

Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика


Оригинальная статья

УДК 631.674.6 (470.0)

DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-6-14



ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ МАЛИНЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Дубенок Николай Николаевич , академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор

WOSResearchID: AAC-7746-2020; ScopusAuthorID: 57200111134; РИНЦИД: 315062; ndubenok@rgau-msha.ru

Гемонов Александр Владимирович , канд. с.-х. наук, доцент

WOS Research ID: AAE-7030-2022; ScopusAuthor ID: 57214148770; РИНЦИД: 877247; alebedev@rgau-msha.ru

Лебедев Александр Вячеславович, канд. с.-х. наук, доцент

WOSResearchID: AAX-9891-2020; ScopusAuthorID: 57214907823; РИНЦИД: 738683.alebedev@rgau-msha.ru

Ильченко Кирилл Юрьевич, аспирант

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

Аннотация. Для получения качественного посадочного материала, высоких и устойчивых урожаев малины в нестабильных погодных условиях необходима разработка ресурсосберегающих технологий, которые в настоящее время отсутствуют для Центрального Нечерноземья европейской части России. Цель исследований – выявить особенности водопотребления малины при различных режимах капельного орошения в условиях Центрального Нечерноземья России. Исследования проводились на базе лаборатории плодородия «Мичуринский сад» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Двухфакторный полевой опыт заложен осенью 2019 г. Капельное орошение малины позволяет в значительной степени экономить поливную воду в сравнении с другими способами полива (по бороздам, дождевание и др.). Проведенные исследования показали, что в варианте опыта с поддержанием влажности почвы в диапазоне 80-100% НВ экономия поливной воды по сравнению с поливом по бороздам составила в среднем 65%, а в варианте 60-80% НВ – 78%. Кроме того, использование локального орошения способствует созданию оптимального водно-воздушного режима почвы. Наибольшим суммарным водопотреблением характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 80-100% НВ (в среднем 4342 м³/га), а наименьшим – 60-80% НВ (в среднем 4026 м³/га). Исследование вклада основных элементов водного баланса в водопотребление показало, что в орошаемых вариантах опыта значительную долю составляют атмосферные осадки (от 71 до 81%), а вклад оросительной нормы в суммарное водопотребление составляет от 15 до 22%.

Ключевые слова: капельное орошение, малина, водопотребление, Нечерноземная зона России

Формат цитирования: Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Ильченко К.Ю. Водопотребление малины при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья // Природообустройство.2023. № 2. С. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-6-14.

© Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Ильченко К.Ю., 2023

Scientific article

RASPBERRY WATER CONSUMPTION DURING DRIP IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

Dubenok Nikolay Nikolaevich , Academician of the Russian Academy of Sciences,
doctor of agricultural sciences, professor

A Research ID: AAS-7746-2020; Scopus Author ID: 57200111134; RSCID: 315062; ndubenok@rgau-msha.ru

Gemonov Alexander Vladimirovich ✉, candidate of agricultural sciences, associate professor

WOS Research ID: AAE-7030-2022; Scopus Author ID: 57214148770; RSCI ID: 877247; alebedev@rgau-msha.ru

Lebedev Alexander Vyacheslavovich, candidate of agricultural sciences, associate professor

WOS Research ID: AAX-9891-2020; Scopus Author ID: 57214907823; RSCID: 738683. alebedev@rgau-msha.ru

Kirill Yurievich Ilchenko, post graduate student

State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49, Russia

Annotation. To obtain high-quality planting material, high and stable raspberry yields in unstable weather conditions, it is necessary to develop resource-saving technologies that are currently not available for the Central Non-Chernozem region of the European part of Russia. The purpose of the study is to identify the features of raspberry water consumption under various drip irrigation regimes in the conditions of the Central Non-Chernozem region of Russia. Field studies were carried out on the basis of the laboratory of fruit growing «Michurinskiy Sad» of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev. A two-factor field experiment was laid down in the fall of 2019. Drip irrigation of raspberries can significantly save irrigation water in comparison with other irrigation methods (furrows, sprinkling, etc.). The conducted studies showed that in the variant of the experiment with maintaining soil moisture in the range of 80-100% of the lowest moisture capacity, the saving of irrigation water compared to furrow irrigation was on average 65%, and in the variant of 60-80% of the lowest moisture capacity – 78%. In addition, the use of local irrigation contributes to the creation of an optimal water-air regime of the soil. The highest total water consumption is characterized by the variant of the experiment with maintaining moisture in the root layer of the soil in the range of 80-100% of the lowest moisture capacity (on average 4342 m³/ha), and the smallest – 60-80% of the lowest moisture capacity (on average 4026 m³/ha). The study of the contribution of the main elements of the water balance to water consumption showed that for the irrigated variants of the experiment, precipitation has a significant share (from 71 to 81%), and the contribution of the irrigation rate to the total water consumption is from 15 to 22%.

Keywords: raspberry, drip irrigation, water consumption, Non-Chernozem zone of Russia

Format of citation: Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Ilchenko K.Yu. Raspberry water consumption during drip irrigation in the conditions of the Central Non-Chernozem region // Prirodoobustrojstvo. 2023. No. 2. S. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-2-6-14.

