

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 635.64:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-246-264

Орошение и удобрение в технологиях возделывания томатов открытого грунта

Ирина Владимировна Гурина¹, Александр Павлович Тищенко²

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

²Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

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

²siriusat@mail.ru

Аннотация. **Цель:** изучение литературных источников и анализ влияния орошения и удобрения на продуктивность томатов на мелиорированных землях. **Обсуждение.** Томат – это однолетнее травянистое растение семейства пасленовых. В открытом грунте растения томата формируют мощную корневую систему, степень ее развития определяется плодородием почвы и уровнем ее влагообеспеченности. Такой элемент питания, как азот, необходим растениям для образования вегетативной массы, фосфор способствует развитию корневой системы, обеспечивает более раннее цветение и вызревание плодов, повышает их урожайность и качество, калий улучшает процессы фотосинтеза, повышает устойчивость растений. Внесение микроэлементов увеличивает продуктивность, повышает устойчивость к различным экологическим факторам. При улучшении водного режима почвы за счет поливов вынос растениями азота, фосфора и калия из почвы увеличивается. В настоящее время при возделывании томатов на мелиорированных землях применяют минеральную или органоминеральную системы питания, которые в сочетании с поливами, дифференцированными по фазам роста и развития растений, позволяют получать запланированную продуктивность. Современные научные исследования в данной области направлены на разработку и внедрение новых видов удобрений и способов их внесения, что совместно с оптимизацией водного режима позволяет повысить урожайность и качество продукции. **Выводы.** Многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, подтверждена эффективность внесения оптимальных норм удобрений и поддержания дифференцированного режима почвенной влажности. Внесение удобрений с поливной водой значительно повышает результативность их использования, увеличивает продуктивность и товарность томатов. Органоминеральное питание позволяет сократить расход минеральных удобрений, улучшает качество плодов. Перспективным приемом являются некорневые подкормки. Листовые обработки улучшают рост и развитие растений, увеличивают биомассу, повышают продуктивность и качество.

Ключевые слова: томаты, технология, орошение, удобрение, фертигация, листовые подкормки, система питания, водный режим почвы

Для цитирования: Гурина И. В., Тищенко А. П. Орошение и удобрение в технологиях возделывания томатов открытого грунта // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 246–264. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-246-264>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Irrigation and fertilization in open ground tomato cultivation technologies

Irina V. Gurina¹, Alexander P. Tishchenko²

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

²Crimean 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>

²siriusat@mail.ru

Abstract. Purpose: study of literary sources and analysis of the irrigation and fertilizer impact on tomato productivity on reclaimed lands. **Discussion.** Tomato is an annual herbaceous solanaceous plant. In the open ground, tomato plants form a powerful root system, the degree of its development is determined by soil fertility and the level of its moisture availability. Such a nutrient element as nitrogen is necessary for plants to form a vegetative mass, phosphorus promotes the root system development, provides earlier flowering and ripening of fruits and increases their yield and quality; potassium improves photosynthesis processes and increases plant resistance. The microelements application increases productivity and resistance to various environmental factors. With the improvement of soil water regime due to irrigation, the removal of nitrogen, phosphorus and potassium from the soil by plants increases. Currently, in tomato cultivation on reclaimed lands, a mineral or organo-mineral nutrition system is used, which, in combination with irrigation, differentiated by the phases of plant growth and development, makes it possible to obtain the planned productivity. Modern scientific research in this area is aimed at the development and implementation of new types of fertilizers and methods of their application, which, together with water regime optimization, can increase productivity and product quality. **Conclusions.** Numerous studies conducted in our country and abroad have confirmed the effectiveness of applying optimal fertilizer rates and maintaining a differentiated soil moisture regime. The fertilizer application with irrigation water significantly increases the efficiency of their use, increases the productivity and marketability of tomatoes. Organo-mineral nutrition allows reducing the consumption of mineral fertilizers and improves the quality of fruits. A promising technique is foliar applications. Foliar treatments improve plant growth and development, increase biomass, increase productivity and quality.

Keywords: tomatoes, technology, irrigation, fertilizer, fertigation, foliar application, nutrition system, soil water regime

For citation: Gurina I. V., Tishchenko A. P. Irrigation and fertilization in open ground tomato cultivation technologies. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4): 246–264. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-246-264>.

Введение. Томат – это однолетнее травянистое растение, принадлежит к семейству пасленовых. В условиях открытого грунта растения формируют мощную корневую систему, степень ее развития при рассадном и безрассадном способе выращивания определяется плодородием почвы и

