МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Обзорная статья

УДК 635.132:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-123-139

Орошение моркови: проблемы и перспективы

Александр Николаевич Бабичев¹, Ирина Владимировна Гурина²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹BabichevAN2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

Аннотация. Цель: изучить современные подходы к установлению режимов орошения и водопотребления моркови при поливах дождеванием. **Обсуждение.** Морковь является овощной культурой, востребованной на современном продовольственном рынке. В России в настоящее время возделывается не более 1–1,5 млн т корнеплодов моркови, что покрывает потребности страны лишь на 70–80 %. Остальное восполняется за счет импорта. В современных условиях повышение урожайности овощных культур, в т. ч. и моркови, невозможно без орошения. Многочисленные исследования подтверждают, что наряду с биологическими особенностями, природно-климатическими и другими факторами орошение влияет на урожайность моркови, значительно увеличивая ее по сравнению с богарой. Анализ результатов исследований последних лет позволил отметить, что наиболее распространенным способом полива посевов моркови является дождевание. Однако при этом необходимы значительные объемы оросительной воды, в связи с чем в современных условиях востребованы водосберегающие режимы орошения. Известно, что оптимальный водный режим почвы на посевах моркови складывается при поддержании влажности не ниже 75–80 % НВ. Критический период по обеспеченности влагой – от посева моркови до появления ее всходов, а также периоды наибольшего развития листьев и интенсивного корнеобразования. **Выводы.** Управление водным режимом достигается дифференциацией поливов по фазам роста и развития растений, по режимам влажности почвы, а также глубине увлажняемого слоя. Использование такого методологического подхода способствует уменьшению суммарного водопотребления, повышению эффективности использования влаги посевами. Перспективным является применение расчетных подходов к определению элементов водного баланса, позволяющих управлять водным режимом посевов моркови.

Ключевые слова: морковь, способ орошения, дождевание, режим орошения, водопотребление, оросительная норма, поливная норма, водный режим почвы

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Review article

Carrot irrigation: problems and prospects

Aleksandr N. Babichev¹, Irina V. Gurina²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹BabichevAN2006@yandex.ru, orcid.org/0000-0003-1146-7530

²i-gurina@mail.ru

Abstract. Purpose: to study modern approaches to the determination of irrigation regimes and water consumption for carrots during sprinkler irrigation. **Discussion.** Carrot is a vegetable crop in demand in the modern food market. In Russia, no more than 1–1.5 million tons of carrot root crops are currently cultivated, which covers the country's needs only by 70–80 %. The rest is replenished through imports. Under modern conditions, the increase of the vegetable crops yield, including carrots, is impossible without irrigation. Numerous studies confirm that, along with biological characteristics, climatic and other factors, irrigation affects the carrot yield, significantly increasing it in comparison with rainfed. The analysis of the recent research made it possible to note that the most common method of carrot crops watering is sprinkling. However, this requires significant volumes of irrigation water, and therefore, water-saving irrigation modes are in demand under modern conditions. It is known that the optimal soil water regime on carrot crops is formed when the moisture content is maintained at least 75–80 % HB. The critical period for moisture provision is from the carrots sowing to the appearance of their shoots, as well as the periods of the greatest frondescence and intensive root formation. **Conclusions.** Water regime management is achieved by irrigation differentiation by the plant growth and development phases, soil moisture regimes, as well as the depth of the wetted layer. The use of this methodological approach helps to reduce the total water consumption, to increase the efficiency of moisture use by crops. Using computational approaches to determine the elements of water balance, which make it possible to control the water regime of carrot crops is promising.

Keywords: carrots, irrigation method, sprinkling, irrigation regime, water consumption, irrigation rate, watering rate, soil water regime

Введение. Морковь является овощной культурой, востребованной на современном продовольственном рынке. Она отличается повышенным содержанием каротина и других витаминов, сахаристостью, а также служит источником минеральных солей, необходимых человеку. Корнеплоды моркови широко используются как в сыром виде, так и при домашних заготовках и в общественном питании. Консервная промышленность применяет морковь как основную часть при изготовлении овощных консервов, ее также используют при производстве детского питания – соков и пюре [1–4].

По данным ФАО, странами-лидерами по объемам выращиваемой моркови являются Китай, Узбекистан и США [5]. В России в настоящее время выращивается не более 1–1,5 млн т корнеплодов моркови, что закрывает потребности страны лишь на 70–80 %. Остальное восполняется за счет импорта, в основном из Китая, Израиля и Беларуси. Крайне низкой является урожайность моркови, возделываемой на отечественных полях, которая существенно не изменилась за последние 30 лет и, по статистическим данным, находится на уровне 22–24 т/га. Этим объясняется высокая

себестоимость выращивания моркови, что приводит к низкой конкурентоспособности отечественной продукции на российском рынке [1–4].

В современных условиях повышение урожайности овощных культур, в т. ч. и моркови, невозможно без орошения. Многочисленные исследования подтверждают, что наряду с биологическими особенностями, природно-климатическими и другими факторами орошение влияет на урожайность моркови, значительно увеличивая ее по сравнению с богарой [6–13].

В современном мировом овощеводстве поливы посевов моркови производят разными способами.

