ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37

NEW APPROACHES TO IRRIGATION TECHNOLOGY FOR GARDEN CROPS AND VINEYARDS

N. N. Dubenok¹, A. V. Mayer²

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education*

«Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»

²*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»*

Received 27.07.2020

Submitted 15.09.2020

Summary

To maintain the hydrothermal regime in the cultivation of horticultural crops and vineyards, we have proposed a method of combined irrigation: subsoil irrigation with perforated corrugated humidifiers in combination with fine-dispersed sprinkling. The appointment of irrigation rates and terms of vegetative irrigation is carried out by means of calculated coefficients, with the determination of soil temperature and moisture, air temperature and humidity, wind speed according to optimal and actual indicators.

Abstract

Introduction. Analyzing the early studies by Russian scientists in the southern regions of our country, where favorable weather conditions often alternate with droughts and dry winds, it is necessary to constantly create new improved irrigation technologies, based on the principle of developing new methods and methods of irrigation, in combination with fine-dispersed sprinkling. **Object.** The object is technology of subsoil irrigation of vineyards and fruit and berry crops by means of subsoil humidifiers in combination with their humidification by fine sprinkling. The introduction of subsoil irrigation into irrigation technology in combination with fine sprinkling will allow controlling the physiological process of agrophytocenoses, and, depending on weather conditions, maintain the microclimate of the garden by regulating the hydrothermal regime during the cultivation of vineyards, fruit and berry crops. **Materials and methods.** We propose fundamentally new humidifiers for the implementation of trickle subsurface irrigation, which are based on corrugated irrigation pipelines. Constructive studies on the assembly and operation of the subsurface irrigation system intended for the cultivation of vineyards, berries and fruit crops grown on a trellis basis are presented. The physiological needs of the plant are based on the principle of the hydrothermal regime of the microclimate and soil. In the formulas when determining the future crop, the values of soil temperature indicators with a mandatory positive coefficient, and air temperature data with a negative coefficient should be inserted. **Results and conclusions.** The results of the development, application and operation of the module for local subsurface irrigation of fruit crops and vineyards are presented. Structural elements, irrigation systems are shown, structures are developed, and technological schemes for the placement of corrugated humidifiers in the subsurface irrigation system. The developments can be used as scientific information during the construction and commissioning of irrigation systems. In the complex of new developments of irrigation systems, an important role is played by a new approach to the creation of fundamentally new structures and technical means, and the irrigation technology itself.

Key words: *irrigation system, subsoil irrigation, subsoil humidifiers, water jet supply, irrigation optimization calculations, garden plantings, heat generator.*

Citation. Dubenok N. N., Mayer A. V. New approaches to irrigation technology for garden crops and vineyards. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 343-355 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

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

УДК 671.674:634

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ
САДОВЫХ КУЛЬТУР И ВИНОГРАДНИКОВН. Н. Дубенок¹, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 27.07.2020

Дата принятия к печати 15.09.2020

Актуальность. Анализ ранее проведенных исследований российскими учеными в южных регионах нашей страны, где часто чередуются благоприятные погодные условия с засухами и суховеями, вызвал необходимость постоянного создания новых усовершенствованных технологий орошения, по принципу разработок новых способов и методов орошения, в их комбинации с мелкодисперсным дождеванием. **Объект исследования** – технология внутрипочвенного орошения виноградников и плодово-ягодных культур посредством внутрипочвенных увлажнителей в сочетании с их увлажнением мелкодисперсным дождеванием. Введение в технологию орошения внутрипочвенного полива в сочетании с мелкодисперсным дождеванием позволит контролировать физиологический процесс агрофитоценозов и в зависимости от погодных условий поддерживать микроклимат сада посредством регулирования гидротермического режима при возделывании виноградников, плодовых и ягодных культур. **Материалы и методы.** Нами предлагаются принципиально новые увлажнители для осуществления струйчатого внутрипочвенного орошения, в основе которого заложены гофрированные поливные трубопроводы. Приведены конструктивные исследования по сборке и эксплуатации системы внутрипочвенного орошения, предназначенной для выращивания виноградников, ягодников и плодовых культур, выращиваемых на шпалерной основе. В основе физиологических потребностей растения заложен принцип гидротермического режима микроклимата и почвы. В формулы при определении будущего урожая следует вставлять значения температурных показателей почвы с обязательным положительным коэффициентом, а температурные данные воздуха – с отрицательным коэффициентом. **Результаты и выводы.** Приведены результаты по разработке, применению и эксплуатации модуля внутрипочвенного локального орошения плодовых культур и виноградников. Показаны конструктивные элементы, системы орошения, разработаны конструкции и технологические схемы размещения гофрированных увлажнителей в системе внутрипочвенного орошения. Разработки могут быть использованы в качестве научной информации при строительстве и вводе в эксплуатацию оросительных систем. В комплексе новых разработок оросительных систем важную роль занимает новый подход к созданию принципиально новых конструкций и технических средств и сама технология орошения.

