Оригинальные статьи / Original articles

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-71-75
УДК 635.64:631.544.4:631.674

Влияние способов полива на водный режим тепличного томата

Г.М. Мустафаев, А.А. Магомедова, С.М. Мурсалов, А.Ч. Сапукова, М.М. Халиков

ФГБОУ ВО Дагестанский государственный аграрный университет
ул. М. Гаджиева, 180, г. Махачкала, 367032, Россия
g-mmustafaev@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в написании статьи. Мустафаев Г.М. – 40%, Магомедова А.А. – 15%, Мурсалов С.М. – 15%, Сапукова А.Ч. – 15%, Халиков М.М. – 15%.

Для цитирования: Мустафаев Г.М., Магомедова А.А., Мурсалов С.М., Сапукова А.Ч., Халиков М.М. Влияние способов полива на водный режим тепличного томата. *Овощи России.* 2021;(2):71-75. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-71-75

Поступила в редакцию: 30.11.2020
Принята к печати: 10.03.2021
Опубликована: 25.04.2021

Резюме

Актуальность. Водный режим является одним из основных процессов в жизни растения, оптимизируя который можно повысить урожайность возделываемых культур. Этому может способствовать совершенствование существующих поливных систем и разработка новых способов водообеспечения растений. В условиях защищенного грунта потребность растений в воде удовлетворяется исключительно за счет полива. Томат очень требователен к влажности почвы, также как и к влажности воздуха. В теплицах для повышения относительной влажности воздуха и борьбы с перегревом воздуха и растений успешно применяются установки для испарительного охлаждения и увлажнения растений, которые особенно эффективны при капельном орошении. Сочетание капельного полива с испарительным охлаждением дает возможность управления водным режимом почвенной и воздушной среды обитания растений.

Материал и методика. Цель исследований: выявление наиболее оптимального способа водообеспечения тепличного томата. Исследования проводили в 2018-2019 годах в тепличном комплексе «Югагрохолдинг», расположенного в пригороде города Махачкалы. Объектом исследований был гибрид томата Мей шуай. Опыты включали три варианта: дождевание, капельный полив и капельный полив с испарительным охлаждением.

Результаты. Представлена сравнительная характеристика способов полива по урожайности, результаты которой свидетельствуют о преимуществе второго и третьего вариантов над дождеванием: наибольшая урожайность получена в третьем варианте и составила 14,7 кг/м^2. Выявлены лучшие способы водообеспечения, обеспечивающие оптимальный водный режим тепличного томата – капельный полив и капельный полив в сочетании с испарительным охлаждением, последний является лучшим по большинству показателей.

Ключевые слова: томат, способы полива, площадь листа, фотосинтез, температура листа, урожайность, водопотребление

The influence of irrigation methods on the water regime and productivity of greenhouse tomatoes

Gadzhimagomed M. Mustafaev, Asiyat A. Magomedova, Sergei M. Mursalov, Asil Ch. Sapukova, Mehti M. Khalikov

Dagestan State Agro-Technological University
180, M. Gadzhiev str., Makhachkala, 367032, Russia

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors carried out statistical data processing and article writing. Mustafaev G.M. – 40%, Magomedova A.A. – 15%, Mursalov S.M. – 15%, Sapukova A.Ch. – 15%, Khalikov M.M. – 15%.

For citations: Mustafaev G.M., Magomedova A.A., Mursalov S.M., Sapukova A.Ch., Khalikov M.M. The influence of irrigation methods on the water regime and productivity of greenhouse tomatoes. *Vegetable crops of Russia.* 2021;(2):71-75. (In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-71-75

Received: 30.11.2020
Accepted for publication: 10.03.2021
Accepted: 25.04.2021

Abstract

Relevance. The water regime is one of the main processes in the life of the plant, optimizing which can increase the yield of cultivated crops. In protected ground conditions, the plants' water needs are met exclusively by irrigation. Irrigation is the most important means of increasing the yield of greenhouse crops, including tomato. Greenhouse tomatoes are very demanding on soil moisture, as well as on air humidity. To combat overheating of the air and plants, and to increase the relative humidity of the air in greenhouses, plants for evaporative cooling and humidification of plants are successfully used, which are especially effective in drip irrigation. The combination of drip irrigation with evaporative cooling makes it possible to control the water regime of the soil and air habitat of plants.

