

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 631.67:635

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-39-54

Опыт водосбережения при поливах овощных культур открытого грунта

Ирина Владимировна Гурина¹, Анатолий Петрович Солодовников²,
Константин Евгеньевич Денисов³

¹Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

^{2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация

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

²solodovnikov-sgau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7056-6198>

³denisovke@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-8103>

Аннотация. Цель: на основании изучения и анализа научных источников обобщить опыт водосбережения и установить особенности современных режимов орошения овощных культур открытого грунта. **Обсуждение.** Томаты и огурцы – популярные овощные культуры. Основные районы их выращивания в стране – Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, где получение устойчивых урожаев невозможно без орошения. Требования овощных культур к влаге существенно возрастают в периоды цветения, завязывания и формирования плодов. Ее дефицит в эти периоды приводит к снижению урожайности и недобору продукции. В настоящее время практикуют как интенсивное орошение с поливами полными нормами, так и дифференцированное орошение, при котором поливы проводятся сокращенными поливными нормами, изменяют межполивные периоды и количество поливов. Анализ результатов исследований, посвященных вопросу возделывания томатов и огурцов на орошаемых землях, позволил установить, что при полном орошении, как правило, предполивные пороги увлажнения для этих культур поддерживаются не ниже 80 % наименьшей влагоемкости. При дифференцированных режимах водосбережение достигается уменьшением затрачиваемых объемов оросительной воды. При этом критериями дифференциации выступают предполивные пороги почвенной влажности, фазы роста и развития культур, глубины расчетного слоя почвы, величины поливных норм, суммарной эвапотранспирации. Недостатком дифференцированных режимов орошения является недобор продукции, который может достигать 14 % по сравнению с интенсивными режимами орошения. **Выводы.** Анализ опыта водосбережения при поливах овощных культур открытого грунта подтвердил эффективность дифференцированных режимов орошения. При таких режимах падение урожайности не столь значительно, однако отмечается наиболее эффективное использование оросительной воды и более высокое качество продукции. Повышению эффективности продукционного процесса овощных культур способствует сочетание оптимального водного режима почвы и системы удобрений.

Ключевые слова: томаты, огурцы, овощные культуры, водосбережение, орошение, технология орошения, способ полива, водосберегающий режим орошения

Для цитирования: Гурина И. В., Солодовников А. П., Денисов К. Е. Опыт водосбережения при поливах овощных культур открытого грунта // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 39–54. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-39-54>.



LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Water-saving experience during irrigation of vegetable crops of open ground

Irina V. Gurina¹, Anatoliy P. Solodovnikov², Konstantin E. Denisov³

¹Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

^{2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

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

²solodovnikov-sgau@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7056-6198>

³denisovke@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9222-8103>

Abstract. Purpose: on the basis of study and analysis of scientific sources to summarize the experience of water saving and to determine the features of modern irrigation regimes for vegetable crops in open ground. **Discussion.** Tomatoes and cucumbers are popular vegetable crops. The main areas of their cultivation in the country are the Southern and North Caucasian Federal Districts, where it is impossible to obtain yields without irrigation. The requirements of vegetable crops for moisture increase significantly during the periods of flowering, fruit setting and formation. Its deficiency during these periods leads to a decrease in productivity and a shortage of output. At present, both intensive irrigation with full irrigation rates and differential irrigation are practiced where irrigation is carried out with reduced irrigation rates and the inter-irrigation periods and the number of watering are changed. An analysis of the results of studies on tomato and cucumber cultivation on irrigated lands made it possible to determine that as a rule, under full irrigation, pre-irrigation soil moisture sill for these crops are maintained at least 80 % of the minimum moisture capacity. With differentiated regimes, water saving is achieved by reducing the amount of irrigation water used. In this case, the differentiation criteria are the pre-irrigation soil moisture sill, the phases of crop growth and development, the depth of the calculated soil layer, the magnitude of irrigation rates, and the total evapotranspiration. The disadvantage of differentiated irrigation regimes is the lack of production, which can reach 14 % compared to the intensive irrigation regimes. **Conclusions.** An analysis of the water-saving experience during irrigating vegetable crops in open ground confirmed the effectiveness of differentiated irrigation regimes. Under such regimes, the yield decrease is not so significant, however, the most efficient use of irrigation water and higher product quality are noted. The combination of the optimal soil water regime and fertilization system contributes to the increase in the efficiency of production process of vegetable crops.