Ключевые слова: системы орошения, внутрипочвенный полив, внутрипочвенные увлажнители, струйчатая подача воды, расчеты оптимизации поливов, садовые насаждения, теплогенераторы, орошение садовых культур, технологии орошения виноградников.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Теоретическое обоснование разработки универсальной системы орошения. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 343-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Расширение объемов орошаемого земледелия в Российской Федерации не состоятельно без усовершенствования и конструктивно новых разработок поливной техники и использования новых технологий орошения, в основе которых должны быть заложены экономические и ресурсосберегающие показатели высокой их про-

дуктивности. На агропромышленных предприятиях страны в настоящее время мало уделяется должного внимания к строительству оросительной техники, используя до настоящего времени зарубежную поливную технику. Характерный упор придается выбору эффективных и экологически безопасных систем орошения. В значительной степени таким требованиям отвечают внедряемые в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающие способы орошения: внутрипочвенное с новыми разработанными увлажнителями, капельное и аэрозольное орошение, с возможным их сочетанием с мелкодисперсным дождеванием [1, 3]. Ведется строительство, направленное на эксплуатацию дождевальной стационарной и передвижной техники с малой интенсивностью дождя, а введение в систему орошения способа мелкодисперсного дождевания позволит частично регулировать гидротермический режим не только сада, но и регулировать микроклимат овощных культур, что особенно необходимо при стрессовых климатических условиях.

Исследования, проведенные учеными в нашей стране и за рубежом, показали, что разработка и эксплуатация малообъемных оросительных систем связаны с множеством нерешенных вопросов, касающихся стационарной техники орошения и обновления технологических процессов полива [2, 10, 14]. Существующие традиционные способы орошения имеют как преимущества, так и недостатки, которые препятствуют их широкому внедрению. Например, при орошении дождевальными агрегатами такими, как ДДН-70-100, ДДА-100МА, «Кубань» и др., происходит повреждение ветвей и листового аппарата струями оросительной воды. При поливе напуском по полосам или поливальными агрегатами ППА-100-400 вследствие переувлажнения верхнего слоя почвы и под порывами сильного ветра и тяжести урожая, происходят наклон и полегание деревьев [5, 9]. Проведенный анализ создания стационарных оросительных систем показывает, что разработки в этом направлении велись и ведутся до настоящего времени. Большой вклад в развитие оросительной техники внесли ученые и инженеры научных учреждений еще в прошлом веке. Исследования по совершенствованию поливной техники продолжаются и в наше время [4, 7]. Сотрудниками ВНИИГиМ, РГАУ-МСХА, Волгоградского ГАУ и Дагестанского ГАУ за последние годы на базе классической стационарной системы орошения трубопроводного типа разработано и усовершенствовано несколько вариантов систем орошения с дополнительными функциями. Усовершенствованы способы внутрипочвенного и капельного орошения. В разработку дополнительных функций вошли способы комбинированного орошения с активацией поливной воды. Находит практическое применение объединение способов капельного и аэрозольного орошения, внутрипочвенного и поверхностного орошения в сочетании с вариантами мелкодисперсного дождевания и активацией поливной воды кислородом, углекислым газом. Проведятся поливы омагниченной водой посредством ввода в эксплуатацию системы орошения магнитных аппаратов (МАВ) [5, 6, 8].