При выращивании овощных культур в 2010–2014 гг. в Подмосковье при дождевании и капельном орошении получена сопоставимая урожайность моркови. Однако применение капельного полива позволило сэкономить до 24–50 % оросительной воды [10].

В Латвии дождевание и капельное орошение сравнивались с неорошаемыми посевами. Изучались корнеплоды двух сортов моркови Невис F1 и Амстердам Бак 2-Sweatheart в 2010–2011 гг. Результаты исследований показали, что на урожайность корнеплодов и их качество оказывали существенное влияние влажность и температурный режим периодов вегетации. Существенного различия в содержании каротина в корнеплодах между богарным вариантом и орошением дождеванием не установлено. В этих двух вариантах содержание каротина было более высоким, чем при капельном орошении. Наилучшие показатели урожайности обоих изучаемых сортов были получены в варианте с поливом дождеванием, что позволило исследователям сделать вывод: дождевание посевов моркови более эффективно, чем капельные поливы [13].

Исследователями Бразилии подтверждена эффективность применения систем микродождевания при орошении посевов моркови по сравнению с системами капельного орошения. На участке, где выращивали мор-

ковь с использованием микродождевания, урожайность корнеплодов была более высокой [14].

Учеными Казахстана изучалась эффективность орошения моркови дождеванием по сравнению с поливами по бороздам, широко распространенными в республике. Применение дождевания обеспечило до 18,44 % экономии оросительной воды, при этом прибавка урожайности корнеплодов составила 3,1–4,3 т/га [15].

Представители Международного института прикладного системного анализа и Института устойчивого экономического развития Университета природных ресурсов и наук о жизни Австрии в своем исследовании [16] подчеркивают важность разработки и применения оптимальных стратегий управления орошением в условиях изменения климата. С помощью стохастического динамического программирования была проанализирована вероятность инвестирования в мелиоративную систему для полива дождеванием и систему капельного орошения. Прогнозные расчеты выполнялись до 2040 г. Проведенными расчетами на основе статистической модели и модели биофизического процесса для конкретных культур установлено, что инвестиции в системы капельного орошения невыгодны. Наиболее вероятно при возделывании моркови применение дождевания.

Таким образом, изучение мирового и отечественного опыта возделывания моркови на орошаемых землях подтверждает целесообразность применения дождевания, в связи с чем цель данного исследования заключалась в изучении современных подходов к установлению режимов орошения и водопотребления моркови при поливах дождеванием.

Обсуждение. Для нормального роста и развития растениям моркови необходима влага. При ее дефиците замедляется рост растений, происходит потеря сухих веществ, это приводит к ухудшению лежкости при хранении. Оптимальный водный режим почвы на посевах моркови складывается при поддержании порога влажности почвы не ниже 75–80 % НВ. Кри-

тический период по обеспеченности влагой – от посева моркови до появления ее всходов, а также периоды наибольшего развития листьев и интенсивного корнеобразования [17].

Вопросами орошения моркови занимались многие ученые.

С. В. Сараной разработана водосберегающая технология орошения моркови. Ее применение позволяет получать до 60 т/га высококачественных корнеплодов при экономии до 18 % оросительной воды [18].

Исследованиями, проведенными на посевах моркови сорта Шантане 2461 в Волгоградской ГСХА и в совхозе «Котлубань» Городищенского района Волгоградской области, установлено, что наиболее эффективна дифференциация предполивного порога влажности 85 % НВ – 70 % НВ – 70 % НВ в зависимости от фаз развития растений моркови, поскольку расход оросительной воды на создание 1 т продукции при этом наименьший. Для поддержания предложенного режима влажности почвы в условиях острозасушливого года необходимо 15 поливов, в условиях влажного года – восемь поливов поливными нормами 150–500 м³/га. Оросительные нормы варьируют от 2500 до 4400 м³/га. Подобный методологический подход, заключающийся в дифференциации влажности почвы в соответствии с фазами развития растений, приводит к снижению суммарного и среднесуточного водопотребления посевами моркови на 6–12 % [18].

Исследованиями Х. У. Бекшокова установлено влияние гидрометеорологических факторов на режим орошения и водопотребление моркови. Полевые опыты проводились в 1998–2001 гг. на посевах моркови сорта Шантане 2461 в ОАО «Псынабское», расположенном в 30 км от г. Нальчика. Поливы осуществлялись дождеванием ДДА-100МА. Почвы опытного участка – черноземы выщелоченные.

Х. У. Бекшоковым были разработаны и предложены сельскохозяйственному производству дифференцированные режимы орошения, зависящие от условий тепловлагообеспеченности и планируемой урожайно-

сти моркови. Для получения 40 т/га корнеплодов в слабозасушливой степной зоне Кабардино-Балкарии в условиях среднесухого года проводят шесть поливов оросительной нормой 2600 м³/га, в условиях среднего года – шесть поливов оросительной нормой 2000 м³/га, в условиях средневлажного года – четыре полива суммарной нормой 1600 м³/га.