Keywords: tomatoes, cucumbers, vegetables, water saving, irrigation, irrigation technology, irrigation method, water saving irrigation regime

For citation: Gurina I. V., Solodovnikov A. P., Denisov K. E. Water-saving experience during irrigation of vegetable crops of open ground. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):39–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-39-54>.

Введение. Здоровое питание невозможно без употребления свежих овощей. В соответствии с рекомендациями Министерства здравоохранения Российской Федерации ежегодная норма потребления овощей и бахчевых

культур на одного человека составляет 140 кг, в т. ч. 10 кг томатов и 10 кг огурцов [1]. ВОЗ рекомендуется включение не менее 400 г свежих овощей в ежедневный рацион [2]. Их положительное влияние на организм человека заключается в улучшении работы пищеварительного тракта и органов внутренней секреции, нервной системы, укреплении сердечной мышцы и сосудов, снижении содержания сахара в крови, повышении устойчивости к инфекционным заболеваниям [1, 3]. Анализ характера потребления овощей жителями России свидетельствует, что не во всех регионах страны выполнены рекомендованные нормы их потребления, это в основном связано с недостаточной обеспеченностью вследствие низких объемов выращивания [4].

Томаты и огурцы – популярные овощные культуры, которые востребованы в любой сезон года. В нашей стране их выращивают в закрытом и открытом грунте. Производство этих овощных культур в условиях тепличных комбинатов затратно, поэтому сельхозпроизводством востребованы ресурсосберегающие технологии выращивания в открытом грунте [5–11]. Основные районы возделывания томатов и огурцов в нашей стране сосредоточены на юге – это Южный и Северо-Кавказский федеральные округа, где для получения устойчивых урожаев овощных культур необходимо орошение [9–13].

Известно, что критическими периодами по отношению к влаге у томатов и огурцов являются цветение, завязывание и формирование плодов. Многие исследователи отмечают, что в эти периоды требования растений к водообеспеченности существенно возрастают [8, 14–17]. Восполнение дефицита естественной влагообеспеченности за счет поливов позволяет получать запланированную продуктивность овощных культур даже в засушливых регионах [18–22]. Условия для повышения эффективности отрасли овощеводства на мелиорированных землях создаются за счет внедрения ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих минимизацию

затрат и получение высоких стабильных урожаев высокого качества [7, 12, 17, 23–25]. Вышеизложенное предопределило цель наших исследований – на основании анализа литературных источников изучить опыт водосбережения и установить особенности современных режимов орошения овощных культур открытого грунта (томатов и огурцов) на мелиорированных землях.

Обсуждение. По мнению В. А. Кулыгина [26], при орошении овощных культур допустимо применение дифференцированных или интенсивных режимов орошения. При дифференцированном режиме предполивной порог влажности почвы поддерживается на уровне 70 % наименьшей влагоемкости (НВ) и ниже, его увеличивают до 80 % НВ только в критические фазы роста и развития растений. При таком подходе удастся достичь водосбережения за счет сокращения количества поливов и величин оросительных норм. Интенсивный режим заключается в поддержании в течение вегетации предполивного порога почвенной влажности на уровне 80 % НВ и более, что позволяет обеспечить наиболее благоприятные условия для развития возделываемых культур.

В условиях открытого грунта Волгоградской области было изучено влияние фертигации при капельном орошении на урожайность томатов сорта Подарочный. В течение вегетации предполивная влажность в слое почвы 0,5 м обеспечивалась на уровне 80 % НВ, для чего посадки поливались 34 раза суммарной нормой 4200 м³/га. Сочетание фертигации нитратом кальция и хлоридом калия, некорневых подкормок и режима капельного орошения 80 % НВ обеспечило выход с 1 га 99,4 т стандартных плодов томатов. При этом на 1 т продукции затратили 56,8 м³ оросительной воды, эффективность ее использования составила 176,2 кг/(га·мм) [27].

Под руководством профессора Е. А. Ходякова [28] были проведены многолетние исследования, посвященные разработке режимов орошения при разных способах полива, позволяющих вместе с внесением расчетных

доз минеральных удобрений получать запланированную продуктивность томатов открытого грунта. Проведенными исследованиями было установлено, что поддержание предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ обеспечивается проведением в острозасушливый год в среднем 27 поливов нормой 81 м³/га каждый. В малозасушливых условиях для этого необходимо поливать томаты 17 раз, что суммарно за период вегетации потребует подачи на 1 га 1377 м³ оросительной воды.