Проведенные исследования показали, что внутрипочвенное орошение с разработанными гофрированными увлажнителями с перфорацией в комбинации с мелкодисперсным дождеванием (МДД) является актуальной ресурсосберегающей технологией на сегодняшний день [3, 4]. Предложенная технология внутрипочвенного орошения обладает возможностью ускоренных локальных поливов за счет увлажнительных водовыпусков с расчетным шагом перфорации. Поливные процессы водораспределения системой орошения должны осуществляться оператором автоматически. Стационарные системы локального орошения трубопроводного типа сконструированы по принципу исключения трения между соединительными трубопроводами (транспортирующий, распределительный, поливные). Такой принцип исключает допуск трущихся деталей, тем самым обеспечивая работоспособность в течение длительного времени.

Теоритическое обоснование разработки и создания принципиально новых внут-

рипочвенных увлажнителей с различной шаговой перфорацией обеспечит внутрипочвенное орошение на ровных и склоновых землях как на тяжёлых, так и на легких почвах. Технология предложенного внутрипочвенного орошения обеспечит частичное управление физиологическими и гидротермическими процессами при возделывании многолетних, плодовых и ягодных культур [7, 8, 13].

В южных регионах России в весенний период, когда наступает цветение плодовых культур, возникают стрессовые ситуации в виде ранних заморозков. Для их предотвращения в комбинированной системе орошения разработан конструктивный узел с функцией подачи теплого воздуха посредством гибких трубок во внутрипочвенные увлажнители и гибкие трубки, на концах которых расположены распылительные насадки мелкодисперсного дождевания для предотвращения пагубного влияния отрицательных весенних температур.

Материалы и методы. В основе физиологического развития потребностей растения заложен принцип гидротермического режима. Основными элементами оросительного полива и мелкодисперсного дождевания являются единичная поливная норма и продолжительность срока ее подачи. Поливная норма воды, необходимая для образования контура увлажнения при предложенном внутрипочвенном орошении, находится в единичном пределе диаметра перфорированного водовыпуска гофрированного увлажнителя и составляет 1 (единицу). При внутрипочвенном орошении параметром контура увлажнения является горизонтальная проекция контура максимального увлажнения. В пределах физических свойств почв изменяются ширина и глубина контура увлажнения многолетних садовых насаждений [12, 14]. Сроки подачи поливной нормы зависят от структуры почвы и слоя увлажнения, отсюда и скорость впитывания с учетом отсутствия глубинной фильтрации [11, 15]. Подача воды прекращается после насыщения расчетного слоя вертикальной почвенной колонки, равной ширине полосы увлажнения. Влажность почвы в расчетном слое высчитывали от веса абсолютно сухой почвы:

$$W = 100(Y / B \cdot H);$$

где W – влагозапас в расчетном слое почвы, мм; Y – объемная масса абсолютно сухой почвы, т/м²; B – влагозапас в процентах от массы абсолютно сухой почвы; H – расчетная величина почвы, м; (K) – коэффициент локального увлажнения определяется по формуле:

$$K = (a \cdot b \cdot \pi) / 4ml;$$

где a и b – максимальные значения параметров пятна увлажнения, определенные по эпюре увлажнения, м; m и l – схема посадки кустов м.

Получение стабильного урожая связано с физиологическими особенностями садовой культуры и созданием благоприятных условий для их роста и развития. При этом учитываются гранулометрические свойства почвы и биологические особенности культуры с учетом влияния внешних факторов. Порог поливной влажности на легких супесчаных почвах не должен быть ниже 65-70 %, на тяжёлых почвах – 80-85% НВ. Основными параметрами расчета режима орошения являются поливные и оросительные нормы, суммарное водопотребление, продолжительность межполивного периода по времени, число поливов. Поливная норма определяется в зависимости от заданного порога влажности на метровую глубину на единицу площади участка орошения. Оросительная норма определяется по уравнению водного баланса орошаемого участка. Водопотребление рекомендуется рассчитывать по существующим методикам, апробированным в регионах по климатическим условиям, в частности по биоклиматическому методу с учетом технологии увлажнения почвы при внутрипочвенном локальном орошении. При определении суточных значений суммарного водопотребления необходимо учитывать и сумму осадков за вегетационный период. При больших осадках или при проведении полива испарение в день выпадения

осадков и на следующий день равно испаряемости. Естественное увлажнение орошаемого сада осуществляется за счет осадков и притока влаги со стороны грунтовых вод. Грунтовые воды учитываются при их залегании не менее 5...8 метров от почвенного горизонта, поэтому в расчет не принимаются. Количество осадков учитываются по данным дождемеров (Третьякова), размещённых на орошаемом массиве.