Materials and Methods. The purpose of the research: to identify the most optimal method of water supply for greenhouse tomatoes. The research was conducted in 2018-2019 in the greenhouse complex "Yugagroholding", located in the suburbs of the city of Makhachkala. The object of research was a hybrid of tomato Mei shuai. The experiments included three options: sprinkling, drip irrigation, and drip irrigation with evaporative cooling.

Results. The comparative characteristics of irrigation methods by yield are presented, the results of which indicate the advantage of the second and third options over sprinkling: the highest yield was obtained in the third option and amounted to 14.7 kg/m^2. The best methods of water supply that ensure the optimal water regime of greenhouse tomatoes are identified-drip irrigation and drip irrigation in combination with evaporative cooling, the latter is the best in most indicators.

Keywords: tomato, irrigation methods, leaf area, photosynthesis, leaf temperature, crop, water consumption

Введение

Вода является одним из незаменимых факторов жизни растений, при активном участии которой протекают все жизненные процессы. В тесной связи с обеспеченностью водой растений находятся ростовые процессы [1]. Поэтому растения должны быть обеспечены водой бесперебойно. Все большее распространение в защищенном грунте для водообеспечения растений получают системы капельного орошения взамен устаревающего дождевального оборудования, которые позволяют экономить до 50% поливной воды по сравнению с поливом по бороздам и до 17-20% – по сравнению с дождеванием [2,3,4]. Основная масса воды расходуется из почвы на транспирацию и испаряется с поверхности почвы. Лишь незначительная часть ее (0,2%) усваивается растениями [5]. В дневные часы растение расходует воды в 10-15 раз больше, чем ночью.

Суточное потребление воды зависит от возраста растения, природных условий (температуры, влажности почвы и воздуха, солнечной радиации), биологических особенностей растений и составляет 1,5-2 л.

Величина транспирационного коэффициента томата изменяется в широких пределах в зависимости от сорта, урожайности, условий культуры и может колебаться от 120 до 900, что исключает возможность использования этого показателя для классификации растений по группам.

Поглощение воды растениями главным образом определяется разностью между дефицитом влажности воздуха и давлением в растении и в почве. Требовательность томата к влаге и потребление воды изменяется по фазам роста.

Томат плохо переносит длительное переувлажнение. Повышение влажности почвы от оптимального значения приводит к уменьшению урожайности и ухудшению качества плодов. При поливе дождеванием растения подвергаются стрессу вследствие переувлажнения растений сразу после полива, когда влажность почвы достигает 100% НВ, постепенно понижаясь до оптимальных значений. Точно также повышается и относительная влажность воздуха (ОВВ), что ведет к поражению растений грибными заболеваниями, в частности, серой гнилью. При капельном же орошении этого не происходит, так как вода подается к корневой системе каплями и в зависимости от величины поливной нормы может распределяться равномерно в несколько приемов в течение дня, исключая тем самым водный стресс. Помимо этого, при капельном поливе ОВВ поддерживается на уровне, близком к оптимальным значениям для томата.

Водный режим определяет интенсивность фотосинтеза и транспирацию растения. Дневная депрессия фотосинтеза связана именно с расстройством водного баланса растений из-за перегревов листьев и снижения транспирации. При несоответствии между приходом и расходом воды с нарушением баланса происходит уменьшение степени открывания устьиц, а это приводит в первую очередь к снижению интенсивности фотосинтеза. При уменьшении степени открытия устьиц от 8 до 0,5 мкм интенсивность фотосинтеза сокращается в 5 раз. Такое явление часто происходит в теплицах, где наблюдается послеполуденный спад фотосинтеза из-за появления водного дефицита листьев растений. Применение испарительного охлаждения позволяет снизить температуру листьев, тем самым уменьшить дефицит воды и повысить интенсивность фотосинтеза, что ведет к увеличению урожая.