уровнем ее влагообеспеченности. Глубина проникновения корневой системы может достигать 2,5 м. Особенностью является способность растения легко формировать на любой части стебля дополнительные корни. Стебель томата – травянистый, в процессе роста и развития он грубеет, покрыт железистыми волосками, выделяющими смолистое вещество желто-зеленого цвета. Растения могут быть разной высоты: выделяют детерминантные и индетерминантные сорта, которые различаются особенностями роста и развития вегетативных и генеративных органов. Среди детерминантных сортов, применяющихся в настоящее время, также выделяют супердетерминантные, детерминантные и полудетерминантные. Растения томата могут иметь обыкновенные и картофельные листья. При хорошей облиственности растения более устойчивы к неблагоприятным условиям, что особенно важно при их выращивании в открытом грунте. Соцветие представляет собой кистевидный завиток, простой, мало- или многосложный. Цветки в соцветии, как правило, располагаются очередно. В период цветения цветки раскрываются попарно, также попарно происходит созревание плодов томата. Цветки имеют желтую окраску, в форме сросшейся, обычно пятилопастной, чашечки. Венчик также сросшийся, число лепестков равно числу чашелистиков. Количество тычинок обычно составляет пять – восемь, но может достигать 16–18. Пестик один или несколько, оканчивается бугорчатым рыльцем, завязь верхняя. Плод томата – сочная двухгнездовая или многогнездная ягода разной формы – от плоской до цилиндрической, поверхность – от гладкой до сильно ребристой. Окраска незрелых плодов – от темно-зеленой до зеленовато-белесой, зрелых – от темно-красной до розовой и от фиолетово-коричневой до лимонной. Масса плода превышает 200 г у крупноплодных сортов и гибридов, 101–200 г – у крупных, 51–100 г – у средних, 21–50 г – у мелких, менее 20 г – у очень мелких [1, 2].

Томат является теплолюбивым растением, хорошо растет и разви-

вается при температурах воздуха плюс 22–25 °С. При понижении температуры воздуха днем до плюс 20 °С и ночью до плюс 14 °С длительность периода вегетации томата увеличивается на 40 дней. Температура воздуха плюс 15 °С прекращает цветение растений, при плюс 10 °С происходит остановка роста растений. Особенно пагубно на растения томата действуют заморозки: до минус 2 °С вызывает падение урожайности до 25 %, минус 3 °С – недобор урожайности может достигать 60 %, минус 4 °С – листья растений гибнут. При температурах воздуха более плюс 33 – плюс 35 °С и низкой его относительной влажности у многих сортов и гибридов томата прекращаются рост и развитие, процессы фотосинтеза, опадают цветки, отмечается стерильность пыльцы [1–5].

Растения томата требовательны к освещенности: недостаток света тормозит их развитие. Отрицательное воздействие при этом испытывает не только надземная часть растения, но и корневая система, которая при затенении развивается намного хуже. Затененность посевов томата открытого грунта вследствие их чрезмерной густоты и засоренности создает неблагоприятные условия для протекания процессов фотосинтеза, дополнение данного фактора высокими температурами воздуха вызывает резкое снижение роста растений, гибель всходов и, как следствие, недобор продуктивности и товарности [1–5].

Культуру томата относят к относительно засухоустойчивой, тем не менее недостаток почвенной влаги негативно влияет на рост и развитие сортов и гибридов, особенно в аридных зонах, в связи с чем большинство специалистов сходятся во мнении о целесообразности орошения и его положительном влиянии на увеличение производства товарных плодов [2–4, 6].

В процессе роста и развития растения томата формируют мощную, развитую корневую систему, предъявляют требования к структуре почвы и к почвенному питанию. Азот необходим для образования вегетативной массы, при его недостатке замедляется рост и плодоношение, снижается

товарная масса плодов, избыток этого элемента питания, напротив, приводит к нарастанию вегетативной массы, полеганию растений, снижает устойчивость к заболеваниям. Наибольшие требования к содержанию азота в почве растения томата предъявляют от начала роста до налива плодов. Томат очень требователен к содержанию в почве такого элемента питания, как фосфор, потому что он способствует развитию корневой системы, обеспечивает более раннее цветение и вызревание плодов, повышает их сахаристость и содержание сухого вещества, увеличивает урожайность томатов. Наибольшие требования к фосфорному питанию томат предъявляет в период от появления всходов до образования шестого листа. Потребность в калии у растений томата возникает от начала завязывания плодов и до конца созревания. Его недостаток негативно сказывается на фотосинтезе, образовании и накоплении сахаров в плодах, снижает устойчивость растений к негативным условиям внешней среды. Внесение микроэлементов при возделывании томатов увеличивает продуктивность, повышает устойчивость к различным экологическим факторам [1–7].

По данным М. С. Григорова, Ю. В. Кузнецова [8], при формировании 10 т плодов и вегетативной массы происходит вынос растениями 33,5–34,8 кг азота, 9,8–11,1 кг фосфора, 56,8–58,5 кг калия. Авторы отмечают, что в течение вегетации питательные вещества из почвы растениями потребляются неравномерно: в период цветения – 100 частей азота, 27–29 частей фосфора и 70–75 частей калия, в период плодообразования – на 100 частей азота 26–30 частей фосфора и 114–126 частей калия. При улучшении водного режима почвы за счет поливов и дифференцировании слоя увлажнения потребление растениями томата азота, фосфора и калия из почвы увеличивалось на 1,2–4,0 % на единицу продукции. Это положительно повлияло на качество плодов: увеличилось содержание сухих веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты и др. [8].

Многие исследователи относят орошение и удобрение к одним из ос-

новых элементов технологического процесса возделывания томатов, поскольку оптимальные водный и пищевой режимы почвы обеспечивают максимальную продуктивность этой овощной культуры [5, 8–14]. В связи с этим цель наших исследований состояла в изучении и анализе влияния сочетания основных урожаеформирующих факторов (орошения и удобрения) на продуктивность томатов, возделываемых на мелиорированных землях.

