ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-30

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF AGROTECHNICAL METHODS FOR IRRIGATION OF APPLE PLANTS

N.N. Dubenok¹, A.V. Mayer²

¹*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia*

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

Received 01.09.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The technology of fine-stream irrigation of apple plantations is considered for the complex regulation of water consumption in an apple orchard. The optimal variants of soil moistening methods have been identified using near-stem irrigation bowls. Criteria for irrigation and irrigation rates are indicated for the variants of the experiment.

Abstract

Introduction. Analyzing irrigated irrigation technologies for horticultural and berry crops, we came to the conclusion that when determining irrigation technologies or determining irrigation methods, questions arise related to their improvement. The object of the research is the techniques and methods of watering the fruit crop of an apple orchard in the near-stem bowls with their obligatory mulching to reduce evaporation and economic use of irrigation water. **Object.** The object of the research is the techniques and methods of irrigation of fruit crops of an apple orchard in near-stem bowls with their obligatory mulching, to reduce evaporation and economic use of irrigation water. **Materials and methods.** We propose the research carried out with the introduction into the technology of irrigation of an apple tree with irrigation on near-stem bowls with tubular humidifiers by means of two-sided irrigation of an apple tree with small streams of water. Two tubular humidifiers with a diameter of 3 ... 4 mm are installed directly under the mulch in the bowl of the apple tree trunk circle. The near-barrel bowl is filled with mulch to the upper limit of the near-barrel earthen roller and covered with a porous material (lutrasil). **Results and conclusions.** As a result of the research, the achieved positive results of the proposed irrigation method are presented. Structural elements of irrigation units and mechanisms are shown. Conditional schemes and modules of the garden irrigation system are presented. The developed irrigation technology can be successfully used in the cultivation of horticultural crops, such as apple, pear, and berry bush plantings.

Key words: *apple plantations, technology, irrigation techniques, stream moisturizers, mulch, lutrasil, near-stem bowls*

Citation. Dubenok N.N., Mayer A.V. Technological aspects of agrotechnical methods for irrigation of apple plants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 304-312 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-30.

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ ЯБЛОНЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Н. Н. Дубенок¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

А. В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 01.09.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Проведя анализ технологий орошения садовых и ягодных культур, мы пришли к выводу, что при определении технологий орошения или определении способов полива возникают вопросы, связанные с их усовершенствованием. **Объект исследования** – приемы и способы полива плодовой культуры яблоневого сада по приствольным чашам с обязательным их мульчированием для уменьшения испарения и экономического использования оросительной воды. **Материалы и методы.** Нами предлагаются проведенные исследования с введением в технологию орошения яблони с поливами по приствольным чашам трубчатыми увлажнителями посредством двухстороннего полива яблони мелкими струйками воды. Два трубчатых увлажнителя диаметром 3...4 мм устанавливаются непосредственно под мульчу в чашу приствольного круга яблони. Приствольная чаша засыпается мульчей до верхнего предела приствольного земляного валика и накрывается пористым материалом (лутрасил). **Результаты и выводы.** В результате исследований приведены достигнутые положительные результаты предложенной технологии орошения. Показаны конструктивные элементы поливных узлов и механизмов. Представлены условные схемы и модуль системы орошения садового сада. Разработанная технология орошения может с успехом эксплуатироваться при возделывании садовых культур, таких как яблоня, груша, а также ягодных кустовых насаждений.

Ключевые слова: яблоневые насаждения, технологии орошения яблоневых насаждений, приемы орошения насаждений, струйчатые увлажнители, мульча, лутрасил, приствольные чаши.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Технологические аспекты агротехнических приемов при орошении яблоневых насаждений. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 304-312. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-30.