В основе гидротермических потребностей растения заложен физиологический принцип теплового режима почвы, причем во все формулы для определения запрограммированного урожая следует вводить температуру почвы с плюсовым коэффициентом, а температуру воздуха – с минусовым коэффициентом. Принимая во внимание такую неоднозначность значений оптимальных температур среды обитания (влажность воздуха и почвы, температура почвы, воздуха и приземного слоя воздуха, скорость ветра) для вегетации органов растений по срокам, общая закономерность взаимосвязи урожая и гидротермического режима прослеживается четко. Эти уравнения для различных сельскохозяйственных культур были получены путем математической обработки многочисленных экспериментальных данных Щелгуновой А. А. и Шебановым В. В. Они имеют вид:

$$\begin{aligned} S &= A_{\text{exp}} \text{ при } -3 \leq \Phi_t \leq \Phi / \text{opt}; \\ \Phi / \text{opt} &\leq \Phi_t \leq 3; \\ S &= 1 \text{ при } \Phi / \text{opt} \Phi_t \leq \Phi // \text{opt}, \quad (1) \end{aligned}$$

где $S = \frac{n_1}{n_2}$, n_1 – значение продуктивности; n_2 – максимальная продуктивность при оптимальных условиях по температурному фактору; Φ_t – текущее значение температурного фактора, соответствующее: Φ / opt и $\Phi // \text{opt}$ – нижний и верхний пределы оптимального диапазона.

Уравнение вида (1) позволяет рассчитать необходимый интервал температур в зависимости от значений степени оптимальности жизнедеятельности растений.

Исходя из вышеизложенного материала мы пришли к выводу, что для получения оптимально высоких запланированных урожаев многолетних садовых культур необходимо выдерживать оптимальный гидротермический режим в течение вегетационного периода [1, 5, 8].

Дальнейшие наши исследования направлены на использование классической системы орошения для разработок с использованием газовых или электрических теплогенераторов для насыщения трубопроводной оросительной системы теплым воздухом. Такая дополнительная функция, несомненно, окажет положительное влияние на сохранение урожая при возникновении температурных перепадов, особенно в осенне-весенний период времени. Как установлено наблюдениями, в весенний период температура окружающего воздуха колеблется в диапазоне от +5 °С до +19 °С днем, и от минус 3-5 °С ночью. Самые низкие температуры возникают ночью и в утренние часы на восходе солнца, когда происходит усиление скорости ветра до 3-5 м/сек. В этот весенний период времени в Волгоградской области уже к середине марта на плодовых деревьях набухают почки, а в апреле начинается цветение. Для садовода особенно характерно не пропустить в это время ночных и утренних заморозков. Их появление пагубно влияет на будущий урожай плодовых культур вплоть до полного осыпания цветочных завязей даже при незначительных низких отрицательных температурах воздуха от –1 °С.

Результаты и обсуждение. Объем водоподачи осуществляется стационарной системой орошения внутрипочвенным способом полива с мелкоструйчатой подачей воды посредством гибких трубок во внутрипочвенные гофрированные увлажнители. Гофрированные перфорированные увлажнители укладываются в один ряд под каждый виноградный или ягодный куст. Поливные нормы выдаются в более короткие временные проме-

жутки за счет увеличенных расходов. Диаметр перфорации водовыпусков находится в пределах 2,0-0,4 мм; количество перфораций до 20-30 шт., длина увлажнителей 4000-7000 мм. Предложенная водоподача позволит исключить из системы внутрипочвенного орошения фильтры тонкой очистки поливной воды, что, несомненно, скажется на экономии денежных средств до 3-5 % и сократит время продолжительности полива в сравнении с капельным орошением до 70 %. КПД предложенного внутрипочвенного орошения с перфорированными гофрированными увлажнителями выше существующих внутрипочвенных капельных или гончарных увлажнителей в 1,5-2 раза. Несомненно, новый подход к технологии внутрипочвенного орошения сократит испарение с открытых водоемов, снизит эвапотранспирацию при выращивании виноградников и садовых культур. Именно локальные способы орошения в сочетании с мелкодисперсным дождеванием соответствуют современным экономическим и экологическим требованиям.