Обсуждение. Система удобрений – неотъемлемая часть комплекса технологических операций по возделыванию томатов в открытом грунте. Как известно, при формировании урожая происходит вынос питательных веществ из почвы, их дефицит устраняется внесением удобрений. С этой целью применяется система удобрений, которая должна обеспечить сбалансированное питание растений при формировании программируемого урожая, а также бездефицитный баланс элементов питания в почве [8, 15]. Система удобрений устанавливается на основе планируемой урожайности томатов, обеспеченности почвы элементами питания и ее гранулометрического состава, последствия ранее внесенных удобрений [16].

В современном овощеводстве на мелиорированных землях широко применяется минеральная система питания [5, 10, 17–20]. Совместное действие научно обоснованных режимов орошения и доз минеральных удобрений позволяет получать запланированную урожайность томатов.

Многолетними исследованиями на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья была подтверждена эффективность этих элементов технологического процесса возделывания томатов открытого грунта: поддержание почвенной влажности на уровне 75–65, 85–75 и 85 % наименьшей влагоемкости (НВ) при капельных поливах и внесение удобрений нормами $N_{130}P_{57}K_{65}$, $N_{150}P_{62}K_{75}$, $N_{170}P_{67}K_{85}$ кг д. в./га обеспечило от 70 до 90 т томатов с одного орошаемого гектара [18].

В Астраханской области была определена эффективность разных доз минеральных удобрений и капельного орошения с режимом 75-85-75 % НВ

в слое почвы 0,5 м при возделывании рассадных томатов отечественной селекции: Розовый лидер, Китайский розовый, Дикая роза, Малиновый гигант, Малиновый деликатес, Малиновый мясистый, Розовый мясистый и Райское наслаждение. Проведенными исследованиями было установлено, что внесение минеральных удобрений дозой $P_{90}K_{60}$ кг д. в./га и три подкормки $N_{60+60+60}$ кг д. в./га, а также орошение позволили всем изучаемым сортам проявить свой биологический потенциал. Высокую урожайность среди раннеспелых сортов показал Малиновый гигант, три подкормки по N_{60} кг д. в./га обеспечили 182,4 т плодов с 1 га, что более чем на 14 % превысило показатели контроля без удобрений. При двукратных подкормках N_{60} кг д. в./га биологическая урожайность этого сорта была ниже – 167,7 т/га. Лидером по урожайности оказался среднеспелый сорт Розовый мясистый: 190,0 т/га при $N_{60+60+60}$ кг д. в./га и 179,0 т/га в варианте N_{60+60} кг д. в./га. Эти сорта имели и самые низкие значения коэффициента водопотребления – 28,7 и 30,4 м³/т соответственно, что подтверждает их более высокую генетическую способность к эффективному использованию влаги [5].

Учеными ФГБНУ «Дагестанский НИИСХ им. Ф. Г. Кисриева» исследована продуктивность раннеспелого гибрида томата Хайнз 1100 F₁ при безрассадном способе возделывания в зависимости от доз вносимых удобрений и режима капельного орошения. Однократное основное внесение минеральных удобрений $N_{180}P_{135}K_{60}$ кг д. в./га в сочетании с водным режимом 75–80 % НВ позволило получить с каждого гектара 95,4 т плодов высокого качества с содержанием: сухого вещества – до 7,01 %, сахара – до 3,8 %, витамина С – до 18,46 мг% [19].

В Ставропольском крае наибольшая прибавка урожайности гибридных томатов Лоджейн F₁, Линда F₁ и Санрайз F₁ открытого грунта была установлена при внесении $N_{150}P_{150}K_{180}$ кг д. в./га: превышение над контрольным вариантом опыта без удобрений достигало 2,6–7,7 т/га. Наибо-

лее отзывчивым на орошение и удобрение оказался гибрид Линда F₁: с 1 га было получено 85,5 т плодов [20].

Современные системы орошения позволяют вносить удобрения с поливной водой, что значительно повышает результативность их использования, увеличивает выход товарной продукции, улучшает внешний вид выращенных плодов. Эффективность фертигации томатов, возделываемых при капельных поливах, подтверждена исследованиями Н. В. Тютюмы и др. [10]. На опытном участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» было исследовано влияние фертигации аммиачной селитрой, нитратом кальция и нитратом кальция с хлоридом аммония на урожайность гибридного томата Катенька, выращиваемого рассадным способом. Проведение подкормок в виде фертигации не только позволило сократить производственные затраты, но и увеличило урожайность томатов: в среднем за 2016–2020 гг. по вариантам она варьировала от 76,4 до 83,0 т/га. Проведенные исследования позволили рекомендовать сельскохозяйственному производству эффективный элемент технологии возделывания томатов открытого грунта в виде фертигации нитратом кальция до фазы цветения – образования плодов, нитратом кальция и хлоридом аммония начиная с фазы цветения – образования плодов (75 % N из нитрата кальция и 25 % N из хлорида аммония) [10].