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. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многолетние плодовые насаждения яблони и груши являются самыми распространёнными садовыми культурами, питающими ценными витаминами организм человека. По нормам питания на человека требуется до 50-60 кг яблок и 10-15 кг груш. По последним статистическим данным, в Российской Федерации выращивается 2,5 млн т, яблок, а потребляется на 1,2 млн т больше. Отсюда вывод: недостаток яблочной продукции восполняется импортной продукцией. Чтобы избежать импортных поставок, требуется увеличение отечественного производства яблок как минимум в полтора раза, а это достигается только при организации новых технологий и разработок современных способов полива и техники орошения [1, 2, 5]. Яблоня и груша являются семечковыми культурами и относятся к плодовым культурам с разными сроками созревания. Они легко культивируются, долговечны при правильном возделывании и уходе, имеют продолжительный срок хранения в свежем виде, особенно зимние сорта. Для молодых, еще не плодоносящих плодовых культур яблони и груши поливная норма составляет в среднем до 50-60 л при радиусе кроны яблони до 800 см, а оросительная норма колеблется в районе 350-400 литров на одно дерево [7, 8]. В процессе развития данных садовых культур при идентичных погодных условиях разовые и оросительные нормы возрастают. Анализируя материалы исследований по орошаемому садоводству, мы пришли к выводу, что поливы многолетних садовых насаждений осуществляются и развиваются как по традици-

онным технологиям, так и по различным усовершенствованным новым технологиям. Пути совершенствования разработок новых технологий выражаются в продиктованных временем экологически безопасных и ресурсосберегающих новых способах орошения [1, 5, 12]. В настоящее время применяются технологии полива, связанные с затоплением всего садового массива напуском поливной воды по бороздам или оборудованным чекам. Широко применяется орошение сада по приствольным «чашам» с одновременным затоплением площади междурядий. В современных условиях применяются способы орошения, связанные с дождеванием, при помощи дождевальных аппаратов или распылительных насадок [2, 7]. Все чаще применяются комбинированные способы поливов, такие как капельное и внутрпочвенное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением, с установкой на телескопических штангах распылительных насадок на высоте 1,5-4 метров от уровня почвы [3, 4, 13]. Находит применение выращивание садов на клоновых подвоях, закреплённых на шпалерах, причем на самой верхней шпалере монтируется поливной трубопровод с распылительными насадками для дополнительного увлажнения листовой поверхности и обработки садовых деревьев пестицидами и химикатами [6, 12]. Ввод распылительных насадок для аэрозольного увлажнения садовых деревьев окажет положительное влияние не только на регулирование микроклимата и опрыскивание сада, но и окажет положительное действие при возникновении ранних весенних заморозков особенно при цветении садовых культур [9, 10, 13].

Задачами исследований явилось определение режимов орошения, числа, нормы и сроков полива, обеспечивающих оптимальный режим влажности корнеобитаемого слоя почвы для яблоневых деревьев при конкретных агротехнологических условиях. Выявление экономического фактора: капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и эксплуатацию оросительных поливных систем.

Целью исследований явилось выявление оптимального технологического варианта для орошения яблоневого сада.

Материалы и методы. В основу технологических процессов орошения садовых многолетних культур заложены принципиально новые решения для осуществления поливных технических приемов водовыпуска при подаче поливной воды в приствольную садовую чашу, оросительные, поливные нормы и сроки водопотребления. Изучались новые подходы к способам орошения садовых культур.

При проведении исследований по технологиям орошения садовых культур был заложен опыт в трех вариантах по изучению технологических приемов орошения. Поливы осуществлялись экспериментальной стационарной системой мелкоструйчатого орошения.

Вариант первый (контроль): поливная вода подавалась мелкой струей на поверхность почвы приствольной садовой чаши посредством гибких водовыпускных трубок до почвенного порога влажности 100 % НВ.

Вариант второй: поливная вода подавалась в гофрированные увлажнители для внутрпочвенного орошения поливной чаши мелкой струей посредством аналогичных трубчатых водовыпусков до насыщения почвенного порога влажности 100 % НВ.

Вариант третий: поливная приствольная лунка по всему кругу покрывалась мульчей из биологической растительности фитоценозов, и вся мульчированная поверхность накрывалась укрывным материалом «лутрасил». Полив осуществлялся, как и в первом варианте, за исключением того, что трубчатый водовыпуск укладывался под мульчирующий материал, укрытый лутрасилом, и поливная вода мелкой струйкой орошала поверхность почвы приствольной чаши садовой культуры до почвенного порога 100 % НВ.

Наблюдения велись в трехкратной повторности, по девяти приствольным ябло-

невых чашам идентичного возраста яблонь. По три яблоневых дерева на каждый вариант. Опыты проводились по методическим рекомендациям существующих методов определения водопотребления: методы непосредственных полевых измерений; расчетные методы и метод водного баланса.