Исследованиями установлено, что дифференцированные режимы орошения оказывают влияние на урожайность моркови и водопотребление: при снижении величин оросительных норм на 20 и 40 % урожайность корнеплодов уменьшилась на 9 и 22 %, водопотребление – на 7 и 14 % соответственно. В среднесухой год при уменьшении величин оросительных норм на 20 и 40 % от расчетной было установлено снижение урожайности моркови на 11 и 23 %, в средний – на 9 и 18 %, в средневлажный – на 7 и 15 % соответственно [19].

Г. В. Ольгаренко и Х. У. Бекшоковым [19] предложена методика определения водопотребления, усовершенствованная введением в расчетные зависимости ряда коэффициентов: региональных биологических коэффициентов водопотребления, коэффициентов, учитывающих влияние влажности почвы, а также микроклиматических коэффициентов для условий степной зоны Кабардино-Балкарии. Точность расчетов по разработанным зависимостям увеличилась на 15–20 %.

Ю. Ю. Лемякиным предложена оптимизация водного и пищевого режимов за счет дифференциации поливов по фазам роста и развития растений моркови и по глубине расчетного слоя. Исследования проводились в 2000–2002 гг. в КФХ «Василенко Лидия Николаевна» Городищенского района Волгоградской области. Способ полива посевов – дождевание дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка». Почвенный покров опытного участка был представлен средне- и тяжелосуглинистыми светло-каштановыми почвами [20, 21].

В условиях полевых опытов изучался дифференцированный режим

орошения моркови сорта Нантская: влажность почвы была не ниже 85 % НВ в период всходов – начала утолщения корневой шейки, 70 % НВ – в период утолщения корневой шейки – технической спелости, 60 % НВ – в период технической спелости – уборки урожая. Также варьировали глубиной активного слоя: в начальный период вегетации растений во всех вариантах она составляла 0,2 м, в периоды утолщения корневой шейки – технической спелости, технической спелости – уборки урожая – 0,2–0,5 м [20].

Для получения запланированной урожайности корнеплодов моркови вносились минеральные удобрения. Было заложено несколько вариантов: без внесения удобрений – контрольный вариант, для получения 30 т корнеплодов с гектара – $N_{60}P_{40}K_{20}$, 50 т/га – $N_{100}P_{80}K_{60}$, 70 т/га – $N_{140}P_{120}K_{100}$.

Проведенными исследованиями было установлено, что для получения не менее 66,5 т корнеплодов с гектара необходимо вносить норму удобрения $N_{140}P_{120}K_{100}$ при режиме влажности почвы, дифференцированном по фазам роста и развития моркови: 85 % НВ – посев – утолщение корневой шейки, 70 % НВ – утолщение корневой шейки – техническая спелость, 60 % НВ – техническая спелость – уборка урожая. Также В. М. Жидковым, Ю. Ю. Лемякиным рекомендовано варьировать по фазам и глубину увлажняемого слоя почвы: посев – утолщение корневой шейки – 0,2 м, утолщение корневой шейки – уборка – 0,4 м [20].

В условиях острозасушливого года режим орошения моркови предусматривал 18 поливов, среднесухого года – 15, влажного – 10 вегетационных поливов. Величины поливных норм также изменялись в зависимости от фаз: посев – утолщение корневой шейки – 100 м³/га, утолщение корневой шейки – техническая спелость – 350 м³/га, техническая спелость – уборка урожая – 450 м³/га [21].

Суммарное водопотребление за годы исследований в среднем составляло 5795–6420 м³/га. В структуре суммарного водопотребления посе-

вов моркови основная доля во все годы исследований приходилась на оросительную норму [21].

В результате исследований М. А. Рябовым была разработана биолого-математическая модель управления водным режимом посевов моркови для получения до 80 т/га корнеплодов высокого качества. Исследования проводились в 2003–2005 гг. в сухостепной зоне Правобережья Волги на посевах моркови Ройал Рекс и Ройал Шансон. Посевы орошались дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка». Почвы опытного участка – каштановые среднемощные тяжелосуглинистые [22].

Параметры разработанной модели включали: фазы роста и развития растений моркови, их среднюю продолжительность, сумму температур за фазу, водопотребление посевов при нормальной влагообеспеченности. В расчетах при прогнозировании эвапотранспирации использовались разработанные формулы. Алгоритм расчетов по биолого-математической модели следующий: определить влагозапасы в расчетном слое почвы 0,6 м в период посева моркови, затем допустимый дефицит водного баланса при уменьшении влажности почвы в данном слое до 80–85 % НВ. Поливы проводятся при достижении дефицитом водного баланса предельных значений в расчетном слое почвы. В опытно-производственных условиях разработанные модель и алгоритм показали достаточно высокую точность. Вычисленные сроки полива совпадали со сроками, установленными по фактической влажности почвы [22].

В. И. Филин и М. А. Рябов отмечают высокую эффективность применения удобрений при орошении посевов моркови. Так, по их данным, без удобрений с орошаемого гектара получают 42,0–47,1 т корнеплодов, внесение минеральных и органических удобрений (в виде высушенного куриного помета) увеличивает урожайность моркови до 76,2–79,0 т/га. Такая урожайность достигается при орошении дождеванием при поддержании предполивного порога влажности расчетного слоя почвы 0,6 м выше

80 % НВ [23]. Режим орошения моркови в годы исследований предусматривал 11–15 поливов поливными нормами 250–450 м³/га. Суммарное водопотребление варьировало от 5799 до 7067 м³/га. Основную долю в структуре суммарного водопотребления занимала оросительная норма – 70,4 % [22].

