

НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ МАЛИНЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Н.Н. Дубенок, академик РАН, А.В. Гемонов, кандидат сельскохозяйственных наук,
А.В. Лебедев, кандидат сельскохозяйственных наук, К.Ю. Ильченко

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
127434, Москва, ул. Тимирязевская, 49
E-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Малина относится к важным ягодным культурам, объемы производства которой возрастают с каждым годом. Для производства качественного посадочного материала, высоких и устойчивых урожаев в нестабильных погодных условиях необходимы ресурсосберегающие технологии, к которым относится капельное орошение. Цель исследований – разработка научно-обоснованного режима орошения при капельном поливе малины в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. Стационарный полевой опыт был заложен осенью 2019 г. Схема эксперимента предусматривала изучение следующих вариантов: режим капельного орошения (фактор А) – поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазонах 60...80, 70...90 и 80...100 % наименьшей влагоемкости; сорт малины (фактор В) – Награда и Солнышко. Капельное орошение позволяет в значительной степени экономить поливную воду. В варианте с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое в диапазоне 80...100 % НВ экономия поливной воды, по сравнению с традиционными способами полива, составила в среднем 65 %, 60...80 % НВ – 78 %. При этом локальное орошение создает оптимальный водно-воздушный режим почвы. В вариантах опыта с орошением основная доля в суммарном водопотреблении приходится на атмосферные осадки (от 71 до 81 %), на оросительную норму – от 15 до 22 %. В вариантах с поддержанием влажности почвы выше 70 % НВ диаметр штамба растений больше, чем в контроле, на 20...40 %, высота саженцев – на 40...50 %, урожайность – в 2 раза, что позволяет рекомендовать такие режимы в качестве оптимальных.

SCIENTIFIC-BASED REGIME OF IRRIGATION OF RASPBERRY WITH DRIPPING IRRIGATION UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

N.N. Dubenok, A.V. Gemonov, A.V. Lebedev, K.Yu. Ilchenko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
127434, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49
E-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Raspberries are among the important berry crops, the production volumes of which are increasing every year. To obtain high-quality planting material, high and stable yields in unstable weather conditions, it is necessary to develop resource-saving technologies, which include drip irrigation. The purpose of the research is to develop a science-based irrigation regime for drip irrigation of raspberries in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia. A two-factor field experiment was established in the fall of 2019. The first factor is the drip irrigation regime (maintaining the moisture content of the root layer of the soil in the ranges of 60...80, 70...90 and 80...100% of the lowest moisture capacity), the second factor is the variety (Nagrada and Solnyshko). Drip irrigation of raspberries can significantly save irrigation water. In the variant of drip irrigation with maintaining moisture in the root layer in the range of 80...100% of the lowest moisture capacity, the savings in irrigation water compared to traditional irrigation methods averaged 65%, and in the variant of 60-80% of the lowest moisture capacity - 78%. At the same time, with the use of local irrigation, an optimal water-air regime of the soil is created. For the irrigated variants of the experiment, the main share in the total water consumption is precipitation (from 71 to 81%), and the irrigation rate - from 15 to 22%. In the variants with maintaining humidity above 70% of the lowest moisture capacity, the diameter of the stem of seedlings is 20-40% larger than in the control, the height of seedlings is 40-50%, and the yield is 2 times, which makes it possible to recommend them as optimal.

Ключевые слова: капельное орошение, малина (*Rubus idaeus*), водопотребление, биометрические показатели, режим орошения.

Key words: drip irrigation, raspberries (*Rubus idaeus*), water consumption, biometric indicators, irrigation regime.

Малина относится к важным ягодным культурам, промышленное выращивание которой возрастает как в России, так и во всем мире [1, 2]. В европейской части России ее в основном выращивают в Поволжье, Центральном и Волго-Вятском экономических районах. Малина характеризуется неглубокой корневой системой, поэтому ее растениям необходима влага на всех этапах от завязывания плодов до сбора урожая. Кроме того, эта культура отличается значительной транспирацией листовым аппаратом. Все это делает растения малины чувствительными к дефициту почвенной влаги [3, 4]. Нормальное развитие растений и обильное плодоношение обеспечивает создание оптимального водно-воздушного режима почвы путем орошения. Для формирования качественного посадочного материала, высоких и устойчивых урожаев в нестабильных погодных

условиях необходима разработка ресурсосберегающих технологий, которые сегодня в Центральном Нечерноземье европейской части России отсутствуют.