Система удобрения рассадных томатов, возделываемых в Астраханской области на капельном поливе, предусматривала внесение фосфорно-калийных удобрений под вторую культивацию и подкормки аммиачной селитрой с поливной водой в фазах цветения и плодообразования. Внесение подкормок увеличило продолжительность вегетации на 3–7 сут за счет удлинения межфазных периодов плодообразования – молочной спелости, бланжевой – полной спелости. В варианте опыта P₉₀K₆₀ + N₁₈₀ кг д. в./га (три подкормки) продуктивность была максимальной: у гибридов F₁ Купчиха – 262,7 т/га, Подарок женщине – 257,8 т/га, Жирдяй – 257,3 т/га [12].

В Волгоградской области изучалось влияние системы удобрения то-

матов открытого грунта, включающей внесение 500 кг д. в./га диаммофоски в качестве основного удобрения, 200 кг д. в./га аммофоски под предпосевную культивацию в качестве ранневесеннего удобрения, опрыскивание карбамидом дозой 2–4 кг д. в./га в фазе листообразования совместно с внесением инсектицидов, а также фертигацию системой капельного орошения ортофосфорной кислотой 2–6 кг д. в./га в первой половине вегетации и сульфатом калия до 400 кг д. в./га во второй половине вегетации, а также режимов капельного орошения (умеренного с поддержанием предполивного порога влажности почвы на уровне 70-70-70 % НВ и дифференцированного с поддержанием 70-80-70 % НВ) на продуктивность томатов шести сортов и гибридов. Многолетними исследованиями было установлено, что наилучшие показатели продуктивности у всех изучаемых сортов и гибридов томата (Волгоградец, Торбей, Султан, Таня, Флорида и Монты) отмечались при дифференцированном орошении 70-80-70 % НВ и внесении расчетных доз удобрений. Наиболее высокая урожайность 178,52 т/га была получена у гибрида Флорида, тогда как урожайность сорта Волгоградец, принятого за стандарт, составила 87,63 т/га [9].

Для увеличения продуктивности томатов открытого грунта эффективна фертигация водорастворимыми удобрениями. В условиях Московской области фертигация позволила получить 56 т/га плодов гибридного томата Донской F₁, возделываемого рассадным способом. Влажность почвы на посадках поддерживалась капельными поливами не ниже 70 % НВ, в фазе формирования плодов – 80 % НВ. Товарность плодов была высокой – более 94 %. Проведенный анализ качества выращенных по такой технологии томатов показал, что содержание нитратов не превысило ПДК [21].

Многолетними полевыми исследованиями, проведенными в течение 2011–2016 гг. в Городищенском районе Волгоградской области, подтверждена целесообразность включения в технологию возделывания томатов на мелиорированных землях внесения полного минерального удобрения

$N_{285}P_{115}K_{145}$ кг д. в./га, водорастворимого удобрения «Растворин» и обработки регулятором роста «Энергия-М» при дифференцированном по фазам роста и развития культуры режиме капельного орошения (в фазе всходов – цветения – 70 % НВ, цветения – плодообразования – 80 % НВ, плодоношения – полной спелости – 75 % НВ). Урожайность томатов сорта Волгоградский 5/95 составила 130 т/га, гибрида Фоккер F_1 – 151,4 т/га, сорта Геркулес – 160,2 т/га при высоких показателях их качества. Содержание нитратов в выращенной продукции соответствовало ПДК [22].

Применение органоминеральной системы удобрения в сочетании с дождеванием положительно влияло на продуктивность томатов открытого грунта. По данным В. И. Филина, М. И. Кривошеина, В. В. Филина [11], наибольший выход плодов гибрида Санрайз F_1 (84,7 т/га), выращиваемого в рассадной культуре, в среднем за годы исследований был зафиксирован в варианте, где основное внесение включало 3 т/га органических удобрений и $N_{65}P_{60}K_{60}$ кг д. в./га, а также три подкормки N_{50} кг д. в./га каждая. Несомненным достоинством органоминеральной системы является экономия минеральных удобрений за счет уменьшения доз их внесения (азотных – до трети, фосфорных и калийных – наполовину) [11].

В Ростовской области применение $N_{120}P_{90}K_{60}$ кг д. в./га и 60–70 т/га полуперепревшего навоза в сочетании с поливами, дифференцированными по фазам роста и развития томатов (60–65 % НВ от посева до начала цветения, 80 % – от фазы цветения до фазы плодообразования, 65 % – во время созревания), позволяет получать экологически безопасную овощную продукцию. Внесение азотных удобрений или суперфосфатов, комплексных удобрений или сульфата калия проводят под основную обработку почвы, перед и при посеве, а также подкормками в течение вегетации [16].

В Азербайджане изучались органическая и органоминеральная системы удобрения томатов сорта Титан [23]. В результате трехлетних полевых исследований на серо-коричневых (каштановых) орошаемых почвах

Гянджа-Казахской зоны установлено, что внесение 30 т/га навоза позволило получить в среднем 52 т плодов с гектара, внесение 15 т/га навоза и $N_{75}P_{37,5}K_{90}$ кг д. в./га – 53,6 т/га. При этом отмечается, что органоминеральная система удобрения положительно повлияла на качество продукции: содержание сухого вещества в томатах составило 8,1 % (при органической системе – 7,8 %), общего сахара – 4,3 % (против 4,1 % при внесении только навоза), кислотность – 0,34 % (при органической системе – 0,35 %), содержание витамина С и нитратов – 24,0 мг% и 87,2 мг/кг соответственно (при внесении навоза – 23,0 мг% и 80,0 мг/кг).