Подача поливной воды при напорном водообеспечении орошаемого участка осуществляется глубинным или центробежным насосом. Для обеспечения безнапорного водоснабжения внутрипочвенного локального орошения водозабор осуществляется за счет перепада зеркала водоема. Водозаборы осуществляются как с открытых водоемов, так и со скважин.

Задача, на решение которой направлены наши исследования, – это создание комфортных условий для выращивания плодовых, ягодных культур и виноградников при критических условиях в период засух и суховея при внутрипочвенном орошении с перфорированными гофрированными увлажнителями в сочетании с мелкодисперсным дождеванием.

Исследования показали, что технический результат достигается в регулировании гидротермического коэффициента в агрофитоценозах за счет орошения внутрипочвенного, корнеобитаемого горизонта и периодического смачивания листовой поверхности культуры.

Фактические исходные данные получены из ежедневных наблюдений. Оптимальные значения получены путем изучения многолетних исследований и установлены для каждой виноградной, садовой и ягодной культуры, затем рассчитаны по формулам величины коэффициентов А; В; С.

В исследования по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы материалы метеонаблюдений метеостанций расположенных на территории опытных участков Волгоградской области. Фактические наблюдения велись инструментально круглосуточно. Оптимальные параметры исходных данных представлены из ранее проведенных исследований по основным садовым культурам (таблица 1).

Таблица 1 – Состав исходных показателей для определения параметров А; В; С

Table 1 – The composition of the initial indicators for determining the parameters of А; В; С

Наименование показателя / Indicator name	Символ/ Symbol	Смородина /Currant	Малина/ razz	Яблоня/ Apple	Виноград / Grapes
Оптимальная влажность почвы в корнеобитаемом слое, % / Optimum soil moisture in the root layer, %	W bno	18	20	21	18
Фактическая влажность почвы в корнеобитаемом слое, % / Actual soil moisture in the root layer, %	W bnф	14,6	15,0	19,6	25,1
Оптимальная температура почвы в слое 0-10 см / Optimum soil temperature in a layer of 0-10 cm	T no	22,0	21,1	23,0	23,0

Фактическая температура почвы в слое 0-10 / Actual soil temperature in the layer 0-10	T фо	28,0	27,5	44,3	58,8
Оптимальная влажность воздуха в приземном слое, % / Optimum air humidity in the surface layer, %	W bbo	71,0	70,0	62,0	64,2
Фактическая влажность воздуха в приземном слое, % / Actual air humidity in the surface layer, %	W бф	27,0	27,2	48,4	43,5
Оптимальная температура воздуха, °C / Optimum air temperature, °C	T bo	18...22	19...22	22...25	20...23
Фактическая температура воздуха, °C / Actual air temperature, °C	T бф	31,5	31,6	38,4	46,8
Оптимальная скорость приземного ветра, м/с / Optimal surface wind speed, m/s	V bo	3-4	2-4	1-3	1-3
Фактическая скорость приземного ветра, м/с / Actual surface wind speed, m/s	V об	8	7	7,4	7,8
Оптимальная температура листьев, °C / Optimum leaf temperature, °C	T ло	18-25	17-25	23-25	22,2
Фактическая температура листьев, °C / Actual leaf temperature, °C	T аф	29,2	29,0	30,3	29,6

По исходным показателям рассчитывают безразмерные величины вышеуказанных коэффициентов А; В; С:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{W_{bno}-W_{bnф}}{W_{bno}} + \frac{T_{no}-T_{нф}}{T_{no}}; \\
 B &= \frac{W_{bbo}-W_{bbф}}{W_{bbo}} + \frac{T_{bo}-T_{бф}}{T_{bo}}; \\
 C &= \frac{V_{bo}-V_{бф}}{V_{bo}-V_{бф}} - \frac{T_{ло}-T_{лф}}{T_{ло}};
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где оптимальные и фактические обозначения символов указаны в таблице 1.