Дифференциация водного режима активного слоя почвы по порогу увлажнения существенно влияла на показатели режимов орошения. Так, для обеспечения предполивной влажности почвы 90 % НВ в период «посадка – начало плодообразования» в острозасушливый год было дано 28 поливов нормой 54 м³/га каждый, для поддержания предполивной влажности почвы на уровне 80 % в период «плодообразование – последний сбор» – 11 поливов по 81 м³/га каждый. При таком поливном режиме в течение вегетации общее количество поливов составило 39 шт., оросительная норма была равна 2403 м³/га. В малозасушливый год такой режим орошения обеспечивался в период «посадка – начало плодообразования» проведением 18 поливов по 54 м³/га каждый, в период «плодообразование – последний сбор» – семи поливов поливной нормой 81 м³/га каждый. Водный режим почвы 80-70 % НВ, аналогично дифференцированный по периодам развития томатов, в острозасушливый год обеспечивался 25 поливами суммарной нормой 2147 м³/га, в малозасушливый – 15 поливами с подачей суммарно 1296 м³/га. Дифференциация водного режима почвы 70-60 % НВ по тем же периодам роста и развития томатов потребовала в острозасушливый год проведения 19 поливов оросительной нормой 2058 м³/га, в малозасушливый – 10 поливов с подачей суммарно на 1 га 1136 м³ оросительной воды. Увеличение значений предполивного порога влажности почвы, дифференцированного по фазам роста и развития растений томатов, от 70-60 % НВ до 90-80 % НВ приводило к снижению вели-

чин поливных норм, при этом возрастали количество поливов за период вегетации и величина оросительной нормы [28].

На севере Астраханской области в многолетних полевых опытах учеными ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» были исследованы режимы орошения гибридных томатов 70-80-70 % НВ и 75-85-75 % НВ в расчетном слое почвы 0,5 м. Наиболее продуктивным оказался томат Жирдяй F1, который при поливном режиме 75-85-75 % НВ обеспечил более 180 т/га товарных плодов. Следует отметить, что наряду с капельными поливами на посевах поддерживался оптимальный уровень минерального питания за счет подкормок в течение вегетации дозой N_{180} кг д. в./га. В среднем за 3 года исследований суммарное водопотребление составило 5001 м³/га, в его структуре превалировала оросительная норма, равная 4560 м³/га [29].

В Республике Молдова изучались водосберегающие режимы орошения томатов сорта Примула в открытом грунте [30]. Водосбережение заключалось в снижении величин поливных норм на 30 %. В среднем за 3 года исследований при 11 поливах полными нормами с межполивными периодами 5 дней оросительная норма была максимальной – 2180 м³/га, при 15 поливах сокращенными нормами с межполивными периодами 3 дня оросительная норма была минимальной – 1400 м³/га. Наблюдения за динамикой влажности почвы позволили установить, что при поливах полными и сокращенными нормами влажность активного слоя была равна 80–100 % НВ, на богарном участке в отдельные периоды вегетации она снижалась до 40 % НВ. Авторы отмечают, что наиболее эффективно осадки и почвенная влага использовались растениями в вариантах с уменьшенными поливными нормами. При этом в вариантах с водосберегающими режимами орошения отмечался недобор продукции, который в среднем достигал 12–14 % [30].

В центре исследований и трансфера технологий Селеклека Универ-

ситета Аксум Эфиопии было исследовано влияние режимов орошения и минерального питания на урожайность томатов сорта Галиля. Изучались три варианта режимов орошения, выраженных в процентах от потенциальной эвапотранспирации (ET_c): 50; 75; 100 % ET_c . Поливы проводились системой капельного орошения. Для расчета поливных норм и количества поливов была использована рекомендованная FAO модель AquaCrop. Климатические данные импортировались в базу данных AquaCrop. Эвапотранспирация определялась методом Пенмана – Монтейта. Поливы проводились до достижения почвой предельной полевой влагоемкости. Расчетные величины оросительных норм составили: при 50 % ET_c – 290,65 мм, при 75 % ET_c – 435,97 мм, при 100 % ET_c – 581,3 мм. Наилучшие показатели роста и развития растений томата и его урожайности были отмечены при режиме орошения 75 % ET_c в сочетании с внесением минеральных удобрений нормой N_{92} кг д. в./га [31].