В Зимбабве в течение 2015–2017 гг. исследовалось влияние различных удобрений на урожайность томатов [24]. Полевым опытом предусматривалось внесение навоза КРС, козьего навоза и куриного помета с минеральными удобрениями и без них. Было установлено, что внесение навоза КРС и коз в сочетании с минеральными удобрениями способствовало увеличению урожайности томатов на 36,9 и 37,1 % соответственно по сравнению с вариантами, где вносили только минеральные удобрения. Улучшенный питательный режим положительно повлиял на рост и развитие не только растений томатов, но и сорняков: их биомасса в вариантах опыта, где вносились органические и минеральные удобрения, увеличилась на 65,4–95,4 %, в связи с чем авторы рекомендуют при повышении уровня плодородия почвы усиливать меры борьбы с сорной растительностью на полях [24].

Учеными факультета растениеводства и животноводства Улудагского университета (Bursa Uludağ University) (Турция) было изучено влияние минеральных и органических удобрений на урожайность и качество плодов гибрида Heinz 1015 F₁. В полевом опыте было заложено несколько вариантов: с внесением минеральных удобрений ($N_{75}P_{80}K_{50}$ кг д. в./га до посадки и N_{75} кг д. в./га в стадии мелкоплодия), навоза КРС, овечьего навоза, птичьего помета, биогумуса и леонардита. Органические удобрения вно-

сились за три недели до высадки рассады нормой 30 т/га. Контрольным был принят вариант без удобрений. Поливы проводили системой капельного орошения. Самая высокая урожайность томатов и наилучшее их качество были зафиксированы в варианте с минеральным питанием. Внесение органических удобрений также положительно повлияло на анализируемые показатели по сравнению с контролем. Авторы отмечают, что наилучшие показатели качества плодов (содержание ликопина, каротиноидов и витамина С) отмечались в вариантах с внесением птичьего помета, плоды с делянок, где вносили леонардит, отличались более высокой кислотностью. Полученные результаты позволили сделать вывод о целесообразности применения минеральных удобрений при выращивании томатов, поскольку они обеспечивают высокую продуктивность при наименьших затратах, однако внесение органических удобрений позволило повысить качество выращенной продукции [25].

Актуальной тенденцией современного овощеводства на мелиорированных землях является разработка и внедрение новых видов удобрений и способов их внесения, что совместно с оптимизацией водного режима посевов позволяет повысить урожайность и качество овощной продукции за счет управления процессами роста и развития растений и повышения их устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды. Листовое питание экономит до 30 % удобрений и до 150 % пестицидов [26–30].

В Институте орошаемого земледелия НАН Украины в 2016–2018 гг. было исследовано влияние минеральных и органических удобрений, а также листовых подкормок на продуктивность томатов сортов Легинь и Юбилейный при капельных поливах. Наименьшие показатели отмечались в вариантах без удобрений, максимальные значения – при совместном внесении минеральных, органических удобрений и листовых подкормках [27].

На опытно-производственном участке ФГБНУ «ФНЦ риса» в Краснодарском крае была изучена эффективность комплексных удобрений при

возделывании рассадного томата сорта Рокер на капельном орошении [28]. Основное внесение удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг д. в./га проводили перед высадкой рассады. Схемой опыта предусматривались варианты без обработок и с листовыми опрыскиваниями Бион-Интеллект «Томат» 0,1 л/га (6 раз по фазам роста и развития), а также Зеромикс 3000 ppm 0,3 л/га + Маджестик 0,15 л/га (3 раза). В результате в вариантах с обработками было зафиксировано улучшение ростовых процессов, увеличение биомассы, повышение продуктивности до 15–26 %. Листовые обработки томатов комплексными удобрениями привели к повышению в плодах общего сахара до 1,84–2,38 %, аскорбиновой кислоты – до 29,11–34,34 мг/100 г [28].

Исследованиями ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» было оценено влияние листовых подкормок томата сорта Катенька с фертигацией аммиачной селитрой при капельном орошении. Вариант с листовой подкормкой $N_{20}P_{20}K_{20}$ + микроэлементы в фазе активного роста и еще одной $N_{12}P_6K_{36}$ + Mg + S + микроэлементы в фазе цветения – плодообразования позволил в среднем за 4 года исследований получить 92,4 т/га плодов, что на 16 т/га превысило показатели варианта без листовых подкормок [29].

В Египте в Шубра-эль-Хейма на сельскохозяйственном факультете Университета Айн-Шамс в течение двух вегетационных периодов исследовалось влияние листовых обработок на рост, развитие, продуктивность и качество плодов рассадных томатов [30]. Обработки проводили препаратом Amino Suam (в концентрациях 0, 1000 и 2000 ppm), раствором микро-нутриентов (0, 500 и 1000 частей на миллион) и их комбинациями трехкратно с интервалом 15 дней начиная с 30-го дня после высадки рассады с Tween 20 в качестве поверхностно-активного вещества. По результатам исследования были сделаны выводы, что некорневые подкормки положительно влияют на вегетативный рост и развитие растений, увеличивают урожайность и повышают качество плодов, особенно при комбинированных обработках [30].