Введение. В условиях Центрального Нечерноземья России не всегда возможно получение высоких урожаев плодовых и ягодных культур. В этой зоне в течение вегетационного периода возможны периоды как с недостаточным, так и с избыточным увлажнением. Поэтому к важным элементам технологии выращивания плодовых и ягодных культур относится поддержание благоприятного для растений водного режима. Необходимость полива для поддержания оптимальной влажности почвы в корнеобитаемом слое определяется в основном количеством и распределением осадков за вегетационный период и водопотреблением выращиваемой культуры. Водопотребление сельскохозяйственных и плодово-ягодных культур относится к основным элементам затрат в водном балансе деятельного слоя почвы и является одним из основных факторов, определяющих параметры режима орошения.

Малина является ягодной культурой с неглубокой корневой системой, поэтому она требует влаги на всех этапах: от завязывания плодов до сбора урожая – в зависимости от взаимодействия почвы, растений и климата. Эта культура отличается также значительной транспирацией

листовым аппаратом. Все это делает растения малины чувствительными к недостатку почвенной влаги [1].

Нормальное развитие растений и обильное плодоношение обеспечиваются созданием оптимального водно-воздушного режима почвы путем проведения орошения. В настоящее время к эффективным и водосберегающим способом полива сельскохозяйственных, плодовых и ягодных культур относится капельное орошение [2-5]. Поэтому проведение исследований в данном направлении имеет большое значение как для науки, так и для практики.

Малина относится к важным ягодным культурам, промышленное выращивание которой увеличивается как в России, так и во всем мире [6]. В европейской части России основные места ее выращивания – это Поволжье, Центральный и Волго-Вятский экономические районы. Для получения качественного посадочного материала, высоких и устойчивых урожаев малины в нестабильных погодных условиях необходима разработка ресурсосберегающих технологий, которые в настоящее время отсутствуют для Центрального Нечерноземья европейской части России.

Цель исследований: выявить особенности водопотребления малины при различных режимах капельного орошения в условиях Центрального Нечерноземья России.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе учебно-опытного хозяйства лаборатории плодородства «Мичуринский сад» Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. В целом природно-климатические условия на участках исследования являются характерными для Центрального Нечерноземья европейской части России. Двухфакторный полевой опыт заложен осенью 2019 г. на дерново-подзолистой, культурной, грунтово-глееватой, глубокопахотной, среднесуглинистой на моренном суглинке почве, подстилаемой на глубине 130-170 см подморенными песками. Каждый вариант опыта заложен в трехкратной повторности.

В качестве первого фактора выступали режимы (рис. 1) капельного орошения: 1) контроль (без орошения); 2) поддержание влажности в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 60-80% НВ (наименьшей влагоемкости почвы); 3) 70-90% НВ; 4) 80-100% НВ. В 2020 г. глубина увлажнения почвы составляла 30 см, в 2021 г. – 40 см, в 2022 г. – 50 см.

Вторым фактором являлись сорта малины «Солнышко» и «Награда», оба из которых рекомендованы для возделывания в Центральном

Нечерноземье. Сорт «Солнышко» выведен в 1970-е гг. на Кокинском опорном пункте Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства в Брянской области, в 1992 г. включен в Госреестр селекционных достижений России. Сорт «Награда» выведен в Ботаническом саду Нижегородского государственного аграрного университета (Нижегородская область) и в 1973 г. включен в Государственный реестр.

Посадка саженцев малины произведена с расстоянием между рядами 1,0 м, а расстояние между растениями в ряду составило 0,6 м. В каждой повторности было высажено по 39 растений. Площадь опытного участка составила 624 м². Таким образом, общее количество растений составило 936 саженцев. Вдоль рядов малины были установлены капельные трубопроводы. Расстояние между капельницами составляло 60 см, средние расходы капельниц – 1,2 л/ч. В 2020 г. глубина промачиваемого слоя почвы составляла 30 см, в 2021 г. – 40 см, в 2022 г. она была увеличена до 50 см.

Суммарное водопотребление определялось исходя из уравнения водного баланса. В условиях Центрального Нечерноземья европейской части России водопотребление малины в течение вегетационных периодов 2020-2022 гг. обеспечивалось за счет атмосферных осадков, оросительной нормы, подпитывания грунтовыми водами и запасов почвенной влаги в корнеобитаемом