В. В. Бородычевым, С. А. Дусарем, А. А. Мартыновой предложено в технологию возделывания моркови на орошаемых землях ввести освежительные поливы, проведение которых наряду с регулированием влажности почвы стационарными дождевальными машинами спринклерного типа позволяет интенсифицировать продукционный процесс, обеспечив урожайность посевов не менее 80 т/га [24]. По мнению А. С. Овчинникова, С. А. Дусаря, В. В. Бородычев, А. А. Мартыновой, освежительные поливы активизируют фотосинтетическую деятельность растений моркови, что приводит к увеличению площади листового аппарата. Дополнение режима орошения моркови освежительными поливами приводит к интенсивному накоплению органического вещества, хорошему росту и развитию растений, что подтверждается исследованиями, проведенными в 2015–2017 гг. на опытном участке со светло-каштановыми среднесуглинистыми почвами в КФХ «Лемякин Ю. Ю.» Городищенского района Волгоградской области [25].

Следует отметить, что совместное регулирование водного режима почвы и влажности воздуха в посевах требует увеличения объемов подаваемой оросительной воды: при проведении освежительных поливов в дни с относительной влажностью воздуха менее 30 % до 320 м³/га, при относительной влажности воздуха 50 % – 280–740 м³/га, при 70 % – 800 м³/га. При комбинированном режиме орошения с сочетанием вегетационных и освежительных поливов значения суммарного водопотребления моркови составляли 4990–5300 м³/га. Дополнение режима орошения освежительными поливами привело к увеличению значений суммарного водопотребления на 63–226 м³/га, что гораздо меньше затрачиваемых на них объемов

оросительной воды. Экономия 100–300 м³/га оросительной воды достигалась за счет уменьшения испарения и транспирации посевов [26].

С. А. Дусарем предложена нелинейная зависимость, позволяющая интерполировать изменения температурных коэффициентов испарения и увеличить точность расчетов суммарного водопотребления в любой период роста и развития растений моркови.

Для получения не менее 80 т/га высококачественных корнеплодов рекомендуется использовать следующий режим орошения: вегетационные поливы назначать при снижении влажности почвы до 80 % НВ, от посева до фазы образования 2-го листа – в расчетном слое 0,3 м, затем до конца вегетационного периода – в расчетном слое 0,5 м. Помимо вегетационных, при уменьшении относительной влажности воздуха до 50 % и повышении среднесуточной температуры воздуха более +25 °С рекомендуется проводить освежительные поливы посевов моркови [24].

Исследователями Польши изучалось влияние орошения дождеванием на урожайность корнеплодов моркови, возделываемой на легких почвах в пяти регионах страны [27]. Потребность во влаге растений в течение вегетационного периода составляла 300–400 мм, моркови высокоурожайных сортов – до 350–400 мм. Дефицит естественной влагообеспеченности достигал 110 мм. В работе была установлена взаимосвязь, описанная прогностической формулой, между прибавкой урожайности от орошения и доступной влагой в виде осадков в критический по влагообеспеченности период вегетации моркови с 1 мая по 31 июля. Проведенная расчетная оценка показала, что самый большой дефицит осадков в среднезасушливые годы имелся в центральных районах Польши, в очень засушливые годы – в центрально-восточном регионе страны. Наибольшую прибавку урожайности корнеплодов в засушливые и среднезасушливые годы можно получить в северо-западном районе страны, в очень засушливые годы – в центрально-восточном регионе Польши. Б. Ягош и др. подчеркивают важность ороше-

ния овощных культур, в т. ч. и моркови, при усилении неблагоприятных климатических условий, связанных с глобальным изменением климата [27].

Влияние орошения на урожайность посевов моркови изучено в полевых опытах, проводившихся в 2010 г. в центральной части Венгрии на песчаных почвах [28]. В связи с хорошей естественной влагообеспеченностью посевов было проведено три вегетационных полива в июле. Оросительная норма составила 690 м³/га. Результаты проведенных исследований позволили отметить, что урожайность моркови на орошаемом участке составила 108 т/га и была на 59 % выше, чем на неорошаемом, где с 1 га получили 68 т. Более высокий средний вес корнеплода (124 г) был также установлен в орошаемом варианте, в богарном варианте он составил 79 г. В процессе исследований не было установлено влияния орошения на содержание питательных веществ в корнеплодах моркови, что объясняется хорошей обеспеченностью всех посевов осадками, поливы на орошаемом участке проводились только в июле. Также А. Омбоди и др. отмечают, что внесение двойной дозы минеральных удобрений не оказало существенного влияния ни на урожайность корнеплодов, ни на их качество [28].