В задачу исследований изучаемых вариантов вошло выявление водопотребления, за которое произойдет суммарное испарение (эвапотранспирация), используемое яблоневым деревом за единицу времени, а влажность поливного порога почвы снизится до 60 % НВ на каждом исследуемом варианте. Следующая подача воды разовой поливной нормой возобновляется при снижении наименьшей влагоемкости почвы не ниже шестидесяти процентов.

Влажность почвы в расчетном слое до одного метра высчитывали от веса сухой почвы.

$$W = 100(UВН);$$

где W – влагозапас в расчетном слое почвы, мм; У – объемная масса абсолютно сухой почвы, т/м²; В – влагозапас в процентах от массы абсолютно сухой почвы; Н – расчетная величина почвы, м.

Бурение производили буром Качинского. Коэффициент локального увлажнения определяли по формуле:

$$K = (a \text{ в } \pi) 4/ml;$$

где (K) – коэффициент локального увлажнения; а и в – максимальные значения параметров площади увлажнения, определяем по эпюре увлажнения, м; m и l – схема посадки деревьев м.

Результаты и обсуждение. Как указано в материалах исследований, водоподача на садовый опытный участок осуществлялась экспериментальной стационарной системой орошения трубопроводного типа (рисунок 1). Экспериментальная система оборудована необходимыми комплектующими элементами и приборами учета и расхода поливной воды. Водозабор осуществлялся из водоема центробежным насосом. По подводящему трубопроводу поливная вода, пройдя очистку, подавалась к распределительному полипропиленовому трубопроводу и распределялась по поливным трубопроводам смонтированным в их стенки трубчатыми водовыпусками. Посредством трубчатых гибких водовыпусков осуществлялось мелкоструйчатое орошение приствольных чаш садовых деревьев по вариантам опыта.

Технология орошения: водозабор 1 осуществляется из водоема центробежным насосом 2, подводящий трубопровод 3 подает поливную воду в фильтрующий элемент 4, через перепускной контролер 7 вода поступает в распределительный трубопровод 8 и под давлением распределяется по поливным трубопроводам 9, посредством водовыпусков 5 оросительная вода подается в приствольные чаши по вариантам опыта (рисунки 1, 2, 3).

В первом варианте орошение яблони производилось поверхностным способом полива, с подачей воды мелкими струйками на поверхность почвы приствольной чаши дерева. Предполивной порог влажности почвы поддерживался в пределах 60 % НВ. Поливная норма при этом составила 100 литров. Диаметр (d_{окр}) приствольной чаши равен 1,5 метра, время (t) полива при давлении в поливном трубопроводе 0,003-0,004МПа продолжалось 60 минут (рисунок 2).

Рисунок 1 – Условная схема орошения опытного участка:

Figure 1 – Conditional scheme of irrigation of the experimental site:

- 1 – всасывающий трубопровод / suction line; 2 – центробежный насос / centrifugal pump;
- 3 – подводящий трубопровод / supply pipeline; 4 – фильтровальный элемент / filter element;
- 5 – водовыпуск / outlet; 6 – приствольная чаша / barrel bowl; 7 – контролер / controller;
- 8 – распределительный трубопровод / distribution pipeline;
- 9 – поливной трубопровод / irrigation pipeline

Вариант - 1 / Option 1

Рисунок 2 – Приствольная чаша с поверхностным мелкоструйчатым орошением:

Figure 2 – Barrel bowl with surface fine-stream irrigation:

- 1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet;
- 3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – почвенная поверхность приствольной чаши / soil surface of the trunk bowl; 5 – приствольная чаша / barrel bowl

Вариант - 2 / Option 2

Рисунок 3 – Приствольная чаша внутрипочвенного увлажнения:

Figure 3 – Barrel bowl of subsurface moisture:

- 1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet;
- 3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – почвенная поверхность чаши / soil surface of the bowl;
- 5 – внутрипочвенный увлажнитель / subsoil humidifier; 6 – приствольная чаша / barrel bowl

Во втором варианте производство полива осуществлялось внутрипочвенным способом орошения с подачей воды мелкими струйками посредством гибких трубок во внутрипочвенные гофрированные увлажнители с перфорированными водовыпусками (рисунок 3). Предполивной порог влажности почвы поддерживался до 60 % НВ, поливная норма и время полива были идентичными первому изучаемому варианту.