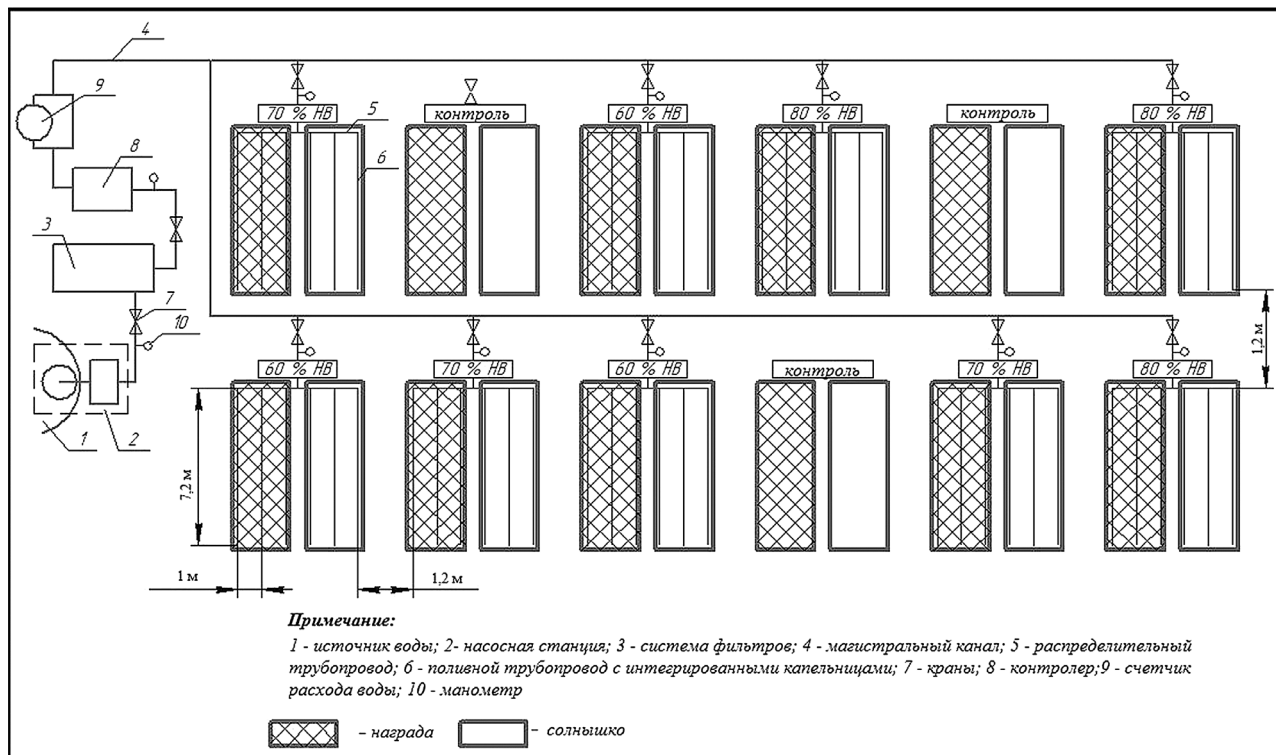


Рис. 1. Схема полевого опыта

Fig. 1. Scheme of the field experiment

слое [7, 8]. Количество выпавших атмосферных осадков по месяцам вегетационных периодов за 2020-2022 гг. принималось по результатам наблюдений на Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева), которая располагается в непосредственной близости от опытного участка. Оросительные нормы принимали по полученным опытными данным режимов капельного орошения. Влажность почвы по вариантам опыта определялась термостатно-весовым методом. Почвенные образцы для определения влажности отбирались один раз в три дня или чаще, в случае выпадения осадков или проведения поливов. Приход влаги от грунтовых вод определялся расчетным путем по методике Ю.Н. Никольского [7]. Расход почвенной влаги определялся по данным об объемной влажности почвы и влагозапасах.

Результаты и их обсуждение. Характеристика режимов капельного орошения малины приведена в таблице 1. Величина оросительной и поливной нормы, число поливов и межполивной период зависят от вариантов опыта и обеспеченности осадками в годы исследований. В засушливые и жаркие вегетационные периоды оросительная и поливная нормы, количество поливов увеличиваются, а межполивной период сокращается. В среднем для варианта

опыта с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60-80% НВ оросительная норма составила 535 м³/га (межполивной период – 9 дней), для варианта 70-90% НВ – 655 м³/га (межполивной период – 7 дней), для 80-100% НВ – 835 м³/га (межполивной период – 6 дней). С увеличением величины поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое наблюдается увеличение оросительной и поливной нормы, числа проводимых поливов, сокращается межполивной период.

Капельное орошение малины позволяет в значительной степени экономить поливную воду. Например, согласно ранее проводимым исследованиям при поливе малины по бороздам оросительная норма составляет 2400 м³/га [9]. В варианте капельного орошения с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое в диапазоне 80-100% НВ экономия поливной воды по сравнению с поливом по бороздам составила в среднем 65%, а в варианте 60-80% НВ – 78%. При этом с применением локального орошения создается оптимальный водно-воздушный режим почвы.

Проведенный дисперсионный анализ на 5%-ном уровне значимости не выявил влияния сортовых особенностей малины на водопотребление. Суммарное и среднесуточное водопотребление малины по вариантам опыта показано в таблице 2. Наибольшими значениями

Таблица 1. Характеристика режимов орошения малины

Table 1. Characteristics of raspberry irrigation regimes

Показатель Index	Вариант опыта / Variant of the experiment											
	60-80% НВ				70-90% НВ				80-100% НВ			
	Год исследования / Year of the study											
	2020	2021	2022	Среднее Average	2020	2021	2022	Среднее Average	2020	2021	2022	Среднее Average
Оросительная норма, м ³ /га Irrigation rate, m ³ /ha	598	497	510	535	697	643	624	655	816	819	870	835
Средняя поливная норма, м ³ /га Average watering rate, m ³ /ha	35,2	41,4	42,5	40,0	36,7	42,9	44,6	41,0	37,1	43,1	44,5	42,0
Число поливов Number of water applications	17	12	12	14	19	15	14	16	22	19	20	20
Межполивной период, дни Inter-watering period, days	7	10	10	9	6	7	8	7	5	6	7	6