В Волгоградской области были проведены исследования, посвященные разработке ресурсосберегающей технологии возделывания огурца в открытом грунте при капельном орошении [14]. Водообеспеченность расчетного слоя почвы по вариантам опыта поддерживалась на уровне 70; 80; 90 % НВ, что потребовало от 22 до 70 поливов нормами 190; 115; 50 м³/га соответственно. Для получения дружных всходов во всех вариантах проводился предпосевной полив нормой 100 м³/га. Оросительная норма при разных уровнях водообеспеченности составляла: при 70 % НВ – 3100–3300 м³/га, при 80 % НВ – 2780–3400 м³/га, при 90 % НВ – 3260–4450 м³/га. Поддержание предполивного порога влажности почвы в расчетном слое не ниже 80 % НВ, а также внесение минеральных удобрений нормой $N_{165}P_{90}K_{70}$ кг д. в./га позволило получить запланированную урожайность 80 т/га гибридного огурца Маша F1 [14].

В условиях севера Астраханской области изучалась продуктивность сортов и гибридов огурца при капельном орошении. Режим капельного

орошения определялся гидротермическими условиями вегетационного периода и уровнями предполивной влажности почвы. От появления всходов до фазы «начало плодоношения» влажность почвы в слое 0,4 м обеспечивалась не менее 75 % НВ, далее до конца вегетационного периода – на уровне 80–85 % НВ. Для этого было проведено 39 поливов суммарной нормой 4470 м³/га. В процессе исследований определялся коэффициент водопотребления изучаемых сортов и гибридов огурца, который варьировал от 29,7 до 183,4 м³/т. Минимальный расход влаги на формирование 1 т плодов огурца наблюдался у сортов Пальчик (29,7 м³/т) и Феникс (35,9 м³/т), гибридов Маша F1 (30,9 м³/т) и Герман F1 (33,8 м³/т) [32].

В засушливых условиях Ростовской области рекомендуемый предполивной порог почвенной влажности на посевах огурца, по мнению Р. С. Масного и др. [8], должен поддерживаться не менее 80 % НВ. Оптимальные значения поливных норм должны находиться в пределах 150–600 м³/га. При их расчете допускается варьирование величины расчетного слоя почвы: от 0,4 м в начале вегетационного периода до 0,5 м в середине и конце вегетации. Получению устойчивой урожайности плодов высокого качества, наряду с орошением, способствует внесение удобрений [8].

В Турции на станции сельскохозяйственных исследований Университета Ататюрка исследовалось влияние различных режимов капельного орошения на продуктивность огурцов, возделываемых в открытом грунте [31]. Потребное количество оросительной воды рассчитывалось по уравнению общей эвапотранспирации. Исследовались три варианта режимов орошения: поливы полными нормами (100 % полного испарения) и поливы сниженными нормами (85 и 70 % полного испарения). За вегетационный период было дано 22 полива. Первые два полива во всех вариантах выполнялись полными нормами, последующие – в соответствии с принятой схемой опыта. Суммарная норма полива при орошении полными нормами составила 479,9 мм, в вариантах со снижением на 15 и 30 % – 404,5 и 330,3 мм

соответственно. Значения поливных норм по вариантам составили 21,8; 18,4 и 15,0 мм соответственно. Проведенные опыты показали, что растения огурца отзывчивы на орошение. Максимальная биологическая урожайность (64,1 т/га) была получена при поливах полными нормами, несколько ниже (54,6 т/га) она была при поливах сниженными на 15 % нормами, однако качество продукции в данном варианте было более высоким. В варианте 3 недобор продукции составил 21,4 т/га по сравнению с вариантом 1. Авторы рекомендуют поливы полными нормами при выращивании огурцов в полузасушливых районах для получения максимального урожая. Вместе с тем они отмечают, что в условиях дефицита оросительной воды возможно применение режима капельного орошения со снижением величин поливных норм на 15 % [33].

Выводы. Томаты и огурцы – востребованные в рационе здорового человека овощные культуры. Их производство в открытом грунте в нашей стране в основном сконцентрировано в южных регионах, где наблюдается острый дефицит водных ресурсов, в связи с чем необходимы водосберегающие технологии полива. Анализ результатов исследований, проведенных как в нашей стране, так и за рубежом, позволил установить, что данные овощные культуры особенно отзывчивы на орошение. Дефицит влаги, особенно в критические фазы развития растений, вызывает снижение урожайности и недобор овощной продукции.