После получения расчетных коэффициентов мы получили сроки начала поливов, увлажнений МДД и поливные нормы. При величине коэффициента $A \leq 0,9$ выполняют внутрипочвенный полив разовой нормой 150 – 200 м³/га с 22 часов вечера до двух часов ночи до снижения температуры почвы до 18-22 °C. При значениях коэффициента $B \geq 1,2$ с 11 до 15 часов выполняют увлажнение приземного слоя воздуха распылом частичек воды диаметром до 600 мкм сменными насадками МДД. При величине коэффициента $C \geq 1,5$ выполняют дополнительное увлажнение листьев и стеблей растений каплями воды с диаметром 200 – 800 мкм в течение 3-4 часов, а при суммарной величине коэффициента $A+B \geq 2,1$ выполняют внутрипочвенный полив и увлажняют приземный слой воздуха до снижения температуры почвы до 22-26 °C и увеличивают относительную влажность воздуха до 50-70 %. При величине $B+C \geq 2,5$ производят увлажнение листьев плодово-ягодных культур и приземного слоя воздуха распылом оросительной воды в течение 0,5 часа с интервалами 1 час, а при $A+C \geq 2,5$ выполняют струйчатый внутрипочвенный полив в течение 2-3 часов и увлажнение листьев плодово-ягодных культур, к тому же при суммарной величине коэффициентов $A+B+C \geq 3,5$ струйчатое внутрипочвенное орошение выполняют в течение 6 часов и увлажнение воздуха листьев растений в течение 30-40 минут с интервалами 2 часа.

Для реализации вышеизложенного способа нами также была разработана стаци-

онарная система орошения для осуществления комбинированных поливов, т.е. внутрипочвенное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием.

Устройство предложенной системы комбинированного орошения состоит из следующих конструктивных элементов: 1 – насосная станция; 2 – блок фильтров грубой и тонкой очистки; 3 – подводящий трубопровод; 4 – распределительный трубопровод для подсоединения поливного трубопровода для подачи воды во внутрипочвенные увлажнители; 5 – распределительный трубопровод для подсоединения поливных трубопроводов для осуществления МДД; 6 – поливной трубопровод для производства подачи поливной воды во внутрипочвенные увлажнители; 7 – запорная арматура. Для подачи в систему орошения теплого воздуха в конструкцию введен компрессор с теплогенератором 8 (рисунок 1).

Рисунок 1 – Условная схема системы мелкоструйчатого внутрипочвенного орошения с подачей теплого воздуха в сочетании с МДД

Figure 1 – A schematic diagram of a system of fine-stream subsurface irrigation with the supply of warm air in combination with fine-dispersed sprinkling

Принцип работы системы комбинированного орошения заключается в следующем. Поливная вода из водоисточника подается насосной станцией в блок фильтров и, пройдя водоочистку, подается в распределительные трубопроводы. Для осуществления струйчатого внутрипочвенного полива вода поступает во внутрипочвенные перфорированные увлажнители посредством гибких трубок. Посредством гофрированных увлажнителей осуществляется поддержание поливных порогов почвы. Для осуществления мелкодисперсного дождевания в распределительном трубопроводе, расположенном на верхней шпалере, поднимают давление до 0,15...0,02 Мпа, и в работу вступают распылительные насадки (рисунок 1, 2).