Таблица 2. Суммарное и среднесуточное водопотребление малины

Table 2. Total and average daily water consumption of raspberries

Вариант опыта Variant of the experiment	Суммарное водопотребление, м ³ /га Total water consumption, m ³ /ha				Среднесуточное водопотребление, м ³ /га Average daily water consumption, m ³ /ha			
	Год исследования / Year of the study							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Контроль / Control	4046	2942	3600	3529	27	20	24	24
60-80% НВ	4611	3388	4080	4026	31	23	27	27
70-90% НВ	4737	3578	4233	4183	32	24	28	28
80-100% НВ	4851	3712	4462	4342	32	25	30	29

суммарного водопотребления характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 80-100% НВ. По результатам 2020 г. суммарное водопотребление здесь составило 4851 м³/га, в 2021 г. – 3578 м³/га, в 2022 г. – 4233 м³/га. Наименьшее суммарное водопотребление наблюдалось в контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось (в 2020 г. – 4046 м³/га, в 2021 г. – 2942 м³/га, в 2022 г. – 3600 м³/га).

Среднесуточное водопотребление в среднем по вариантам опыта составило: контроль – 24 м³/га; 60-80% НВ – 27 м³/га; 70-90% НВ – 28 м³/га; 80-100% НВ – 29 м³/га. Таким образом, наибольшим среднесуточным водопотреблением характеризуется вариант опыта с поддерживаемой влажностью 80-100% НВ.

По данным трехлетнего полевого опыта была изучена структура водопотребления малины (рис. 2). Для орошаемых вариантов опыта (60-80, 70-90 и 80-100% НВ) основную долю в суммарном водопотреблении составляют атмосферные осадки (от 71 до 81%). Доля атмосферных осадков увеличивается в более влажные годы (2020 и 2022), а в засушливые годы, наоборот, снижается (2021).

С увеличением поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое почвы наблюдается снижение доли атмосферных осадков в суммарное водопотребление. Вклад оросительной нормы в суммарное водопотребление составляет от 15 до 22%. С увеличением величины поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя почвы повышается вклад оросительной нормы в водопотребление. Наибольшая ее доля наблюдается

в варианте опыта с поддержанием влажности в диапазоне 80-100% НВ. На контрольном варианте опыта, где орошение не проводилось, основная часть водопотребления приходится на приход влаги от осадков (89-92%). Незначительная доля, около 10%, приходится на подпитывание грунтовыми водами и использование почвенной влаги. Рассчитанные подекадные значения суммарного водопотребления по вариантам опыта (контроль, 60-80% НВ, 70-90% НВ, 80-100% НВ) и годам исследования (2020-2022) были аппроксимированы сигмовидной интегральной кривой (табл. 3), что позволило получить усредненные кривые. Полученные нелинейные регрессионные уравнения позволяют достаточно точно описывать зависимость подекадного суммарного водопотребления от порядкового номера декады, на что указывают высокие значения коэффициентов детерминации (R^2).

Усредненные кривые показаны на рисунке 3. Наиболее интенсивное водопотребление малины наблюдается с середины июня по начало августа, когда напряженность в погодных условиях является наибольшей. В этот период возможны жаркие периоды без осадков. Кроме того, экспериментальные данные показали, что после каждого полива наблюдается резкое повышение водопотребления. Данное явление связано с повышенной обводненностью и слабой водоудерживающей способностью тканей листьев малины.

Водопотребление малины, как и других сельскохозяйственных и плодово-ягодных культур [10-14], тесно связано с погодными условиями (температура воздуха, относительная влажность воздуха, дефицит влажности воздуха и др.). На рисунке 4 показаны зависимости декадного водопотребления от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декаду. Полученные регрессионные зависимости достоверно описывают экспериментальные данные, по рассчитанным коэффициентам детерминации (R^2) уравнения объясняют около 95% изменчивости водопотребления. Согласно уравнениям с ростом суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха увеличивается водопотребление. Наименьшим является водопотребление на контроле без капельного орошения, а наибольшим – в варианте опыта с поддержанием влажности почвы в корнеобитаемом слое на уровне 80-100% НВ.