Цель исследований: выявление наиболее оптимального способа водообеспечения тепличного томата.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2018-2019 годах в тепличном комплексе «Югагрохолдинг», расположенном в пригороде Махачкалы. Объектом исследований был гибрид томата Мей шуай.

Изучали три способа полива томата в зимне-весеннем обороте:

1. Дождевание (контроль);
2. Капельный полив;
3. Капельный полив + испарительное охлаждение.

Варианты опыта были отгорожены полиэтиленовой пленкой.

Площадь учетной делянки – 11,2 м^2. Число растений на делянке – 28. Повторность – четырехкратная.

Вегетационный период томатов условно подразделяли на три периода и соответственно поддерживали влажность грунта:

1 – от начала цветения до начала завязывания первых плодов – 70-80% НВ;

2 – от начала завязывания плодов до начала созревания – 75-85% НВ;

3 – от начала созревания до конца вегетации – 80-90% НВ.

Рассада была готова к высадке через 50-55 дней. В этом возрасте она имела 8-10 листьев и сформированную цветочную кисть. Высаживали рассаду на постоянное место в начале января. Схема посадки однострочная. Площадь питания растений 100х40 см. На 1 м^2 площади размещали по 2,5 растения. Для предохранения корневой шейки от почвенной инфекции кубик заглубляли на ¾ высоты. Полив проводили системой капельного орошения и дождевания автоматически по заданной программе. Нормы полива рассчитывали в зависимости от величины солнечной радиации, физических свойств грунта и стадии развития растений. Система испарительного охлаждения работала в автоматическом режиме в зависимости от интенсивности солнечного излучения. В весенние месяцы февраль-март, когда плотность теплового потока достигла 600-650 Вт/м^2, включение установки производилось при накоплении дозы солнечной радиации равной 70 Дж/см^2, а в мае, июне, июле с повышением плотности от 650 до 1200 Вт/м^2, доза солнечной радиации, при которой происходил распыл воды, снижалась до 40 Дж/см^2. Порог включения равнялся 1,68 Дж/см^2/мин. Экспозиция распыла составляла 10-12 секунд.

Все органические удобрения вносили только перед обработкой грунтов. Растения подкармливали минеральными удобрениями через систему полива, соответственно агрохимическим анализам грунта. Подкормка растений проводилась одновременно с поливом, путем подачи маточного раствора в поливную магистраль из растворного узла с помощью насоса.

В опытах проводили следующие наблюдения и анализы:

- фенологические и биометрические соответственно «Методическим рекомендациям по проведению опы-

тов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта» [6];

- интенсивность фотосинтеза – по изменению содержания углерода в листьях растений [7];
- состояние устьиц – методом отпечатков (по Полаччи) [7];
- площадь ассимиляционной поверхности – гравиметрическим методом [8];
- интенсивность транспирации – весовым методом [8];
- учет урожая – поделяночно;
- математическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного анализа [9];

Качество урожая оценивали по содержанию [7,8,10]:

- сахаров (по Бертрану);
- сухих веществ (высушиванием до постоянной массы);
- аскорбиновой кислоты (по Мурри);
- общей кислотности (титрованием);
- нитратов (дисульфофеноловой кислотой)

Результаты и обсуждение

Исследование фенологических фаз развития растений томата (начало и массовое цветение, начало и массовое завязывание плодов по кистям, начало и массовое созревание) позволило установить, что способы полива практически не влияют на сроки прохождения фенологических фаз. Вначале проводился учет всех перечисленных выше фенологических фаз. После того, как выяснилось, что различия в развитии растений по вариантам почти не наблюдаются, впоследствии нами было отмечено только начало созревания и массового сбора плодов.

