroshenii* [Soil tillage and cultivation of tomato under irrigation]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 1(7), pp. 58-59. (In Russian).

21. Chamurliiev O.G., Sidorov A.N., Kholod A.A., Chamurliiev G.O., Bogomolova N.V., 2019. *Fertigatsiya tomata v otkrytom grunte* [Tomato fertigation in an open ground]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [News of RUDN. Series: Agronomy and Animal Industries], vol. 14, no. 4, pp. 347-361, DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-347-361. (In Russian).

22. Anishko M.Yu., Gubina L.V., Romenskaya O.N., 2021. *Produktivnost' tomata v otkrytom grunte v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Productivity of tomato in open ground in the conditions of the Northern Caspian Sea]. *Problemy razvitiya APK regiona* [Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex], no. 1(45), pp. 6-11, DOI: 10.52671/20790996_2021_1_6. (In Russian).

23. Men'shikh A.M., 2015. *Kapel'noe oroshenie kak element resursosberegayushchego ovoshchevodstva* [Drip irrigation as an element of resource-saving vegetable growing]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 15-16. (In Russian).

24. Kizyaev B.V., Borodychev V.V., 2016. *Effektivnost' mineral'nogo pitaniya ovoshchnykh kul'tur pri kapel'nom oroshenii* [Efficiency of mineral nutrition of vegetable crops under drip irrigation]. *Plodородие* [Fertility], no. 5, pp. 18-20. (In Russian).

25. Zotarelli L., Dukes M.D., Liu E.H., Simonne G.D., Agehara S., 2015. Principles and practices of irrigation management for vegetable. *Vegetable Production Handbook of Florida*. Univ. of Florida Inst. of Food and Agri. Sci., Gainesville, pp. 11-18.

26. Zvolinsky V.P., 2011. *Kapel'noe oroshenie: dostoinstva i problemy* [Drip irrigation: advantages and problems]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Machinery and Equipment for Rural Area], no. 9, pp. 12-14. (In Russian).

27. Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., 2012. *Effekt vodosberezheniya pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii ovoshchnykh kul'tur* [Effect of water saving under drip and intrasoil irrigation of vegetable crops]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 16-19. (In Russian).

28. Lebea T.J., Jovanovic N., Kena M., Ayisi K.K., Mushadu W.G., 2021. Response of tomato cultivars to irrigation management strategies employed by emerging farmers in the Greater Giyani Municipality. *South African Journal of Plant and Soil*, vol. 38, iss. 4, pp. 313-325, <https://doi.org/10.1080/02571862.2021.1913767>.

29. Petrov N.Yu., Kalmykova E.V., Ubushaeva S.V., Batyrov V.A., 2017. *Vliyanie agrotekhnicheskikh priemov na rost, razvitie i produktivnost tomata v usloviyakh Nizhnego Povolzhya* [The effect of agricultural practices on the growth, development and productivity of tomato under the conditions of the Lower Volga region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [News of the

Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 2(46), pp. 118-125. (In Russian).

30. Kalmykova E.V., Novikov A.A., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V., 2019. *Kompleksnye nauchnye issledovaniya resursosberegayushchikh priemov povysheniya produktivnosti tomata* [Complex scientific research of resource-saving methods for increasing tomato productivity]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [News of RUDN. Series: Agronomy and Animal Industries], vol. 14, no. 4, pp. 329-346, <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2019-14-4-329-346>. (In Russian).

31. Ayankojo I.T., Morgan K.T., Kadyampakeni D.M., Liu G.D., 2020. Tomato growth, yield, and root development, soil nitrogen and water distribution as affected by nitrogen and irrigation rates on a Florida sandy soil. *Hortscience*, no. 55(11), pp. 1744-1755, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15177-20>.

32. Ayankojo I.T., Morgan K.T., Ozores-Hampton M., Migliaccio K.W., 2018. Effects of real-time location-specific drip irrigation scheduling on water use, plant growth, nutrient accumulation, and yield of Florida fresh-market tomato. *Hortscience*, vol. 53, iss. 9, pp. 1372-1378, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13183-18>.

33. Ayankojo I.T., Morgan K.T., Mahmoud K., 2019. Evaluation of soil water and nitrogen distribution by site-specific irrigation scheduling method in tomato crop grown on sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 83, pp. 761-771, <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.07.0268>.

Информация об авторах

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

Ф. Г. Тагиров – директор филиала;

А. П. Тищенко – начальник отдела, доктор сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

F. G. Tagirov – Division Director;

A. P. Tishchenko – Head of the Department, Doctor of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.07.2022; одобрена после рецензирования 02.08.2022; принята к публикации 09.08.2022.

The article was submitted 05.07.2022; approved after reviewing 02.08.2022; accepted for publication 09.08.2022.