Рисунок 2 – Внутрипочвенное орошение винограда:

1 – распределительный поливной трубопровод; 2 – гибкая трубка; 3 – водовыпуск; 4 – перфорированный гофрированный увлажнитель; 5 – поверхность почвы

Figure 2 – Subsoil irrigation of the vineyard:

1 – distribution irrigation pipeline; 2 – flexible tube; 3 – water outlet;
4 – perforated corrugated humidifier; 5 – soil surface

Рисунок 3 – Комбинированное орошение виноградника:

1 – куст; 2 – поливной распределительный трубопровод; 3 – водовыпуск; 4 – перфорированный увлажнитель; 5 – поливной трубопровод МДД; 6 – аэрозольный распылитель; 7 – растяжная опора; 8 – натяжитель; 9 – гибкая трубка; 10 – шпалера; 11 – поверхность почвы

Figure 3 – Combined vineyard irrigation:

1 – bush; 2 – irrigation distribution pipeline; 3 – water outlet; 4 – perforated humidifier;
5 – irrigation pipeline MDD; 6 – aerosol spray; 7 – stretching support; 8 – tensioner;
9 – flexible tube; 10 – trellis; 11 – soil surface

Для предотвращения пагубного воздействия ранних весенних заморозков во время цветения садовых культур нами введен в систему орошения узел подачи теплого воздуха с компрессором и теплогенератором 8 (рисунок 1). Теплый воздух в систему нагнетается при необходимости между увлажнителями.

Выводы. Внедрение разработанной технологии орошения внутрипочвенного орошения с гофрированными увлажнителями с различной шаговой перфорацией 10-400 мм позволит работникам агропромышленного комплекса усовершенствовать способы орошения при выращивании многолетних садовых насаждений, возделываемых на шпалерной основе. Положительный результат достигается за счет упрощенных и неприхотливых внутрипочвенных увлажнителей с перфорированными водовыпусками, с оптимальными параметрами расходных водных характеристик. Предложенная технология комбинированного орошения уменьшит дефицит почвенной влаги посредством внутрипочвенного полива и снизит депрессию фотосинтеза за счет мелкодисперсного дождевания, что положительно отразится на физиологических потребностях регулирования гидротермического режима садовых культур, что, в свою очередь, положительно повлияет на фитоклимат возделываемого садового массива. Также существенно экономятся энергоресурсы (меньше – на потребление электроэнергии), так как электрический насос меньше времени затрачивает на поливную норму за счет более ускоренных вегетативных поливов посредством увеличенных расходов поливной воды внутрипочвенными водовыпусками. Диаметр перфорации произвольно оптимально подбирается в зависимости от почвенной структуры почвы. Усовершенствованные разработки технологий орошения направлены на модернизацию внутрипочвенных увлажнителей, комбинированных способов орошения, таких как капельное, внутрипочвенное и даже малоинтенсивное спринклерное орошение в сочетании или с чередованием мелкодисперсного дождевания. Такие способы орошения садов, а также овощных культур, становятся более приоритетными. Новые разработки технологии орошения дают импульс к созданию новых конструкций стационарных систем орошения –

менее энергос затратных, наиболее экономных и экологически безопасных, что очень важно при ведении сельского хозяйства в Российской Федерации.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Бородычев В. В., Щепотько Н. А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 167-175.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. С. 159.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 43-51.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78.
10. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
12. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.
16. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Conclusions. The introduction of the developed technology for irrigation of subsurface irrigation with corrugated humidifiers with different step perforations of 10 ... 400 mm. Will allow the workers of the agro-industrial complex to improve irrigation methods when growing perennial garden plantations cultivated on a trellis base. A positive result is achieved due to simplified and unpretentious subsurface humidifiers with perforated water outlets, with optimal parameters of consumption water characteristics. The proposed combined irrigation technology will reduce the deficit of soil moisture through subsurface irrigation, and reduce the depression of photosynthesis for a set of finely dispersed sprinkling, which will have a positive effect on physiological needs, regulation of the hydrothermal regime of garden crops,

which will undoubtedly have a positive effect on the phytoclimate of the cultivated garden massif. Along with significant energy savings, which is less costly in electricity consumption, since the electric pump spends less time on the irrigation rate due to more accelerated vegetative irrigation, through increased consumption of irrigation water by intra-soil outlets. The perforation diameter can be optimally adjusted at any time depending on the soil structure of the soil. Improved development of irrigation technologies aimed at the novelty of modernization of subsurface humidifiers, combined methods of irrigation, such as drip, subsurface and even low-intensity sprinkler irrigation in combination or alternating with fine sprinkler irrigation, such methods of irrigation of gardens, as well as vegetable crops, are becoming more priority. New developments in irrigation technology give an impetus to the creation of new designs of stationary irrigation systems - less energy-intensive, more economical, and environmentally friendly, which is very important in agriculture in the Russian Federation.