Биометрические наблюдения показали, что высота растений во всех вариантах практически одинаковая, диаметр стебля был несколько больше при дождевании. Количество листьев на растении было практически одинаковым во всех вариантах, однако площадь ассимиляционной поверхности при капельном поливе и капельном поливе с испарительным охлаждением, начиная с апреля месяца и до конца вегетации, была больше на 7-14%, чем при дождевании (Рис.1). Площадь листьев и число располагаемых на них устьиц находятся в прямой зависимости между собой, что существенно влияет на водный режим растений.

Объем поглощаемой растением воды определяется интенсивностью транспирации, которая зависела от относительной влажности и температуры воздуха. В наших исследованиях температура воздуха в дневное время во всех вариантах опыта примерно одинаковая, в то время как уровни ОВВ имели существенные различия. Как известно, транспирация при одной и той же температуре больше при низкой влажности воздуха, чем при высокой. Поэтому наибольшая интенсивность транспирации наблюдалась при капельном поливе, где ОВВ всегда ниже, чем при дождевании (табл.1).

Наибольшую площадь устьиц на поверхности имели листья томата при капельном орошении (3,2%) за счет большего количества их на единице площади (200), наименьшую площадь и количество устьиц – при поливе дождеванием (соответственно 2,8% и 147) (табл. 1). Более высокий дефицит влаги в воздухе при капельном поливе способствовал значительному увеличению числа устьиц. Это позволяло растениям быстрее приспосабливаться к изменяющимся условиям среды, чем при пониженном их числе. В солнечный день, когда плотность теплового потока составляла 650-1000 вт/м^2, и температура листа достигала величин больше 32°С, степень открытия устьиц наибольшей была в первом варианте и размер устьичной щели составлял в среднем 20 мкм, во втором варианте – 16 мкм и в третьем - 18 мкм. Но несмотря на это, наивысшая интенсивность фотосинтеза была в варианте капельного полива с испарительным охлаждением – 38 мг/дм^2·час (табл.1).

При поливе дождеванием и капельном орошении, интенсивность фотосинтеза была почти одинаковой (соответственно 30 и 31 мг/дм^2·час). Между интенсивностью фотосинтеза и степенью открытия устьиц существует тесная взаимосвязь.

В зависимости от интенсивности транспирации в растении создается больший или меньший дефицит воды. Дефицит воды в растении находится в непосредственной зависимости от интенсивности солнечной радиации.

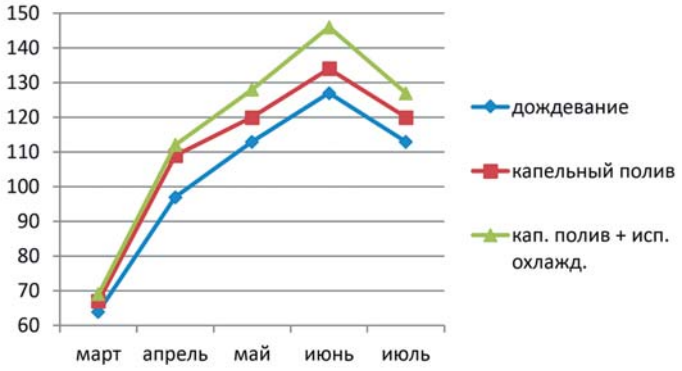

Рис. 1. Влияние способов полива на динамику листовой поверхности растений томата (дм^2/растение)

Таблица 1. Влияние способов полива на интенсивность транспирации и фотосинтеза растений, на число и площадь устьичных отверстий листа томата

Вариант	Интенсивность транспирации, г/дм^2 · час	Интенсивность фотосинтеза, мг/дм^2 листа. час	Среднее число устьиц на 1 мм^2 поверхности листа, шт	Площадь устьичных отверстий от общей поверхности листа, %
Дождевание	1,0	30	147	2,8
Капельный полив	1,3	31	200	3,2
Капельный полив + испарительное охлаждение	0,9	38	166	2,9