При назначении режимов орошения в современной мелиоративной науке используют следующие методологические подходы: поливы полными нормами и так называемое дефицитное или дифференцированное орошение, при котором происходит секвестирование поливных норм, изменение межполивных периодов и количества поливов в течение вегетации.

Анализ многочисленных результатов научных исследований, посвященных вопросу возделывания томатов и огурцов на орошаемых землях, позволил установить, что при полном орошении, как правило, предполивные

пороги увлажнения для этих культур поддерживаются не ниже 80 % НВ. При дифференцированных режимах водосбережение достигается уменьшением затрачиваемых объемов оросительной воды. При этом критериями дифференциации могут выступать предполивные пороги почвенной влажности, фазы роста и развития культур, глубины активного (расчетного) слоя почвы, величины поливных норм, суммарной эвапотранспирации. К недостаткам применения дифференцированных режимов относят недобор продукции, который, по данным разных исследователей, может достигать 14 % по сравнению с орошением полными нормами.

Повышение эффективности продукционного процесса овощных культур достигается сочетанием оптимального водного режима почвы и системы удобрений.

Список источников

1. Чайковский А. Основные тренды обеспечения населения овощной продукцией // Наука и инновации. 2021. № 3(217). С. 51–56.
2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021 / FAO. Rome, 2021. 368 p. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.
3. Dorais M., Ehret D. L., Papadopoulos A. P. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: From the seed to the consumer // Phytochemistry Reviews. 2008. Vol. 7. P. 231–250. DOI: 10.1007/s11101-007-9085-x.
4. Бондарев Н. С., Бондарева Г. С., Хазиева Е. Е. Аналитическое исследование потребления овощей в регионах Российской Федерации // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 83–92. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83.
5. Эффективность комплексного применения удобрений и капельного орошения при выращивании томата в условиях Московской области / Д. И. Енгальчев, Н. А. Енгальчева, А. М. Меньших, С. С. Пастухова // Орошаемое земледелие. 2019. № 2. С. 15–16. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-4.
6. Чистякова Л. А., Бакланова О. В., Макарова Е. Л. Перспективные партенокарпические и пчелоопыляемые гибриды огурца для защищенного и открытого грунта // Известия ФНЦО. 2020. № 2. С. 97–103. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-97-103.
7. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Продуктивность гибридов огурцов при возделывании по ресурсосберегающей технологии в условиях капельного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 1–12.
8. Рекомендации по технологии возделывания овощных культур в открытом и закрытом грунтах для условий Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабищев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Д. П. Сидаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. 56 с.
9. 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.

10. Филиппова В. А. Перспективы развития овощеводства открытого грунта в России // Евразийское Научное Объединение. 2018. № 12-4(46). С. 279–280.
11. Орошение томатов открытого грунта: обзор ресурсосберегающих подходов / И. В. Гурина, А. Н. Бабичев, Ф. Г. Тагиров, А. П. Тищенко // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 176–192. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1300> (дата обращения: 03.03.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192.
12. 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>.
13. Увеличение продуктивности огурца в открытом грунте в почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья / А. Ф. Туманян, Кади Силла, Н. А. Щербакowa, А. Н. Бондаренко, А. А. Терехин // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. № 4(12). С. 305–311. DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-305-311.
14. Овчинников А. С., Акулинина М. А., Назарова Д. А. Минеральное питание и продуктивность гибридов огурца при возделывании в открытом грунте в условиях капельного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4(60). С. 14–27. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-01.
15. Водный режим томата при капельном орошении и дождевании в засушливой зоне Астраханской области / Л. П. Ионова, А. С. Бабакова, Р. А. Арсланова, Н. Д. Смашевский // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 5(47). С. 83–89.
16. Научные основы формирования продуктивности и качества томата: монография / Т. С. Астарханова, Е. Н. Пакина, М. Заргар, И. Р. Астарханов, Н. Г. Андреева. Махачкала, 2018. 136 с.
17. Инновационные технологии орошения овощных культур / А. Ю. Федосов, А. М. Меньших, М. И. Иванова, А. А. Рубцов. М.: Ким Л. А., 2021. 306 с.
18. 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.
19. 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.
20. Овчинников А. С., Акулинина М. А. Технология возделывания огурца при капельном орошении. Волгоград, 2019. 252 с.
21. Гурина И. В., Тищенко А. П. Орошение и удобрение в технологиях возделывания томатов открытого грунта // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 4. С. 246–264. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1324> (дата обращения: 03.03.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-246-264.
22. Ермакова Л. И. Биологическая урожайность огурцов при капельном способе полива в условиях Астраханской области // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых учен. Волгоград, 2015. С. 180–182.
23. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошении: учеб. пособие / А. Н. Бабичев, А. А. Бабенко, С. М. Васильев, Р. С. Масный. М.: Росинформгротех, 2021. 200 с.
24. Агротехника возделывания овощных культур в условиях орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Известия Нижне-

волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4(48). С. 10–16.

25. Юрченко И. Ф. Агротехнологии орошаемого землепользования при дождевании // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2018. № 4(28). С. 5.

26. Кулыгин В. А. Влияние разных режимов орошения на эффективность использования оросительной воды при возделывании овощных культур и картофеля // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. 2011. № 65. С. 339–348. URL: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/07.pdf> (дата обращения: 03.03.2023).

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

28. Ходяков Е. А. Особенности режима орошения овощных культур, выращиваемых на юге России // *Таврический вестник аграрной науки*. 2017. № 4(12). С. 122–132.

29. Определение оптимального режима орошения и уровня минерального питания гибридов томатов российской селекции в условиях севера Астраханской области / Н. В. Тютюма, А. П. Солодовников, Т. В. Мухортова, Н. И. Кудряшова // *Аграрный научный журнал*. 2017. № 8. С. 32–38.

30. Гуманюк А. В., Ботнар В. Ф., Градинар Д. Г. Регулирование водного и пищевого режимов при возделывании томата на капельном орошении // *Наука, техника и образование*. 2018. № 4(45). С. 57–62. DOI: 10.20861/2312-8267-2018-45-004.

31. Tesfay T., Berhane A., Gebremariam M. Optimizing irrigation water and nitrogen fertilizer levels for tomato production // *The Open Agriculture Journal*. 2019. Vol. 13. P. 198–206. DOI: 10.2174/1874331501913010198.

32. Мухортова Т. В., Рыбашлыкова Л. П., Кади Силла. Эффективность использования капельного орошения при выращивании огурца в зависимости от изучаемых сортов и гибридов // *Молодежь в науке – 2016: сб. материалов Междунар. конф. молодых учен.* Минск: Белорус. наука, 2017. Ч. 1. С. 232–238.

33. Sahin U., Kuslu Y., Kiziloglu F. M. Response of cucumbers to different irrigation regimes applied through drip-irrigation system // *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2015. 25(1). P. 198–205.

References

1. Tchaikovsky A., 2021. *Osnovnye trendy obespecheniya naseleniya ovoshchnoy produktsiei* [Main trends in providing the population with vegetable products]. *Nauka i innovatsii* [Science and Innovations], no. 3(217), pp. 51–56. (In Russian).

2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. FAO, Rome, 2021, 368 p., <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.

3. Dorais M., Ehret D.L., Papadopoulos A.P., 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) Health Components: From the Seed to the Consumer. *Phytochemistry Reviews*, vol. 7, pp. 231–250, DOI: 10.1007/s11101-007-9085-x.

4. Bondarev N.S., Bondareva G.S., Khazieva E.E., 2020. *Analiticheskoe issledovanie potrebleniya ovoshchey v regionakh Rossiyskoy Federatsii* [Analytical study of vegetable consumption in the regions of the Russian Federation]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of Agrarian Science], no. 3(84), pp. 83–92, DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83. (In Russian).

5. Engalychev D.I., Engalycheva N.A., Men'shikh A.M., Pastukhova S.S., 2019. *Effektivnost' kompleksnogo primeneniya udobreniy i kapel'nogo orosheniya pri vyrashchivani to-mata v usloviyakh Moskovskoy oblasti* [Efficiency of the complex application of fertilizers and drip irrigation when growing tomatoes in Moscow region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 15–16, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-2-4. (In Russian).