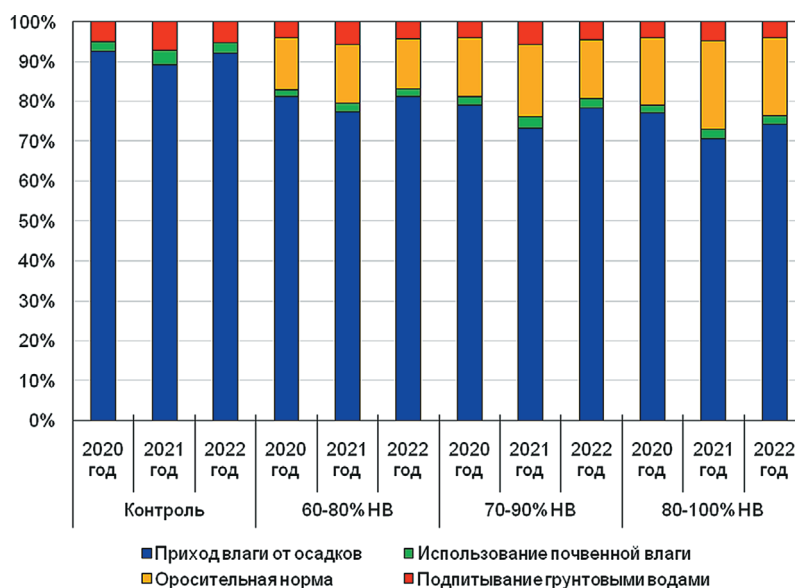


Рис. 2. Структура суммарного водопотребления

Fig. 2. Structure of total water consumption

Таблица 3. Подекадное суммарное водопотребление малины
Table 3. Decade-by-decade total water consumption of raspberry

Вариант опыта Variant of the experiment	Параметры уравнения по годам исследования $y = a_0(1 - \exp(-a_1 t))^{a_2}$ Parameters of the equation by years of the study $y = a_0(1 - \exp(-a_1 t))^{a_2}$			R ²
	a_0	a_1	a_2	
2020 год / 2020 year				
Контроль / Control	5393,4	0,142	2,041	0,994
60-80% НВ	6085,6	0,144	2,050	0,995
70-90% НВ	6321,9	0,141	2,001	0,995
80-100% НВ	6279,1	0,148	2,062	0,997
2021 год / 2021 year				
Контроль / Control	3426,3	0,203	2,858	0,994
60-80% НВ	3925,1	0,204	2,842	0,994
70-90% НВ	4092,9	0,209	2,917	0,995
80-100% НВ	4423,0	0,185	2,499	0,997
2022 год / 2022 year				
Контроль / Control	4600,1	0,149	1,953	0,996
60-80% НВ	5481,5	0,145	2,185	0,996
70-90% НВ	4493,8	0,295	4,821	0,996
80-100% НВ	5314,0	0,183	2,552	0,998
Итого / Total				
Контроль / Control	4449,9	0,160	2,185	0,997
60-80% НВ	5125,1	0,160	2,273	0,998
70-90% НВ	4847,4	0,206	2,875	0,998
80-100% НВ	5316,7	0,171	2,340	0,999

Примечание: y – суммарное водопотребление, мм; t – порядковый номер декады (1 – первая декада мая, 2 – вторая декада мая, ..., 15 – третья декада сентября); a – эмпирические параметры уравнения; R^2 – коэффициент детерминации.

Note: y – total water consumption, mm; t – order number of the decade (1- first decade of May, 2 – second decade of May..., 15 – third decade of September); a – empirical parameters of the equation; R^2 – coefficient of determination.

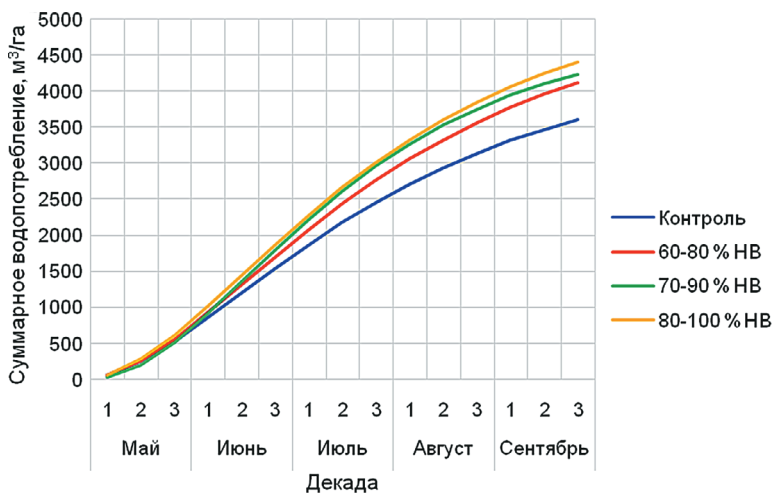


Рис. 3. Усредненные интегральные кривые водопотребления малины по вариантам опыта

Fig. 3. Averaged integral curves of raspberry water consumption according to the variants of the experiment

Для определения водопотребления широкое применение [15-19] находят биоклиматические коэффициенты. В методиках И.А. Шарова [19] и Г.К. Льгова [20] для расчета водопотребления за основу принимается сумма среднесуточных температур. Так, для формулы И.А. Шарова

эмпирический параметр (изменение водопотребления, м³/га, при увеличении температуры на 1°C), характеризующий расход воды для малины, составил: на контроле – 1,14; в варианте 60-80% НВ – 1,30; в варианте 70-90% НВ – 1,35; в варианте 80-100% НВ – 1,40. Для формулы Г.К. Льгова биофизический коэффициент (изменение водопотребления, м³/га, при увеличении температуры на 1°C) принял следующие значения: контроль – 1,42; вариант 60-80% НВ – 1,62; вариант 70-90% НВ – 1,68; вариант 80-100% НВ – 1,74.