Таблица 2. Влияние способов полива на урожайность томата

Вариант	Общая урожайность товарных плодов, кг/м²	% к контролю	в т.ч. стандартных, кг/м2	% к общей урожайности	масса плода, г	% к контролю
Дождевание	12,5	100	11,8	94,4	76,8	100
Капельный полив	13,6	108,8	13,0	95,6	87,0	113,3
Капельный полив + испарительное охлаждение	14,7	117,6	14,2	96,6	89,6	116,7
$НСР_{05}$	0,9		1,0			

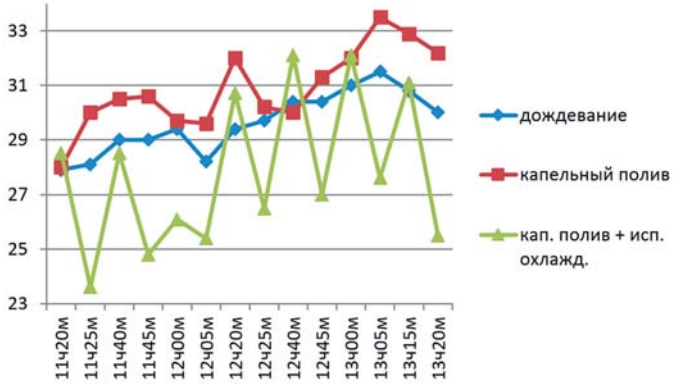

Рис. 2. Влияние способов полива на динамику температуры листа томата (°С)

С увеличением плотности теплового потока увеличивается и дефицит влаги независимо от способа орошения. Максимальный дефицит наблюдается в листьях верхнего яруса при капельном поливе, т.е. в этом случае наибольший дефицит влаги в воздухе и больше интенсивность транспирации. В варианте с дождеванием за счет более высокой ОВВ эти показатели имеют более низкие значения, соответственно снижается и дефицит влаги в листьях. Испарительное охлаждение, включаясь в жаркую погоду через каждые 10-15 минут, снимало перегрев листьев верхнего яруса. Если снижается температура листа, то снижается и дефицит влаги, т.к. растение на охлаждение листовой поверхности тратит уже меньшее количество воды.

Известно, что температура листа зависит от расхода тепла, а расход тепла, в свою очередь, от условий водоснабжения и испарения растений, поэтому при испарительном охлаждении (систематическое смачивание листьев) происходит снижение температуры листа. В наших исследованиях замерялась температура листьев верхнего яруса, где наблюдался наибольший перегрев в летнее время. Данные по регистрации температуры листьев позволили выяснить, что она находится в непосредственной связи со способами полива и интенсивностью солнечной радиации. Общеизвестно, что с увеличением плотности солнечной радиации увеличивается температура воздуха в теплице, а вместе с ней и температура выращиваемых растений.

При поливе дождеванием температура ассимиляционной поверхности ниже, чем при капельном орошении за счет меньшего дефицита влаги в листьях. Испарительное охлаждение, снимает перегрев листьев верхнего яруса за счет испарения капельножидкой влаги с листовой поверхности, а как известно, на испарение 1 г воды расходуется более 500 калорий энергии. Этим объясняется более низкая температура листьев в третьем варианте. Испарительное охлаждение снижает температуру листьев в среднем на 4-6°С, а в дни, когда открыты фрамуги и градиент лист–воздух больше 10°С, то снижающий эффект испарительного охлаждения достигает 8-10°С (рис.2).

Приведенный выше материал позволяет нам сделать вывод, что наиболее оптимальный водный режим для растений томата в теплицах обеспечивает капельный полив в сочетании с испарительным охлаждением.

Анализ данных урожайности показал, что наибольший урожай получен в третьем варианте, в среднем 14,7 кг/м² (табл. 2), что на 18% больше, чем при дождевании и на 9% больше, чем при капельном поливе.