В третьем варианте изучался поверхностный способ мелкоструйчатого орошения, где поливная вода подавалась, как и в первых двух вариантах, мелкими струйками посредством гибкой трубки на поверхность почвы приствольной чаши. При этом гибкая поливная трубка введена под мульчирующий материал, накрытый укрывным материалом 5 «лутрасил» (рисунок 4). Поливная норма, время полива и расход воды, затрачиваемый на один полив, были идентичны первому и второму вариантам. Предполивной порог влажности почвы поддерживали не ниже 60 % НВ.

Рисунок 4 – Приствольная чаша с мульчей покрытая укрывным материалом «лутрасил»

Figure 4 – Barrel bowl with mulch covered with lutrasil covering material

1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet; 3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – поверхность почвы приствольной чаши / soil surface of the trunk bowl; 5 – укрывной материал «лутрасил» / covering material «lutasil»; 6 – мульча / mulch; 7 – приствольная чаша / barrel bowl

Опыты проводились в идентичных погодных условиях, при одинаковых расходах воды на поливную норму. Полив осуществлялся непосредственной подачей воды в приствольные поливные чаши, которые формировались выступающим почвенным валом, высотой до 20 см. Зона увлажнения рассчитана по диаметру кроны яблоневого насаждения и диаметру поливной чаши. Параметры радиуса приствольной поливной чаши принимают в зависимости от диаметра кроны и возраста дерева. В наших вариантах размер приствольной поливной чаши составил 1,5 метра. Средние показатели необходимых величин определены в таблице 1.

Исследованиями по выявлению оптимального, водосберегающего, агротехнологического приема было установлено, что влажность почвы испарялась более интенсивно в первом варианте и более быстро по срокам межполивного периода достигала 60 % НВ, примерно на 3 дня раньше, в сравнении со вторым вариантом, и в третьем варианте, где поливная чаша мульчировалась и накрывалась лутрасилом, снижение предполивного порога до 60 % НВ достигало на два дня раньше, в сравнении с тем же вторым вариантом внутрипочвенного орошения. Оросительная норма по первому варианту составила 1500 литров на одно яблочное насаждение, по второму варианту оросительная норма составила 800 литров, а по третьему варианту по 1000 литров на одно яблоневое дерево. Исследова-

ния показали, что для поддержания влажности почвы на протяжении срока вегетации на уровне 60 % НВ в первом варианте понадобилось проведение до 15 поливов. Для поддержания аналогичного порога влажности во втором варианте понадобилось провести 8 вегетативных поливов, а на поддержания предполивного порога влажности до 60 % НВ в третьем варианте было необходимо провести 10 вегетативных поливов.

Таблица 1 – Средние показатели необходимых величин при орошении яблоневого сада

Table 1 – Average values of the required values for the irrigation of an apple orchard

Варианты опыта / Variants of experience	Напор в поливной системе, (МПа) / Head in irrigation systems (MPa)	Время расхода воды на поливную норму, (т) / Time of water consumption for irrigation rate, (t)	Глубина промачивания, (м) / Soaking depth, (m)	Влажность почвы (% НВ) / Soil moisture (% НВ)	Диаметр кроны дерева (м) / Diameter of tree crown (m)	Поливная норма на 1 ябл., литров / Irrigation rate for 1 app., liters	Оросительная норма на 1 ябл., литров / Irrigation norm for 1 app., liters	Количество поливов (шт.) / Number of irrigations (pcs)
В- I	до 0,004 / before 0.004	1 час / 1 hour	До 1 м / Up to 1 m	Не ниже 60% НВ / Not less 60% НВ	1,5-1,8	100 л/ч / 100 l / h	1500	15
В – II							800	8
В – III							1000	10