Выводы. Анализ биологических особенностей культуры томата и требований к условиям произрастания показал, что в процессе роста и развития растения предъявляют повышенные требования к почвенному питанию и почвенной влаге, их оптимальное сочетание позволяет достичь запланированной продуктивности данной культуры. В связи с этим, по мнению многих специалистов, орошение и удобрение занимают ведущее место в технологиях возделывания томатов открытого грунта. В современном овощеводстве открытого грунта широко применяются минеральная и органоминеральная системы удобрений. Многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, подтверждена эффективность внесения оптимальных норм удобрений и поддержания режима почвенной влажности томатов, дифференцированного по фазам их роста и развития. Внесение удобрений с поливной водой (фертигация) значительно повышает результативность их использования, увеличивает продуктивность и товарность томатов. Использование органоминерального питания в технологиях возделывания томатов позволяет сократить расход минеральных удобрений, улучшает качество плодов. Перспективным приемом являются некорневые подкормки. Листовые обработки улучшают рост и развитие растений, увеличивают биомассу, повышают продуктивность и качество.

Список источников

1. 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.
2. Грушанин А. И., Есаулова Л. В., Бут Н. Н. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани: рекомендации / под общ. ред. С. В. Гаркуши. Краснодар, 2016. 37 с.
3. Приемы повышения продуктивности томата и картофеля в Поволжье / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, В. Б. Нарушев, Т. И. Хоришко // Фермер. Поволжье. 2019. № 5(82). С. 58–61.
4. Posada L. *Solanum Lycopersicum*: a monograph. 2016. 34 p.
5. Мухортова Т. В., Мягкова Е. Г., Петров Е. Н. Биологический потенциал крупноплодных томатов салатного использования // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 85–92.
6. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Джамбулатова А. З. Режим орошения томатов при капельном орошении в равнинной зоне Дагестана // Фундаментальная наука

и технологии – перспективные разработки: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 94–97.

7. General aspects of tomato culture and phosphate fertilization: a systematic review / O. P. L. Sobrinho, L. N. S. dos Santos, F. A. L. Soares, F. N. Cunha, V. M. Vidal, M. B. Teixeira // *Communicata Scientiae*. 2022. Vol. 13. e3369. <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3369>.

8. Григоров М. С., Кузнецов Ю. В. Оптимизация агротехнических приемов выращивания томатов для безопасного питания // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2007. № 3(7). С. 14–19.

9. Зволинский В. П., Ионова Л. П., Шершнева А. А. Влияние условий минерального питания на урожайность культуры томат в условиях Нижнего Поволжья // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 4(28). С. 3–5.

10. Тютюма Н. В., Плескачев Ю. Н., Анишко М. Ю. Фертигация томатов при капельном орошении в условиях Северного Прикаспия // *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2021. № 1. С. 12–15. DOI: 10.32935/2221-7312-2021-47-1-12-15.

11. Филин В. И., Кривошеин М. И., Филин В. В. Эффективность различных систем удобрения томата Санрайз F1 на каштановых почвах при орошении дождеванием // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2010. № 2(18). С. 70–77.

12. Повышение урожайности томатов, перца сладкого и баклажанов при капельном орошении за счет регулирования минерального питания / А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма, Н. А. Щербакова, Н. И. Кудряшова // *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2016. № 3. С. 11–17.

13. 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.

14. Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands / M. A. Badr, S. D. Abou Hussein, W. A. El-Tohamy, N. Gruda // *Gesunde Pflanzen*. 2010. № 62. P. 11–19. <https://doi.org/10.1007/s10343-010-0219-5>.

15. Сорокина О. А., Белоусова Е. Н. Система применения удобрений: учеб. пособие. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2020. 132 с.

16. 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.

17. Anishko Yu. M., Ovchinnikov A. S., Vilkova Zh. A. The system of mineral nutrition of tomatoes in the Astrakhan region // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 843. 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012017>.

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

19. 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.

20. Влияние минеральных удобрений на урожайность гибридов томата в условиях открытого грунта Ставропольской возвышенности / Т. С. Айсанов, М. В. Селиванова, Е. С. Романенко, Е. А. Сосюра, А. Ф. Нуднова, Н. А. Есаулко // *Эффективное растениеводство*. 2017. № 4. С. 50–51.

21. Эффективность комплексного применения удобрений и капельного ороше-

ния 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.

22. Калмыкова Е. В. Водообеспеченность – определяющий фактор эффективного развития культуры томат // Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 42–45. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-2-9.

23. Гаджиева Р. Т. Влияние удобрений на урожайность и качество плодов томата в Гяндже-Казахской зоне Азербайджана // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П. А. Костычева. 2018. № 1(37). С. 5–8.

24. Organic soil amendments: implications on fresh tomato (*Solanum Lycopersicum*) yield, weed density and biomass / J. Chipomho, L. Mtali-Chafadza, B. P. Masuka, I. Chabata, C. Chipomho, B. Msindo // Journal of Animal & Plant Sciences. 2018. Vol. 28, iss. 3. P. 845–853.

25. Turhan A., Özmen N. Effects of chemical and organic fertilizer treatments on yield and quality traits of industrial tomato // Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. 2021. № 18(2). P. 213–221. <https://doi.org/10.33462/jotaf.741367>.

26. Лукьяненко Е. А. Листовая подкормка – важность некорневого питания в формировании урожая [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastanii/zrast/listovaja-podkormka-vazhnost-nekornevogo-pitanija-v-formirovanii-urozhaja.html> (дата обращения: 13.07.2022).