Таким образом, наибольшими значениями биоклиматических коэффициентов характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое на уровне 60-80% НВ, при котором малина характеризуется наиболее развитыми подземными и надземными частями растений [21]. При этом необходимо отметить, что биоклиматические коэффициенты изменяются в течение

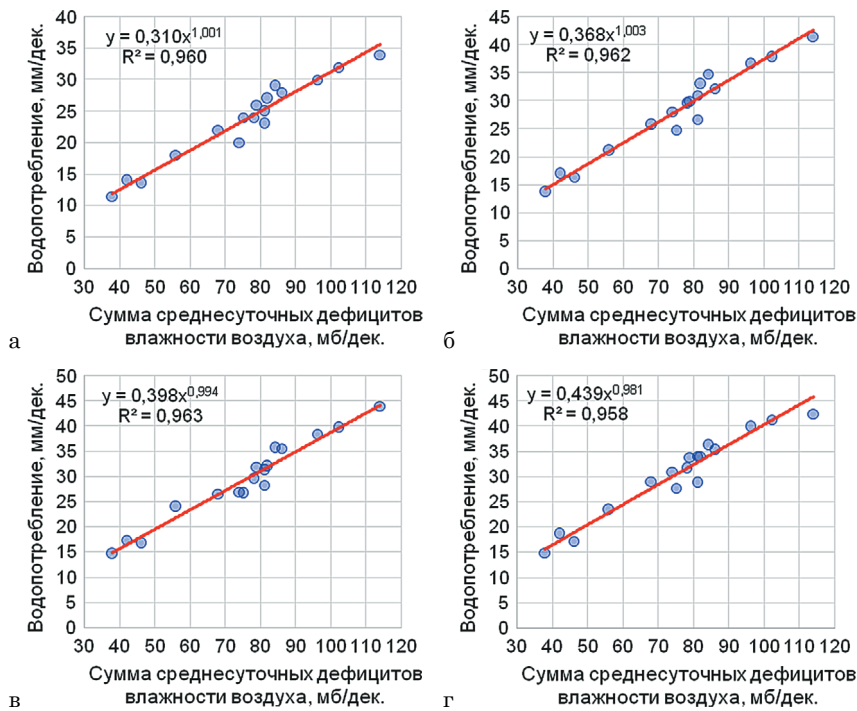


Рис. 4. Зависимость декадного водопотребления (y) малины от суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха (x): а) контроль, б) 60-80% НВ, в) 70-90% НВ, г) 80-100% НВ

Fig. 4. Dependence of the ten-day water consumption (y) of raspberry on the sum of the average daily deficits of air humidity (x): а) control, b) 60-80% НВ, c) 70-90% НВ, d) 80-100% НВ

вегетационного периода, достигая своих максимальных значений в периоды увеличения водопотребления.

Полученные результаты согласуются с результатами ранее проведенных исследований для других почвенно-климатических условий. Например, в результате исследований R. Kireeva и M. Mihov [22] для малины, выращиваемой при капельном орошении в Болгарии, получено, что наиболее интенсивное увеличение водопотребления наблюдается в фазу интенсивного роста растений (со второй декады июня), а максимальные значения среднесуточных значений водопотребления совпадают с периодом наибольшего напряжения метеорологических факторов. В результате исследований В.И. Торбовского [9] в условиях юга России сделаны выводы о том, что использование капельного орошения на примере малины обеспечивает поступление воды к каждому отдельному растению, а за счет локального увлажнения снижаются потери на испарение с поверхности почвы по сравнению с поливом по бороздам.

Таким образом, капельное орошение способствует снижению водопотребления относительно других способов полива за счет точного учета погодных условий и корректировки сроков полива.

Рассчитанные по результатам проведенных исследований биофизические коэффициенты необходимы для нужд мелиоративной практики, так как они отражают специфику водопотребления в зависимости от биологических потребностей малины, условий роста, проявления метеорологических факторов. Заданные значения биофизических коэффициентов представляют собой объективную основу для определения расчетного режима орошения и прогнозирования сроков полива плодовых и ягодных культур.

Выводы

Капельное орошение малины позволяет в значительной степени в сравнении с другими способами полива экономить поливную воду (по бороздам, дождевание

и др.). Проведенные исследования показали, что в варианте опыта с поддержанием влажности почвы в диапазоне 80-100% НВ экономия поливной воды по сравнению с поливом по бороздам составила в среднем 65%, а в варианте 60-80% НВ – 78%.

Кроме того, использование локального орошения способствует созданию оптимального водно-воздушного режима почвы. Для выращивания малины на дерново-подзолистых почвах в условиях Нечерноземной зоны России рекомендуются режимы орошения с поддержанием влажности в диапазоне 70-90 или 80-100% НВ. Наибольшим суммарным водопотреблением характеризуется вариант опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое почвы в диапазоне 80-100% НВ (в среднем 4342 м³/га), а наименьшим – 60-80% НВ (в среднем 4026 м³/га).