Reference

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehniko-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza v usloviyah orosheniya // Nauchnaya zhizn'. 2019. Vol. 14. № 10 (98). P. 1484-1495.
2. Borodychev V. V., Schepot'ko N. A. Voprosy kapel'nogo orosheniya i fertigacii belokochannoj kapusty v Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 167-175.
3. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Tehnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. P. 159.
4. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 3. P. 90-96.
5. Dubenok N. N., Majer A. V. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 9-19.
6. Dubenok N. N., Majer A. V. Kombinirovannaya gidromeliorativnaya sistema dlya orosheniya sadovyh nasazhdenij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P.43-51.
7. Kirejcheva L. V., Karpenko N. P. Ocenka jffektivnosti orositel'nyh melioracij v zonal'nom ryadu pochv // Pochvovedenie. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Majer A. V. Issledovanie sistemy kapel'nogo orosheniya i melkodispersnogo dozhdevaniya // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 3. P. 5-9.
9. Solov'ev D. A., Zhuravleva L. A. Robotizirovannyj orositel'nyj kompleks "Kaskad" // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 1. P. 74-78.
10. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
12. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
13. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
15. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.
16. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Conclusions. The introduction of the developed technology for irrigation of subsurface irrigation with corrugated humidifiers with different step perforations of 10 ... 400 mm. Will allow the workers of the agroindustrial complex to improve irrigation methods when growing perennial garden plantations cultivated on a trellis base. A positive result is achieved due to simplified and unpretentious subsurface humidifiers with perforated water outlets, with optimal parameters of consumption water characteristics. The proposed combined irrigation technology will reduce the deficit of soil moisture through subsurface irrigation, and reduce the depression of photosynthesis for a set of finely dispersed sprinkling, which will have a positive effect on physiological needs, regulation of the hydrothermal regime of garden crops, which will undoubtedly have a positive effect on the phytoclimate of the cultivated garden massif. Along with significant energy savings, which is less costly in electricity consumption, since the electric pump spends less time on the irrigation rate due to more accelerated vegetative irrigation, through increased consumption of irrigation water by intra-soil outlets. The perforation diameter can be optimally adjusted at any time depending on the soil structure of the soil. Improved development of irrigation technologies aimed at the novelty of modernization of subsurface humidifiers, combined methods of irrigation, such as drip, subsurface and even low-intensity sprinkler irrigation in combination or alternating with fine sprinkler irrigation, such methods of irrigation of gardens, as well as vegetable crops, are becoming more priority. New developments in irrigation technology give an impetus to the creation of new designs of stationary irrigation systems - less energy-intensive, more economical, and environmentally friendly, which is very important in agriculture in the Russian Federation.

Authors Information

Dubenok Nikolai Nikolaevich, , academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, head of the Department "Forestry and landscape reclamation" Of the Russian state agricultural University – Moscow Timiryazev agricultural Academy (RF127550 Moscow, 49 Timiryazevskaya street, doctor of agricultural Sciences. ORKID: номер [https // orkid org/ 0000-0002-9059-9023](https://orkid.org/0000-0002-9059-9023) т. 89857544488 э/п. dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich, senior researcher at the Federal state budgetary scientific institution of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyukov, (Russia 127750 Moscow Bolshaya Akademicheskaya str. 44 building 2), candidate of agricultural Sciences, ORKID: номер : [https:// orkid.org/1000-0002-0065-8916](https://orkid.org/1000-0002-0065-8916)т.89053378678 э/п vkovniigim@yandex.ru

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORKID: номер [https // orkid org/ 0000-0002-9059-9023](https://orkid.org/0000-0002-9059-9023) т. 89857544488 э/п. dubenok@mail.ru.

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова, (РФ, 127750, г. Москва, ул. Большая академическая, 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORKID: номер : [https:// orkid.org/1000-0002-0065-8916](https://orkid.org/1000-0002-0065-8916)т.89053378678 э/п vkovniigim@yandex.ru