Исследователями Кубы [29] была выполнена проверка и калибровка имитационной модели водного баланса ISAREG для овощных культур (сладкого перца, чеснока, лука, капусты и моркови), орошаемых микро-спринклерными системами, в условиях ирригационной станции Алькисара к югу от Гаваны. Овощи на Кубе обычно выращивают в засушливый сезон, когда осадков выпадает не более 25 % от годового количества, в связи с чем для гарантированного получения овощной продукции необходимо орошение. Как правило, применяемые режимы орошения сельскохозяйственных культур предусматривают частые поливы с увлажнением поверхностного слоя не менее 75 % полевой влагоемкости.

Калибровка и проверка модели ISAREG проводилась с помощью наборов данных для каждой сельскохозяйственной культуры с использова-

нием результатов полевых исследований. Исходными данными для расчета являлись: осадки, эталонная эвапотранспирация, общая и легкодоступная почвенная влага, влажность почвы при посеве культуры, влияние грунтовых вод, коэффициент урожая и процент иссушения при отсутствии стресса в определенные фазы развития культуры, глубина проникновения корневых систем, глубина увлажнения и коэффициент урожайности. Модель ISAREG предназначена для определения водного баланса в корнеобитаемом слое в различные фазы вегетации сельскохозяйственных культур [29].

Модель вычисляет потенциальную эвапотранспирацию сельскохозяйственных культур с помощью эталонного суммарного испарения и коэффициентов сельскохозяйственных культур. Фактическое суммарное испарение рассчитывается моделью как функция доступной почвенной влаги в корнеобитаемом слое при отсутствии иссушения и уменьшается в зависимости от доступной влаги. Результаты проведенных исследований показали, что коэффициенты регрессии, связывающие смоделированные и наблюдаемые значения, были близки к 1,0, а коэффициенты детерминации были выше 0,80, что позволяет использовать данную модель для управления орошением [29].

Выводы. Анализ зарубежных и отечественных исследований в области орошения моркови подтверждает высокую его эффективность для гарантированного получения корнеплодов высокого качества. Ряд исследователей отмечали преимущества дождевания как наиболее эффективного способа полива посевов моркови, однако при этом необходимы значительные объемы оросительной воды. Дифференциация поливов по фазам роста и развития растений, по режимам влажности почвы, а также глубине увлажняемого слоя способствует уменьшению суммарного водопотребления, повышению эффективности использования влаги посевами. Перспективным является применение расчетных подходов к определению элементов водного баланса, позволяющих управлять водным режимом посевов моркови.

Список источников

1. Прянишникова В. Е., Хмелинская Т. В. Оценка генофонда моркови по урожайности и качеству на Волгоградской опытной станции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 4. С. 65–70. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-65-70.
2. Рекомендации по технологии возделывания моркови на орошаемых землях Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, И. В. Гурина, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск, 2021. 14 с.
3. Бородычев В. В., Мартынова А. А., Лытов М. Н. Возделывание моркови в условиях орошения: от эксперимента к технологии: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. 204 с.
4. Производство моркови столовой в России / М. В. Шатилов, А. Ф. Разин, О. А. Разин, М. И. Иванова, Л. М. Соколова, А. А. Платицын, С. В. Шилов, Н. А. Орлова // Аграрная Россия. 2020. № 1. С. 21–30.
5. FAOStat – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#country> (date of access: 22.04.2021).
6. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Курбанова Л. Г. Приемы повышения продуктивности моркови // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 3-3(57). С. 129–132. DOI: 10.23670/IRJ.2017.57.018.
7. Макарычев С. В., Березовская К. В. Особенности формирования почвенно-физических условий при орошении моркови // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2(136). С. 58–62.
8. Кулыгин В. А. Влияние уровней минерального питания и увлажнения почв на продуктивность овощных культур и картофеля // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 131–142. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=933> (дата обращения: 22.04.2021).
9. Михеев П. А., Иванова Н. А. Научное обоснование режимов орошения основных сельскохозяйственных культур современной дождевальной техникой в условиях юга России // Природообустройство. 2016. № 5. С. 47–52.
10. Меньших А. М. Сравнительная эффективность капельного орошения и дождевания при выращивании овощных культур в Подмосковье // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 42–45. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-9.
11. Пчёлкин В. В., Владимиров С. О., Кузина О. М. Влияние водного режима дерново-подзолистых почв на их плодородие при выращивании моркови столовой // Природообустройство. 2018. № 5. С. 92–97. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-5-92-97.
12. Гурина И. В., Михеев Н. В., Шемет С. Ф. Режим орошения и водопотребление овощных культур при поливах современной дождевальной техникой // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Междунар. науч.-практ. Интернет-конф., посвящ. 50-летию масштаб. прогр. развития мелиорации земель. 2016. С. 66–74.
13. Zeipîņa S., Alsîņa I., Lepse L. The effect of watering on yield and quality of carrots // Acta Horticulturae. 2014, 20 June. Vol. 1038. P. 223–230. DOI: 10.17660/actahortic.2014.1038.26.
14. Weed interference in carrot yield in two localized irrigation systems / L. T. R. T. Reginaldo, H. A. Lins, M. D. F. Sousa, T. M. D. S. Teófilo, V. Mendonça, D. V. Silva // Revista Caatinga. 2021. Vol. 34, iss. 1. P. 119–131. DOI: 10.1590/1983-21252021v34n113rc.
15. Prospects for using sprinkler irrigation for carrots (*Daucus carota* L.) in the Foothills of South-east Kazakhstan / D. Seidazimova, T. Aitbayev, L. Hufnagel, G. Kampitova, B. Rakhymzhanov // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2016, June. Vol. 13, iss. 2. P. 653–659. DOI: 10.13005/bbra/2081.