27. Погорелова В. А. Урожайность плодов и семян томата при капельном орошении в южной степи Украины // Земледелие и селекция в Беларуси. 2019. № 55. С. 212–219.

28. Чижилов В. Н., Козлова И. В. Эффективность некорневой подкормки комплексными удобрениями на посадках томата // Рисоводство. 2021. № 5(21). С. 90–94. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-51-2-90-94.

29. Тютюма Н. В., Плескачев Ю. Н., Анишко М. Ю. Эффективность листовых подкормок томатов при возделывании в условиях Северного Прикаспия // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2021. № 1(47). С. 3–6. DOI: 10.32935/2221-7312-2021-47-1-3-6.

30. Physiological and biochemical responses of tomato plant to amino acids and micronutrients foliar application / B. B. M. Salim, Y. A. M. Salama, M. S. Hikal, A. Abou El-Yazied, H. G. Abd El-Gawad // Egyptian Journal of Botany. 2021. Vol. 61, № 3. P. 837–848. DOI: 10.21608/ejbo.2021.54992.1600.

References

1. 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 Tomato Productivity and Quality: monograph]. Makhachkala, 136 p. (In Russian).

2. Grushanin A.I., Esaulova L.V., But N.N., 2016. *Tekhnologiya vyrashchivaniya tomata v otkrytom grunte na Kubani: rekomendatsii* [Technology of Growing Tomatoes in Open Ground in the Kuban: recommendations]. Krasnodar, 37 p. (In Russian).

3. Petrov N.Yu., Kalmykova E.V., Narushev V.B., Khorishko T.I., 2019. *Priemy povysheniya produktivnosti tomata i kartofelya v Povolzh'e* [Methods for increasing the productivity of tomato and potatoes in Volga region]. *Fermer. Povolzh'e* [Farmer. Volga Region], no. 5(82), pp. 58-61. (In Russian).

4. Posada L., 2016. *Solanum Lycopersicum: a monograph*. 34 p.

5. Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Petrov E.N., 2018. *Biologicheskii potentsial krupnoplodnykh tomatov salatnogo ispol'zovaniya* [Biological potential of large-fruited tomatoes for salad use]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], no. 5, pp. 85-92. (In Russian).

6. Kurbanov S.A., Magomedova D.S., Dzhambulatova A.Z., 2018. *Rezhim orosheniya tomatov pri kapel'nom oroshenii v ravninnoy zone Dagestana* [Tomato irrigation regime with drip irrigation in the flat zone of Dagestan]. *Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki: materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fundamental Science and Technology - Promising Developments: Proc. of the XVI International Scientific-Practical Conference], pp. 94-97. (In Russian).

7. Sobrinho O.P.L., dos Santos L.N.S., Soares F.A.L., Cunha F.N., Vidal V.M., Teixeira M.B., 2022. General aspects of tomato culture and phosphate fertilization: a systematic review. *Communicata Scientiae*, vol. 13, e3369, <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3369>.

8. Grigorov M.S., Kuznetsov Yu.V., 2007. *Optimizatsiya agrotekhnicheskikh priemov vyrashchivaniya tomatov dlya bezopasnogo pitaniya* [Optimization of agrotechnical methods of growing tomatoes for safe nutrition]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(7), pp. 14-19. (In Russian).

9. Zvolinsky V.P., Ionova L.P., Shershnev A.A., 2012. *Vliyanie usloviy mineral'nogo pitaniya na urozhaynost' kul'tury tomat v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Influence of mineral nutrition conditions on the productivity of tomato crops in the conditions of the Lower Volga region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 4(28), pp. 3-5. (In Russian).

10. Tyutyuma N.V., Pleskachev Yu.N., Anishko M.Yu., 2021. *Fertigatsiya tomatov pri kapel'nom oroshenii v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Fertigation of tomatoes under drip irrigation in the conditions of the Northern Caspian]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK* [Theoretical and Applied Problems of APK], no. 1, pp. 12-15, DOI: 10.32935/2221-7312-2021-47-1-12-15. (In Russian).

11. Filin V.I., Krivoshein M.I., Filin V.V., 2010. *Effektivnost' razlichnykh sistem udobreniya tomata Sanrayz F1 na kashtanovykh pochvakh pri oroshenii dozhdevaniem* [Tomatoes Sunrise F1 various fertilizing systems efficiency on chestnut soils under sprinkling]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(18), pp. 70-77. (In Russian).

12. Tumanyan A.F., Tyutyuma N.V., Shcherbakova N.A., Kudryashova N.I., 2016. *Povyshenie urozhaynosti tomatov, pertsy sladkogo i baklazhanov pri kapel'nom oroshenii za schet regulirovaniya mineral'nogo pitaniya* [Regulation of mineral nutrition of tomato, sweet pepper and egg plants brings higher yields under drip irrigation]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK* [Theoretical and Applied Studies. Problems of Agro-Industrial Complex], no. 3, pp. 11-17. (In Russian).

13. Anishko M.Yu., Gubina L.V., Romenskaya O.N., 2021. *Produktivnost' tomata v otkrytom grunte v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Productivity of tomato in the open ground under 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).