Выводы. Изучив три варианта по технологии мелкоструйчатого орошения, с равномерной подачей воды в приствольные поливные чаши разными способами увлажнения почвы, мы пришли к выводу, что поливать яблоневые насаждения надо тогда, когда влажность почвы в расчетном метровом слое будет не ниже 60 % НВ. При обеспечении разовой поливной нормой поливы должны проводиться равномерно по всей зоне увлажнения основной корневой системы дерева. При закладке яблоневого сада по схеме высадки 4 X 4 метра на один гектар необходимо не менее 625 яблонь. При такой схеме расположения яблоневого сада, нетрудно вычислить оросительную норму по всем изучаемым вариантам опыта, если за сезон провели восемь поливов. По первому варианту, где полив осуществлялся, мелкой струей на поверхность почвы поливной чаши яблоневого дерева, оросительная норма составила 937,5 м³/га. Во втором варианте, где полив яблоневой чаши осуществлялся, мелкими струями воды во внутрипочвенные увлажнители оросительная норма составила 500 м³ / га, что на 437,5 кубометра на гектар меньше в сравнении с первым вариантом. В третьем варианте, при поливе приствольной чаши, где гибкая трубка заводилась на поверхность почвы под мульчирующий слой, накрытый укрывным материалом « лутрасил», оросительная норма составила 625 м³/га, что также меньше на 312,5 кубометров воды на гектар относительно первого варианта. Самым оптимальным и экономически эффективным 500 м³/га оказался изучаемый второй вариант орошения, где приствольные чаши поливались посредством внутрипочвенных увлажнителей.

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. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2017. С. 159.

3. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 43-51.
6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
7. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелко-дисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
8. 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.
9. Degirmenci H. Tanriverdi C. Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

Conclusion. Having studied three options for the technology of fine-stream irrigation, with a uniform supply of water to the near-stem irrigation bowls by different methods of soil moistening, we came to the conclusion that it is necessary to water apple plantations when the soil moisture in the calculated meter layer is not lower than 60% HB. When providing a one-time irrigation rate, irrigation should be carried out evenly over the entire moistened zone of the main root system of the tree. When laying an apple orchard according to a planting scheme of 4 X 4 meters per hectare, at least 625 apple trees are required. With this arrangement of the apple orchard, it is not difficult to calculate the irrigation rate for all the studied variants of the experiment, if eight waterings were carried out during the season. According to the first option, where irrigation was carried out by a small stream onto the soil surface of an irrigation bowl of an apple tree, the irrigation rate was 937.5 m³ / ha. In the second variant, where the apple bowl was irrigated, the irrigation rate was 500 m³ / ha with small jets of water into the subsurface humidifiers, which is 437.5 cubic meters per hectare less than in the first variant. In the third option, when watering the near-stem bowl, where a flexible tube was placed on the soil surface under a mulching layer covered with lutrasil covering material, the irrigation rate was 625 m³ / ha, which is also less by 312.5 cubic meters of water per hectare compared to the first option. The most optimal and cost-effective 500 m³ / ha was the second irrigation option under study, where the near-stem bowls were watered using subsoil humidifiers.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and technological foundations for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis under irrigation conditions // Scientific life. 2019. V. 14. No. 10 (98). P. 1484-1495.

2. Vasiliev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Drip irrigation equipment // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems, 2017. P. 159.
3. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Models of plant growth and development and the problem of increasing yields // Environmental Engineering. 2016. No. 3. P. 90-96.
4. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for irrigation of agricultural crops // Bulletin of the Lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2018. P. 9-19.
5. Dubenok N.N., Mayer A. V. Combined irrigation system for irrigation of garden plantations // Bulletin of the lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2018. P. 43-51.
6. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the efficiency of irrigation reclamation in the zonal row of soils // Soil Science. 2015. No. 5. P. 587.
7. Kurbanov S. A., Mayer A. V. Research of the system of drip irrigation and fine sprinkling // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2012. No. 3. P. 5-9.
8. 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.
9. Degirmenci H. Tanriverdi C. Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

Information about the authors

Dubenok Nikolay Nikolaevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Land Reclamation of the Russian State Agricultural University - Moscow Agricultural Academy. K.A. Timiryazeva (RF127550 Moscow st. Timiryazevskaya 49, Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, phone: 89857544488, Email: dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich - Senior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after V.I. A.N. Kostyukova, (Russian Federation 127750 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St. 44, building 2), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, phone 89053378678, Email: 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 (РФ127550 Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: номер <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023> т. 89857544488 э/pn.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, ORCID: номер <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916> т.89053378678 э/pvkovniigim@yandex.ru