16. Optimal irrigation management strategies under weather uncertainty and risk / F. Strauss, C. Neumesser, S. Fuss, J. Szolgayová, E. Schmid // *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics*. 2011. Vol. 20, iss. 2. P. 45–54.

17. Гурина И. В., Михеев Н. В., Коржов В. И. Возделывание моркови в летнем посеве в условиях орошения Нижнего Дона // *Евразийский Союз Ученых*. 2019. № 5(62). С. 59–62.

18. Сарана С. В. Дифференцированный режим орошения и водопотребления моркови в условиях Волго-Донского междуречья Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Волгоград, 1999. 24 с.

19. Ольгаренко Г. В., Бекشوков Х. У. Нормирование режимов орошения с учетом изменчивости гидрометеорологических факторов // *Актуальные вопросы повышения эффективности водных мелиораций в Южном федеральном округе: материалы науч. секции «Эксплуатация гидромелиоратив. систем» Отд-ния земледелия, мелиорации и лес. хоз-ва Россельхозакадемии / М-во сел. хоз-ва РФ; Рос. акад. с.-х. наук; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад.; Юж. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации*. 2000. С. 134–140.

20. Жидков В. М., Лемякин Ю. Ю. Усовершенствования режима орошения и применения удобрений, как основных элементов технологии возделывания моркови // *Материалы международной конференции, посвященной 60-летию разгрома немецко-фашистских войск под Сталинградом*. Волгоград: ВГСХА, 2003. С. 26–27.

21. Жидков В. М., Лемякин Ю. Ю. Режим орошения моркови на светло-каштановых почвах Волгоградской области // *Вестник АПК Волгоградской области*. 2002. № 6(214). С. 16–17.

22. Филин В. И., Рябов М. А. Особенности технологии выращивания столовой моркови при орошении на каштановых почвах // *Научное обеспечение национального проекта «Развитие АПК»: материалы науч.-практ. конф., 31 янв. – 2 февр. 2007 г. Волгоград, 2008*. С. 148–151.

23. Филин В. И., Рябов М. А. Применение сухого куриного помета при возделывании моркови при орошении // *Плодородие*. 2007. Прил. к № 2. С. 29.

24. Бородычев В. В., Дусарь С. А., Мартынова А. А. Научное обоснование технологии орошения моркови стационарными дождевальными системами спринклерного типа // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2016. № 2(62). С. 5–9.

25. Основные факторы активизации фотосинтетической деятельности и урожайность моркови столовой при орошении стационарными дождевальными системами спринклерного типа / А. С. Овчинников, С. А. Дусарь, В. В. Бородычев, А. А. Мартынова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 3(47). С. 64–73.

26. Водопотребление и орошение моркови низкоинтенсивными стационарными дождевальными системами / А. С. Овчинников, С. А. Дусарь, В. В. Бородычев, А. А. Мартынова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 1(45). С. 9–20.

27. Effect of sprinkler irrigation on yield increasing of carrot roots obtained in cultivation on light soil in different regions of Poland / B. Jagosz, S. Rolbiecki, R. Rolbiecki, A. Figas, W. Ptach // *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 1135–1139. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N117.

28. Effect of irrigation and increased potassium supply on the yield and nutritive composition of carrot / A. Ombódi, K. Zalotai, A. Lugasi, F. Boross, L. Helyes // *Acta Horticulturae*. 2015, 25 Sept. Vol. 1099. P. 447–454. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1099.54.

29. Determination of crop coefficients for horticultural crops in Cuba through field experiments and water balance simulation / Y. Chaterlan, M. León, C. Duarte, T. López, P. Paredes, L. S. Pereira // *Acta Horticulturae*. 2011, 4 Mar. Vol. 889. P. 475–482. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.889.60.