14. Badr M.A., Abou Hussein S.D., El-Tohamy W.A., Gruda N., 2010. Nutrient uptake and yield of tomato under various methods of fertilizer application and levels of fertigation in arid lands. *Gesunde Pflanzen*, no. 62, pp. 11-19, <https://doi.org/10.1007/s10343-010-0219-5>.

15. Sorokina O.A., Belousova E.N., 2020. *Sistema primeneniya udobreniy: uchebnoe posobie* [Fertilizer Application System: textbook]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Agrarian University, 132 p. (In Russian).

16. 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 vozdel'yvaniya ovoshch-*

nykh kul'tur v otkrytom i zakrytom gruntakh dlya usloviy Rostovskoy oblasti [Recommendations on Vegetable Crops Cultivation Technology in Open and Closed Ground in Rostov Region]. Novocherkassk, RosNIIPM, 56 p. (In Russian).

17. Anishko Yu.M., Ovchinnikov A.S., Vilkova Zh.A., 2021. The system of mineral nutrition of tomatoes in Astrakhan region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 843, 012017, <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012017>.

18. Hodyakov 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]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* [Tauride Herald of the Agrarian Sciences], no. 4(12), pp. 122-132. (In Russian).

19. 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 for tomato plants under drip irrigation in open field conditions]. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], no. 1(34), pp. 46-49. (In Russian).

20. Aisanov T.S., Selivanova M.V., Romanenko E.S., Sosyura E.A., Nudnova A.F., Esaulko N.A., 2017. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' gibridov tomata v usloviyakh otkrytogo grunta Stavropol'skoy vozvyshennosti* [Impact of mineral fertilizers on tomato hybrids yield in open ground conditions of Stavropol Upland]. *Effektivnoe rasstseniyevodstvo* [Effective Crop Production], no. 4, pp. 50-51. (In Russian).

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

22. Kalmykova E.V., 2020. *Vodoobespechennost' – opredelyayushchiy faktor effektivnogo razvitiya kul'tury tomat* [Water availability is a determining factor in the effective development of tomato culture]. *Oroshayemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 2, pp. 42-45, DOI: 10.35809/2618-8279-2020-2-9. (In Russian).

23. Gadzhieva R.T., 2018. *Vliyanie udobreniy na urozhaynost' i kachestvo plodov tomata v Gyandzhe-Kazakhskoy zone Azerbaydzhana* [Effect of fertilizers on productivity and quality of tomato in Ganja-Kazakh zone of Azerbaijan]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva* [Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev], no. 1(37), pp. 5-8. (In Russian).

24. Chipomho J., Mtali-Chafadza L., Masuka B.P., Chabata I., Chipomho C., Msindo B., 2018. Organic soil amendments: implications on fresh tomato (*Solanum Lycopersicum*) yield, weed density and biomass. *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 28, iss. 3, pp. 845-853.

25. Turhan A., Özmen N., 2021. Effects of chemical and organic fertilizer treatments on yield and quality traits of industrial tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, no. 18(2), pp. 213-221, <https://doi.org/10.33462/jotaf.741367>.

26. Lukyanenko E.A. *Listovaya podkormka – vazhnost' nekornevoy pitaniya v formirovani urozhaya* [Foliar feeding - the importance of foliar nutrition in crop formation], available: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/listovaya-podkormka-vazhnost-nekornevoy-pitanija-v-formirovani-urozhaja.html> [accessed 13.07.2022]. (In Russian).

27. Pogorelova V.A., 2019. *Urozhaynost' plodov i semyan tomata pri kapel'nom oroshenii v yuzhnoy stepi Ukrainy* [Yield of tomato fruits and seeds under drip irrigation in the southern steppe of Ukraine]. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* [Agriculture and Selection in Belarus], no. 55, pp. 212-219. (In Russian).

28. Chizhikov V.N., Kozlova I.V., 2021. *Effektivnost' nekornevoy podkormki kompleksnymi udobreniyami na posadkakh tomata* [Efficiency of foliar application with complex

fertilizers on tomato plantations]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 5(21), pp. 90-94, DOI: 10.33775/1684-2464-2021-51-2-90-94. (In Russian).

29. Tyutyuma N.V., Pleskachev Yu.N., Anishko M.Yu., 2021. *Effektivnost' listovykh podkormok tomatov pri vozdeleyvanii v usloviyakh Severnogo Prikaspiya* [Effectiveness of tomato foliar application in cultivation in the Northern Caspian region]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK* [Theoretical and Applied Problems of Agro-Industry], no. 1(47), pp. 3-6, DOI: 10.32935/2221-7312-2021-47-1-3-6. (In Russian).

30. Salim B.B.M., Salama Y.A.M., Hikal M.S., Abou El-Yazied A., Abd El-Gawad H.G., 2021. Physiological and biochemical responses of tomato plant to amino acids and micro-nutrients foliar application. *Egyptian Journal of Botany*, vol. 61, no. 3, pp. 837-848, DOI: 10.21608/ejbo.2021.54992.1600.

Информация об авторах

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
А. П. Тищенко – начальник отдела, доктор сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
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 23.08.2022; одобрена после рецензирования 22.09.2022;
принята к публикации 26.09.2022.*

The article was submitted 23.08.2022; approved after reviewing 22.09.2022; accepted for publication 26.09.2022.