6. Chistyakova L.A., Baklanova O.V., Makarova E.L., 2020. *Perspektivnye partenokarpicheskie i pchelopolyayemye gibrity ogurtsa dlya zashchishchennogo i otkrytogo grunta* [Promising parthenocarpic and bee-pollinated cucumber hybrids for protected and open ground]. *Izvestiya FNTSO* [Bulletin of FNTSO], no. 2, pp. 97-103, DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-97-103. (In Russian).

7. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V., 2018. *Produktivnost' gibrity ogurcov pri vozdeleyvanii po resursosberegayushey tehnologii v usloviyakh kapel'nogo orosheniya* [Productivity of cucumber hybrids when cultivated using resource-saving technology under drip irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(51), pp. 1-12. (In Russian).

8. Masny R.S., Vasiliev S.M., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., Sidarenko D.P., Babenko A.A., 2021. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdeleyvaniya ovoshchnykh kul'tur v otkrytom i zakrytom gruntakh dlya usloviy Rostovskoy oblasti* [Recommendations on the Technology of Vegetable Crops Cultivation in Open and Closed Ground in Rostov Region]. Novocherkassk, RosNIIPM, 56 p. (In Russian).

9. 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* [The application of drip irrigation and mineral fertilizers in tomato cultivation in the Non-Chernozem zone]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 15-16. (In Russian).

10. Filippova V.A., 2018. *Perspektivy razvitiya ovoshchevodstva otkrytogo grunta v Rossii* [Prospects for the development of open ground vegetable growing in Russia]. *Evraziyskoe Nauchnoe Ob"edinenie* [Eurasian Scientific Association], no. 12-4(46), pp. 279-280. (In Russian).

11. Gurina I.V., Babichev A.N., Tagirov F.G., Tishchenko A.P., 2022. [Irrigation of tomatoes in open ground: overview of resource-saving approaches]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 176-192, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1300> [accessed 03.03.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-176-192. (In Russian).

12. 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 techniques for increasing tomato productivity]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [RUDN Journal of 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).

13. Tumanyan A.F., Kadi Silla, Shcherbakova N.A., Bondarenko A.N., Terekhin A.A., 2017. *Uvelichenie produktivnosti ogurtsa v otkrytom grunte v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Increase of cucumber productivity in open ground the Lower Volga region]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries], no. 4(12), pp. 305-311, DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-305-311. (In Russian).

14. Ovchinnikov A.S., Akulinina M.A., Nazarova D.A., 2020. *Mineral'noe pitanie i produktivnost' gibrity ogurtsa pri vozdeleyvanii v otkrytom grunte v usloviyakh kapel'nogo orosheniya* [Mineral nutrition and productivity of cucumber hybrids in cultivation in the open ground under drip irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(60), pp. 14-27, DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-01. (In Russian).

15. 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 oblas-*

ti [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).

16. Astarkhanova T.S., Pakina E.N., Zargar M., Astarkhanov I.R., Andreeva N.G., 2018. *Nauchnye osnovy formirovaniya produktivnosti i kachestva tomata: monografiya* [Scientific Basis for the Formation of Productivity and Quality of Tomato: monograph]. Makhachkala, 136 p. (In Russian).

17. Fedosov A.Yu., Men'shikh A.M., Ivanova M.I., Rubtsov A.A., 2021. *Innovatsionnye tekhnologii orosheniya ovoshchnykh kul'tur* [Innovative Technologies for Vegetable Crops Irrigation]. Moscow, Kim L.A. Publ., 306 p. (In Russian).

18. 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 in drip irrigation in the conditions of the Volga-Don interfluvium]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(49), pp. 161-167. (In Russian).

19. Anishko M.Yu., Gubina L.V., Romenskaya O.N., 2021. *Produktivnost' tomata v otkrytom grunte v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Productivity of tomatoes in the open ground in the conditions of the Northern Caspian region]. *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).

20. Ovchinnikov A.S., Akulinina M.A., 2019. *Tekhnologiya vozdel'yvaniya ogurtsa pri kapel'nom orosheni* [Technology of Cucumber Cultivation under Drip Irrigation]. Volgograd, 252 p. (In Russian).

21. Gurina I.V., Tishchenko A.P., 2022. [Irrigation and fertilization in open ground tomato cultivation technologies]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 4, pp. 246-264, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1324> [accessed 03.03.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-246-264. (In Russian).