References

1. Pryanishnikova V.E., Khmelinskaya T.V., 2020. *Otsenka genofonda morkovi po urozhaynosti i kachestvu na Volgogradskoy opytnoy stantsii VIR* [Evaluation of the carrot gene pool for yield and quality at Volgograd experimental station VIR]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], vol. 181, no. 4, pp. 65-70, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-65-70. (In Russian).
2. Masny R.S., Vasiliev S.M., Babichev A.N., Gurina I.V., Monastyrsky V.A., Ol-garenko V.Ig., Babenko A.A., 2021. *Rekomendatsii po tekhnologii vozdel'yvaniya morkovi na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Recommendations for the Technology of Carrots Cultivation on Irrigated Lands in Rostov Region]. Novocherkassk, 14 p. (In Russian).
3. Borodychev V.V., Martynova A.A., Lytov M.N., 2019. *Vozdel'yvanie morkovi v usloviyakh orosheniya: ot eksperimenta k tekhnologii: monografiya* [Carrot Cultivation under Irrigation Conditions: From Experiment to Technology: monograph]. Volgograd, Volgograd GAU, 204 p. (In Russian).
4. Shatilov M.V., Razin A.F., Razin O.A., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Platitsyn A.A., Shilov S.V., Orlova N.A., 2020. *Proizvodstvo morkovi stolovoy v Rossii* [Production of garden carrot in Russia]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], no. 1, pp. 21-30. (In Russian).
5. FAOStat – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division, available: <http://www.fao.org/faostat/ru/#country> [accessed 22.04.2021].
6. Kurbanov S.A., Magomedova D.S., Kurbanova L.G., 2017. *Priemy povysheniya produktivnosti morkovi* [Techniques for increasing the carrot productivity]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal], no. 3-3(57), pp. 129-132, DOI: 10.23670/IRJ.2017.57.018. (In Russian).
7. Makarychev S.V., Berezovskaya K.V., 2016. *Osobennosti formirovaniya pochvenno-fizicheskikh usloviy pri oroshenii morkovi* [Features of the formation of soil-physical conditions during irrigation of carrots]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Altai State Agrarian University], no. 2(136), pp. 58-62. (In Russian).
8. Kulygin V.A., 2018. [The influence of mineral nutrition status and soil moisture on vegetable crops and potato productivity]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 131-142, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=933> [accessed 22.04.2021]. (In Russian).
9. Mikheev P.A., Ivanova N.A., 2016. *Nauchnoe obosnovanie rezhimov orosheniya osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur sovremennoy dozhdeval'noy tekhnikoy v usloviyakh yuga Rossii* [Scientific basis for irrigation regime of the main crops by modern irrigation technology in the south of Russia]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 5, pp. 47-52. (In Russian).
10. Men'shikh A.M., 2020. *Sravnitel'naya effektivnost' kapel'nogo orosheniya i dozhdevaniya pri vyrashchivanii ovoshchnykh kul'tur v Podmoskov'e* [Comparative efficiency of drip irrigation and sprinkler irrigation when growing vegetables in Moscow region]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1, pp. 42-45, DOI: 10.35809/2618-8279-2020-1-9. (In Russian).
11. Pcheolkin V.V., Vladimirov S.O., Kuzina O.M., 2018. *Vliyanie vodnogo rezhima dernovo-podzolistykh pochv na ikh plodorodie pri vyrashchivanii morkovi stolovoy* [Influence of water regime of sod-podzolic soils on their fertility when growing table carrot]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 5, pp. 92-97, DOI: 10.26897/1997-6011/2018-5-92-97. (In Russian).
12. Gurina I.V., Mikheev N.V., Shemet S.F., 2016. *Rezhim orosheniya i vodopotreblenie ovoshchnykh kul'tur pri polivakh sovremennoy dozhdeval'noy tekhnikoy* [Irrigation regime and water consumption of vegetable crops during irrigation with modern sprinkling ma-

chinery]. *Melioratsiya v Rossii: potentsial i strategiya razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy Internet-konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu masshtabnoy programmy razvitiya melioratsii zemel* [Irrigation in Russia: Potential and Development Strategy: Proc. of the International Scientific-Practical Internet Conference Dedicated to 50th Anniversary Large-Scale Program Development of Land Reclamation], pp. 66-74. (In Russian).

13. Zeipina S., Alsina I., Lepse L., 2014. The effect of watering on yield and quality of carrots. *Acta Horticulturae*, 20 June, vol. 1038, pp. 223-230, DOI: 10.17660/actahortic.2014.1038.26.

14. Reginaldo L.T.R.T., Lins H.A., Sousa M.D.F., Teófilo T.M.D.S., Mendonça V., Silva D.V., 2021. Weed interference in carrot yield in two localized irrigation systems. *Revista Caatinga*, vol. 34, iss. 1, pp. 119-131, DOI: 10.1590/1983-21252021v34n113rc.

15. Seidazimova D., Aitbayev T., Hufnagel L., Kampitova G., Rakhymzhanov B., 2016. Prospects for using sprinkler irrigation for carrots (*Daucus carota* L.) in the Foothills of South-east Kazakhstan. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, June, vol. 13, iss. 2, pp. 653-659, DOI: 10.13005/bbra/2081.

16. Strauss F., Heumesser C., Fuss S., Szolgayová J., Schmid E., 2011. Optimal irrigation management strategies under weather uncertainty and risk. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics*, vol. 20, iss. 2, pp. 45-54.

17. Gurina I.V., Mikheev N.V., Korzhov V.I., 2019. *Vozdelyvanie morkovi v letnem poseve v usloviyakh orosheniya Nizhnego Dona* [Cultivation of summer sowing carrots under irrigation conditions in the Lower Don]. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], no. 5(62), pp. 59-62. (In Russian).

18. Sarana S.V., 1999. *Differentsirovannyi rezhim orosheniya i vodopotrebleniya morkovi v usloviyakh Volgo-Donskogo mezhdurech'ya Volgogradskoy oblasti. Avtoreferat diss. kand. s.-kh. nauk* [Differentiated regime of irrigation and water consumption of carrots under the conditions of the Volga-Don interfluvium of Volgograd region. Abstract of cand. agri. sci. diss.]. Volgograd, 24 p. (In Russian).