Интенсивное водопотребление малины происходит с середины июня по начало августа, когда наблюдается наибольшая напряженность в погодных условиях, а также после поливов. Исследование вклада основных элементов водного баланса в водопотребление показало, что в орошаемых вариантах опыта значительную долю составляют атмосферные осадки (от 71 до 81%), а вклад оросительной нормы в суммарное водопотребление составляет от 15 до 22%.

Список использованных источников

1. Волчек А.А., Рой Ю.Ф., Санелина Е.А. Эффективность капельного орошения малины ремонтантной в условиях Юго-Западной части Беларуси // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015. № 41. С. 118-121.
2. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2020. Vol. 15. No 2. P. 191-199. – DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199.
3. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Особенности формирования корневой системы саженцев сливы в питомнике при капельном орошении // Овощи России. 2020. № 2. С. 74-77. – DOI 10.18619/2072-9146-2020-2-74-77.
4. Худайев И., Ж. Фазлиев Ж., Шаропов Н. Капельное орошения – как водосберегающий способ орошения садов и виноградников // Школа Науки. 2019. № 4(15). С. 17-18.
5. Овчинников А.С. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье / А.С. Овчинников, Е.А. Ходяков, С.Г. Милованов, К.В. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 15-24. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-1.
6. Рузавина Ю.В. Хозяйственно-биологическая оценка интродуцированных сортов малины в условиях лесостепи Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 77-79.
7. Мелиорация земель: учебник для вузов / А.И. Голованов, И.П. Айдаров, М.С. Григоров [и др.]. СПб.: Изд-во «Лань», 2015. 816 с.
8. Вдовин Н.И. Расчет дефицита увлажнения почвы при капельном орошении // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 12. С. 142-148.
9. Торбовский В.И. Режим и техника капельного орошения малины: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 – «Мелиорация и орошаемое земледелие» // Василий Иванович Торбовский. Новочеркасск, 1992. 24 с.
10. Шуравилин А.В., Кучер Д.Е., Сурикова Н.В. Водопотребление яблоневого сада на дерновоподзолистых почвах Подмоскovie при капельном орошении // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 4. С. 17-21.
11. Дубенок Н.Н. Влияние режимов капельного орошения на водопотребление саженцев сливы в питомнике на дерново-подзолистых почвах / Н.Н. Дубенок, К.Б. Шумакова, А.В. Гемонов, и др. // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 3. С. 19-26. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-1-19-26.
12. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Особенности водопотребления саженцев сливы, выращиваемых в питомнике при капельном орошении // Плодородие. 2020. № 4(115). С. 53-56. – DOI 10.25680/S19948603.2020.115.15.
13. Лихацевич А.П., Латущкина Г.В., Набздор С.В. Зависимость водопотребления сельскохозяйственных культур от урожайности / А.П. Лихацевич, // Мелиорация. 2018. № 3(85). С. 17-23.
14. Сенчуков Г.А., Новикова И.В. Суммарное водопотребление и урожайность сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4(20). С. 108-119.
15. Акутнева Е.В. Коэффициент водопотребления плодовых культур в зависимости от режима орошения

References

1. Volchek A.A., Roy Yu.F., Sanelina E.A. Efficiency of drip irrigation of raspberries remontant in the conditions of the South-Western part of Belarus. 2015. № 41. P. 118-121.
2. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Moisture consumption by plum seedlings under drip irrigation in the Central Nonchernozem zone of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2020. Vol. 15. No 2. P. 191-199. – DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-2-191-199.
3. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Features of formation of the root system of plum seedlings in the nursery garden under drip irrigation // Vegetables of Russia. 2020. № 2. P. 74-77. – DOI 10.18619/2072-9146-2020-2-74-77.
4. Khudayev I., Fazliev Zh., Sharopov N. Drip irrigation – as a water-saving method of irrigation of gardens and vineyards. School of Science. 2019. № 4(15). P. 17-18.
5. Ovchinnikov A.S. Irrigation mode of cotton under spray and drip irrigation in the Lower Volga region / A.S. Ovchinnikov, E.A. Khodyakov, S.G. Milovanov, K.V. Bondarenko // Izvestiya Nizhnevolszhsky agrouniversity complex: Science and higher vocational education. 2019. № 3(55). P. 15-24. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-1.
6. Ruzavina Yu.V. Economic and biological assessment of introduced raspberry varieties in the conditions of the forest-steppe of the Volga region // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. V. 29. № 10. P. 77-79.
7. Land reclamation: textbook for universities / A.I. Golovanov, I.P. Aidarov, M.S. Grigorov [and others]. St. Petersburg: «Lan» Publishing House, 2015. 816 p.
8. Vdovin N.I. Calculation of soil moisture deficiency during drip irrigation // Bulletin of agricultural science. 1979. № 12. P. 142-148.
9. Torbovsky V.I. Mode and technique of drip irrigation of raspberry: author's abstract. diss. ... Cand. of agricultural sciences: 06.01.02 – «Land reclamation and irrigated agriculture» // Vasily Ivanovich Torbovsky. Novocheretsk, 1992. 24 p.
10. Shuravilin A.V., Kucher D.E., Surikova N.V. Water consumption of an apple orchard on sod-podzolic soils of the Moscow region with drip irrigation // Land reclamation and water management. 2016. № 4. P. 17-21.
11. Dubenok N.N. The influence of drip irrigation modes on water consumption of plum seedling in the nursery garden on sod-podzolic soils / N.N. Dubenok, K.B. Shumakova, A.V. Gemonov, et al. // Land reclamation and water management. 2021. № 3. P. 19-26. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-1-19-26.
12. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Features of water consumption of plum seedlings grown in a nursery with drip irrigation // Fertility. 2020. № 4(115). P. 53-56. – DOI 10.25680/S19948603.2020.115.15.
13. Likhatchevich A.P., Latushkina G.V., Nabzdorov S.V. Dependence of water consumption of agricultural crops on yield / A.P. Likhatchevich, // Melioration. 2018. № 3(85). P. 17-23.
14. Senchukov G.A., Novikova I.V. Total water consumption and yield of agricultural crops // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2015. № 4(20). P. 108-119.
15. Akutneva E.V. Coefficient of water consumption of fruit crops depending on the irrigation regime // Proceedings of the Nizhnevolszhsky Agro-University Complex:

// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2008. № 3(11). С. 19-23.

16. **Мелихов В.В., Новиков А.А.** Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 4. С. 38-40.

17. **Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В.** Научно-обоснованный режим орошения саженцев сливы при капельном поливе в условиях дерново-подзолистых почв // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 4. С. 13-16. – DOI 10.31857/S2500262721040037.

18. **Пчелкин В.В.** Водопотребление овощных культур в Нечерноземной зоне России / В.В. Пчелкин, С.О. Владимиров, Д.И. Зяблищев, А. Таваб // Природообустройство. 2022. № 4. С. 22-30. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-4-22-30.

19. **Алпатьев А.М.** Биофизические основы водопотребления орошаемых культур / А.М. Алпатьев // Орошаемое земледелие в Европейской части СССР: Респ. межвед. темат. науч. сб. / УкрНИИГиМ. Киев, 1965. Вып. 2. С. 15-17.

20. **Данильченко Н.В.** Методические особенности расчета оросительных норм с.-х. культур в НЧЗ РСФСР // Техника и технология механизированного орошения. 1982. С. 177-186.

21. **Дубенок Н.Н., Ильченко К.Ю., Гемонов А.В.** Формирование саженцев малины при капельном орошении в условиях Нечерноземной зоны // Плодородие. 2022. № 4(127). С. 67-71. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.18.

22. **Kireeva R., Mihov M.** Evapotranspiration and biophysical coefficients of raspberries grown in drip irrigation / R. Kireeva, M. Mihov // International Scientific Journal "Science. Business. Society". 2018. № 2. P. 78-81.

Критерии авторства

Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Ильченко К.Ю. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Статья поступила в редакцию 25.01.2023

Одобрена после рецензирования 03.02.2023

Принята к публикации 08.02.2023

Science and higher vocational education. 2008. № 3(11). P. 19-23.

16. **Melikhov V.V., Novikov A.A.** Coefficient of water consumption as a criterion for effective industrial production of early potatoes // Land reclamation and water management. 2011. № 4. P. 38-40.

17. **Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V.** Scientifically grounded irrigation regime of plum seedlings with drip irrigation in the conditions of sod-podzolic soils // Russian agricultural science. 2021. № 4. S. 13-16. – DOI 10.31857/S2500262721040037.

18. **Pchelkin V.V.** Water consumption of vegetable crops in the Non-chernozem zone of Russia / Pchelkin V.V., Vladimirov S.O., Zyablitshev D.I., Tavab A. Water consumption of vegetable crops in the Non-Chernozem zone of Russia / V.V. Pchelkin, S.O. Vladimirov, D.I. Zyablitshev, A. Tavab // Nature management. 2022. № 4. P. 22-30. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-4-22-30.

19. **Alpatiev A.M.** Biophysical foundations of water consumption of irrigated crops / A.M. Alpatiev // Irrigated agriculture in the European part of the USSR: Rep. interagency thematic scientific collection / UkrNIIGiM. Kiev, 1965. – Issue 2. – P. 15-17.

20. **Danilchenko N.V.** Methodical features of calculation of irrigation norms of agricultural crops in the NChZ of the RSFSR // Technique and technology of mechanized irrigation. 1982. P. 177-186.

21. **Dubenok N.N., Ilchenko K.Yu., Gemonov A.V.** Formation of raspberry seedlings during drip irrigation in the conditions of the Non-Chernozem zone // Fertility. 2022. № 4(127). P. 67-71. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.18.

22. **Kireeva R., Mihov M.** Evapotranspiration and biophysical coefficients of raspberries grown in drip irrigation / R. Kireeva, M. Mihov // International Scientific Journal "Science. Business. Society". 2018. № 2. P. 78-81.

Criteria of authorship:

Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Ilchenko K.Yu. conducted practical and theoretical research, based on which they summarized the results. They have the copyright for the article and are responsible for the plagiarism.

Contributions of the authors

All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

The article was submitted to the editorial board 25.01.2023

Approved after peer review 03.02.2023

Accepted for publication 08.02.2023