Структура урожая также показывает, что капельный полив с испарительным охлаждением эффективнее других способов водообеспечения растений томата – процент стандартных плодов по вариантам: I – 94,1%, II – 95,6%, III – 96,6%; средняя масса плода в третьем варианте на 17% больше, чем при дождевании.

Здесь прослеживается общая закономерность – капельный полив и испарительное охлаждение дают существенную прибавку урожая.

Данные биохимического анализа плодов свидетельствуют о том, что капельный полив способствует повышению содержания сухого вещества в плодах (табл.3).

Наибольший процент сухого вещества содержится в плодах, выращенных при капельном поливе в сочетании с испарительным охлаждением (7,35%), в то время

Таблица 3. Влияние способов полива на биохимический состав плодов томата

Вариант	Сухое вещество, %	Сахар, %	Общая кислотность, %	Витамин С, мг %	Нитраты, мг/кг сырого вещества
Дождевание	4,75	3,62	0,254	11,2	18
Капельный полив	5,35	4,43	0,238	13,1	19
Капельный полив + испарительное охлаждение	7,35	5,75	0,179	9,3	18
$НСР_{05}$	1,1	0,9	0,026	1,5	1,3

Таблица 4. Коэффициент водопотребления томата при различных способах полива (при расчете не учтена вода, использованная на испарительное охлаждение)

Вариант	Оросительная норма, л/м²	Коэффициент водопотребления, л/кг урожая
Дождевание	459,7	36,8
Капельный полив	413,0	30,4
Капельный полив + испарительное охлаждение	334,0	22,7

как при дождевании этот показатель составляет 4,75%.

В третьем варианте на фоне повышенного содержания сахаров (5,75%) наблюдается наиболее низкая общая кислотность (0,179%). Больше всего витамина С накапливается в варианте с капельным поливом (13,1 мг %). Плоды в третьем варианте по этому показателю уступают остальным вариантам и содержат всего 9,3% витамина С. Нитратов чуть больше во втором варианте, но это не существенно.

Данные по урожайности и оросительным нормам показывают, что коэффициент водопотребления томата в значительной мере зависит от способов полива (табл. 4).

Наименьший коэффициент водопотребления – в варианте капельного полива с испарительным охлаждением, наибольший – в варианте с дождеванием. При всех способах полива коэффициент водопотребления уменьшается с повышением интенсивности солнечной радиации. При этом увеличивается водопотребление, но подаваемая вода используется растениями более продуктивно и рационально. Экономия воды при капельном поливе достигает 27% относительно дождевания.

Заключение

Таким образом, наиболее эффективным способом создания оптимального водного режима растений томата в теплицах является капельный полив в сочетании с испарительным охлаждением. Капельный полив с испарительным охлаждением влияет на физиологические процессы, уменьшая дефицит воды в листьях, снижает избыточную транспирацию, влияет на увеличение среднего числа устьиц, что приводит к увеличению интенсивности фотосинтеза на 21%. Также снижается температура листа в среднем на 4-6°С. В результате влияния на водный режим томатов капельного полива с испарительным охлаждением повышается урожай по сравнению с контролем более чем на 17%.

Об авторах:
Гаджимагомед Мустафаевич Мустафаев – доцент кафедры плодоовощеводства, виноградарства и ландшафтной архитектуры, gmmustafaev@mail.ru
Асият Амирбековна Магомедова – доцент кафедры плодоовощеводства, виноградарства и ландшафтной архитектуры
Сергей Мажидинович Мурсалов – доцент кафедры плодоовощеводства, виноградарства и ландшафтной архитектуры
Асиль Чораевна Сапукова – доцент кафедры плодоовощеводства, виноградарства и ландшафтной архитектуры
Мехти Магомедзакирович Халиков – ассистент кафедры плодоовощеводства, виноградарства и ландшафтной архитектуры