19. Olgarenko G.V., Bekshokov Kh.U., 2000. *Normirovanie rezhimov orosheniya s uchetom izmenchivosti gidrometeorologicheskikh faktorov* [Rationing of irrigation regimes taking into account the variability of hydrometeorological factors]. *Aktual'nye voprosy povysheniya effektivnosti vodnykh melioratsiy v Yuzhnom federal'nom okruge: materialy nauchnoy sekcii "Ekspluatatsiya gidromeliorativnykh sistem"* Otdeleniya zemledeliya, melioratsii i lesnogo khozyaystva Rossel'khozakademii [Current Issues of Increasing the Efficiency of Water Reclamation in the Southern Federal District: Proc. of Scientific Section "Operation of Irrigation and Drainage Systems" Departments of Agriculture, Land Reclamation and Forest Farms of the Russian Agricultural Academy], pp. 134-140. (In Russian).

20. Zhidkov V.M., Lemyakin Yu.Yu., 2003. *Uovershenstvovaniya rezhima orosheniya i primeneniya udobreniy, kak osnovnykh elementov tekhnologii vozdelvaniya morkovi* [Improvement of the irrigation regime and the fertilizers application as the main elements of carrot cultivation technology]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu razgroma nemetsko-fashistskikh voysk pod Stalingradom* [Proc. of the International Conference Dedicated to the 60th Anniversary of the Defeat of Nazi Troops at Stalingrad]. Volgograd, VGSKhA, pp. 26-27. (In Russian).

21. Zhidkov V.M., Lemyakin Yu.Yu., 2002. *Rezhim orosheniya morkovi na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoy oblasti* [Regime of irrigation of carrots on light chestnut soils of Volgograd region]. *Vestnik APK Volgogradskoy oblasti* [Bull. of Agro-Industrial Complex of Volgograd Region], no. 6(214), pp. 16-17. (In Russian).

22. Filin V.I., Ryabov M.A., 2008. *Osobennosti tekhnologii vyrashchivaniya stolovoy morkovi pri oroshenii na kashtanovykh pochvakh* [Features of the technology of table carrots growth with irrigation on chestnut soils]. *Nauchnoe obespechenie natsional'nogo proekta*

“Razvitie APK”: *materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific Support of the National Project “Development of the Agro-Industrial Complex”: Proc. of Scientific and Practical Conference]. Volgograd, pp. 148-151. (In Russian).

23. Filin V.I., Ryabov M.A., 2007. *Primenenie sukhogo kurinogo pometa pri vozde-lyvanii morkovi pri oroshenii* [Application of dry chicken manure in the carrot cultivation during irrigation]. *Plodorodie* [Fertility], app. to no. 2, p. 29. (In Russian).

24. Borodychev V.V., Duser S.A., Martynova A.A., 2016. *Nauchnoe obosnovanie tekhnologii orosheniya morkovi statsionarnymi dozhdeval'nymi sistemami sprinklernogo tipa* [Scientific substantiation of the technology of irrigation of carrots with stationary sprinkler systems of sprinkler type]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(62), pp. 5-9. (In Russian).

25. Ovchinnikov A.S., Duser S.A., Borodychev V.V., Martynova A.A., 2017. *Osnovnye faktory aktivizatsii fotosinteticheskoy deyatel'nosti i urozhaynost' morkovi stolovoy pri oroshenii statsionarnymi dozhdeval'nymi sistemami sprinklernogo tipa* [The main factors of intensification of photosynthetic activity and yield of carrot under irrigation stationary sprinkler systems sprinkler]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(47), pp. 64-73. (In Russian).

26. Ovchinnikov A.S., Duser S.A., Borodychev V.V., Martynova A.A., 2017. *Vodopotrebleniye i orosheniye morkovi nizkointensivnymi statsionarnymi dozhdeval'nymi sistemami* [Water consumption and irrigation of carrots with low-intensity stationary sprinkling systems]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 1(45), pp. 9-20. (In Russian).

27. Jagosz B., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Figas A., Ptach W., 2019. Effect of sprinkler irrigation on yield increasing of carrot roots obtained in cultivation on light soil in different regions of Poland. *Engineering for Rural Development*, vol. 18, pp. 1135-1139, DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N117.

28. Ombódi A., Zalotai K., Lugasi A., Boross F., Helyes L., 2015. Effect of irrigation and increased potassium supply on the yield and nutritive composition of carrot. *Acta Horticulturae*, 25 Sept., vol. 1099, pp. 447-454, DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1099.54.

29. Chaterlan Y., León M., Duarte C., López T., Paredes P., Pereira L.S., 2011. Determination of crop coefficients for horticultural crops in Cuba through field experiments and water balance simulation. *Acta Horticulturae*, vol. 889, pp. 475-482, DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.889.60.

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.04.2021; одобрена после рецензирования 31.05.2021; принята к публикации 04.06.2021.

The article was submitted 08.04.2021; approved after reviewing 31.05.2021; accepted for publication 04.06.2021.