22. Ermakova L.I., 2015. *Biologicheskaya urozhaynost' ogurtsov pri kapel'nom sposobe poliva v usloviyakh Astrakhanskoy oblasti* [Biological productivity of cucumbers at drip irrigation in Astrakhan region]. *Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnoy nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh* [Actual Issues of the Agrarian Science Development under Modern Economic Conditions: Proceedings of the IV International Scientific-Practical Conference of Young Scientists]. Volgograd, pp. 180-182. (In Russian).

23. 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 on Irrigation: textbook]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 200 p. (In Russian).

24. Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., 2017. *Agrotekhnika vozdel'yvaniya ovoshchnykh kul'tur v usloviyakh orosheniya* [Farming cultivation of vegetable crops under irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(48), pp. 10-16. (In Russian).

25. Yurchenko I.F., 2018. *Agrotekhnologii oroshayemogo zemlepol'zovaniya pri dozhdavanii* [Agrotechnologies of irrigated land use during sprinkling]. *Aekonomika: ekonomika i sel'skoye khozyaystvo* [Aeconomy: Economics and Agriculture], no. 4(28), p. 5. (In Russian).

26. Kulygin V.A., 2011. [Influence of different irrigation regimes on the efficiency of using irrigation water in the cultivation of vegetable crops and potatoes]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 65, pp. 339-348, available: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/07.pdf> [accessed 03.03.2023]. (In Russian).

27. 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* [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries], vol. 14, no. 4, pp. 347-361, DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-347-361. (In Russian).
28. Khodyakov E.A., 2017. *Osobennosti rezhima orosheniya ovoshchnykh kul'tur, vyrashchivaemykh na yuge Rossii* [Features of the irrigation regime of vegetable crops grown in the south of Russia]. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Tauride Herald of the Agrarian Sciences], no. 4(12), pp. 122-132. (In Russian).
29. Tyutyuma N.V., Solodovnikov A.P., Mukhortova T.V., Kudryashova N.I., 2017. *Opreделение optimal'nogo rezhima orosheniya i urovnya mineral'nogo pitaniya gibridov tomatov rossiyskoy selektsii v usloviyakh severa Astrakhanskoy oblasti* [Determination of the optimum irrigation mode and the level of mineral nutrition of tomato hybrids of Russian selection in the conditions of the north of Astrakhan region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [Agrarian Scientific Journal], no. 8, pp. 32-38. (In Russian).
30. Gumanyuk A.V., Botnar V.F., Gradinar D.G., 2018. *Regulirovanie vodnogo i pishchevogo rezhimov pri vozdeleyvanii tomata na kapel'nom oroshenii* [Regulation of water and food regimes in tomato cultivation on drip irrigation]. *Nauka, tekhnika i obrazovanie* [Science, Technology and Education], no. 4(45), pp. 57-62, DOI: 10.20861/2312-8267-2018-45-004. (In Russian).
31. Tesfay T., Berhane A., Gebremariam M., 2019. Optimizing irrigation water and nitrogen fertilizer levels for tomato production. *The Open Agriculture Journal*, vol. 13, pp. 198-206, DOI: 10.2174/1874331501913010198.
32. Mukhortova T.V., Rybashlykova L.P., Kadi Silla, 2017. *Effektivnost' ispol'zovaniya kapel'nogo orosheniya pri vyrashchivanii ogurtsa v zavisimosti ot izuchaemykh sortov i gibridov* [The effectiveness of the use of drip irrigation in the cultivation of cucumber, depending on the studied varieties and hybrids]. *Molodezh' v nauke – 2016: sb. materialov Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh* [Youth in Science - 2016: Proceedings of the International Conference of Young Scientists]. Minsk, Belarussian Nauka Publ., pt. 1, pp. 232-238. (In Russian).
33. Sahin U., Kuslu Y., Kiziloglu F.M., 2015. Response of cucumbers to different irrigation regimes applied through drip-irrigation system. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1), pp. 198-205.

Информация об авторах

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
А. П. Солодовников – профессор кафедры земледелия, мелиорации и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
К. Е. Денисов – профессор кафедры земледелия, мелиорации и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
A. P. Solodovnikov – Professor of the Chair of Agriculture, Reclamation and Agricultural Chemistry, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
K. E. Denisov – Professor of the Chair of Agriculture, Reclamation and Agricultural Chemistry, Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

*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 14.04.2023; одобрена после рецензирования 02.05.2023; принята к публикации 11.05.2023.

The article was submitted 14.04.2023; approved after reviewing 02.05.2023; accepted for publication 11.05.2023.