About the authors:
Gadzhimagomed M. Mustafaev – Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, viticulture and landscape architecture, gmmustafaev@mail.ru
Asiyat A. Magomedova – Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, viticulture and landscape architecture
Sergei M. Mursalov – Associate Professor of the Department of fruit and vegetable growing, viticulture and landscape architecture
Asil Ch. Sapukova – associate Professor, of the Department of fruit and vegetable growing, viticulture and landscape architecture
Mehti M. Khalikov – post-graduate student of the Department of fruit and vegetable growing, viticulture and landscape architecture

• Литература

1. Мустафаев Г.М. Влияние капельного полива на экологию почв Дагестана. Современные проблемы химии и нефтехимии: наука, образование, производство, экология: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2008. С.214-217.
2. Ильхамов Н.М., Асадов Ш.И. Режим водосберегающего способа орошения на культуре томата и сладкого перца. *Овощеводство и тепличное хозяйство.* 2019;(2):66-68.
3. Халиков М.М., Мустафаев Г.М., Казбеков Б.И. Влияние способов полива на водно-физические свойства тепличного грунта и распределение в нем влаги и элементов минерального питания. *Овощеводство и тепличное хозяйство.* 2018;3(164):32-35.
4. Курбанов С.А., Магомедова Д.С., Ибрагимов А.К. Капельное орошение – фактор интенсификации продуктивности томатов. *Мелиорация и водное хозяйство.* 2014;(2):33-35.
5. Белик В.Ф., Советкина В.Е., Дерюжкин В.П. Овощеводство. М.: Колос, 1981. 383 с.
6. Методические рекомендации по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта. Под ред. С.Ф. Ващенко. М.: Изд. ВАСХНИЛ, 1976. 108 с.
7. Практикум по физиологии растений. Под ред. И.И. Гунара. М.: Колос, 1972. 168 с.
8. Методика физиологических исследований в овощеводстве и бахчеводстве. Под ред. В.Ф. Белика. Москва, 1970. 210 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е. М.: Альянс, 2011. 350 с.
10. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград: Колос. Ленингр. отделение, 1972. 456 с.

• References

1. Mustafaev G.M. Influence of drip irrigation on the ecology of soils in Dagestan. Modern problems of chemistry and petrochemistry: science, education, production, ecology: materials of the all-Russian scientific and practical conference. Makhachkala, 2008. P.214-217. (In Russ.)
2. Ilkhamov N.M., Asadov Sh.I. Regime of water-saving method of irrigation on tomato and sweet pepper culture. *Vegetable growing and greenhouse farming.* 2019;(2):66-68. (In Russ.)
3. Khalikov M.M., Mustafaev G.M., Kazbekov B.I. Influence of irrigation methods on water-physical properties of greenhouse soil and distribution of moisture and mineral nutrition elements in it. *Vegetable growing and greenhouse farming.* 2018;3(164):32-35. (In Russ.)
4. Kurbanov S.A., Magomedova D.S., Ibragimov A.K. Drip irrigation — a factor of tomato productivity intensification. *Melioration and water management.* 2014;(2):33-35. (In Russ.)
5. Belik V.F., Sovetkina V.E., Deryuzhkin V P. Olericulture. M.: Kolos, 1981. 383 p. (In Russ.)
6. Guidelines for conducting experiments with vegetable crops in protected ground structures. Edited by S. F. Vashchenko. M.: VASHNIL Publishing house, 1976. 108 p. (In Russ.)
7. Practicum on plant physiology. Edited by I. I. Gunar. M.: Kolos, 1972. 168 p. (In Russ.)
8. Methods of physiological research in vegetable and melon growing. Edited by V. F. Belik. M.,1970. 210 p. (In Russ.)
9. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Ed. 6-E. M.: Alliance, 2011. 350 p. (In Russ.)
10. Ermakov A. I. Methods of biochemical research of plants. Leningrad: Kolos. Leningr. department, 1972. 456 p. (In Russ.)