К числу эффективных и водосберегающих способов полива плодовых и ягодных культур относится капельное орошение [5, 6]. Его применение обеспечивает экономии поливной воды, по сравнению с дождеванием и поливом по бороздам. Кроме того, он обеспечивает создание оптимальных условий для выращивания сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, приводит к повышению урожайности и качества производимой продукции [7, 8].

Цель исследований – разработка научно-обоснованного режима капельного орошения малины в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России.

Табл. 1. Сравнительная характеристика режимов орошения малины в годы исследований

Показатель	Диапазон влажности в корнеобитаемом слое почвы по годам, % НВ											
	60...80				70...90				80...100			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Оросительная норма, м ³ /га	598	497	510	535	697	643	624	655	816	819	870	835
Средняя поливная норма, м ³ /га	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	17	12	12	14	19	15	14	16	22	19	20	20
Межполивной период, дн.	7	10	10	9	6	7	8	7	5	6	7	6

Методика. Исследования проводили в условиях Мичуринского сада Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева. Стационарный полевой опыт был заложен осенью 2019 г. Схема эксперимента предусматривала изучение следующих вариантов: режим капельного орошения (фактор А) – без полива, поддержание влажности в корнеобитаемом слое в диапазоне 60...80 % наименьшей влагоемкости (НВ) почвы, 70...90 % НВ и 80...100 % НВ; сорт малины (фактор В) – Солнышко, Награда. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок рендомизированное. В каждой повторности было высажено по 39 растений: расстояние между рядами – 1,0 м, между растениями в ряду – 0,6 м.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, хорошо окультуренная, грунтово-глееватая, глубокопахотная, среднесуглинистая на моренном суглинке, подстилаяемая на глубине 130...170 см подморенными песками. Наименьшая ее влагоемкость в пахотном горизонте составляет 31,7% от массы почвы, среднее содержание гумуса 3,5%, реакция среды – слабокислая (рН_{KCl} = 5,64), содержание P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову) – 372 мг/кг и 453 мг/кг, N-NH₄ – 37 мг/кг, N-NO₃ – 4 мг/кг.

Для полива использовали линию капельного орошения. Расстояние между капельницами 60 см, средний расход воды – 1,2 л/час. По мере роста корневой системы малины глубину промачивания почвы изменяли следующим образом: 2020 г. – 30 см, 2021 г. – 40 см и 2022 г. – 50 см. Поливы проводили, исходя из результатов определения влажности почвы термостатно-весовым методом. Пробы почвы отбирали с периодичностью один раз в три дня, а также перед и после выпадения осадков. Суммарное водопотребление малины определяли по основным составляющим уравнения водного баланса. Данные об осадках взяты с Метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона. Биометрические показатели саженцев измеряли общепринятыми методами [9]. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с расчетом критерия наименьшей существенной разности (НСР) при 5%-ном уровне значимости.

Результаты и обсуждение. В засушливые и жаркие вегетационные периоды оросительная и поливная нормы, количество поливов увеличивались, а межполивной период сокращался (табл. 1). С повышением поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое происходило повышение оросительной и поливной нормы, а также числа проводимых поливов, но сокращался межполивной период. В среднем для варианта с поддержанием влажности почвы в диапазоне 60...80 % НВ оросительная норма составила 535 м³/га, межполивной период 9 дн., 70...90 % НВ – 655 м³/га и 7 дн., 80...100 % НВ – 835 м³/га и 6 дней.

Капельное орошение малины позволяет значительно экономить поливную воду. Ранее было установлено, что при ее поливе по бороздам оросительная норма составляет 2400 м³/га [9]. В варианте с капельным ороше-

ем и 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 применение локального орошения обеспечивает формирование оптимального водно-воздушного режима почвы.

В вариантах опыта с орошением основная часть в суммарном водопотреблении приходится на атмосферные осадки (от 71 до 81%). Их доля в более влажные годы (2020 и 2022 гг.) увеличивается, в засушливые (2021 г.) – снижается. С ростом поддерживаемой влажности в корнеобитаемом слое почвы происходило снижение доли атмосферных осадков в суммарном водопотреблении (рис. 1). Вклад оросительной нормы составлял от 15 до 22 % и возрастал с повышением величины поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя почвы. В контроле, где орошение не проводили, основная часть водопотребления (89...92 %) приходится на влагу от осадков и незначительная доля (около 10 %) на грунтовые воды и почвенную влагу.

При расчете основных биоклиматических коэффициентов [10] эмпирический параметр (изменение водопотребления (м³/га) при увеличении температуры на 1 °С), характеризующий расход воды малиной, для формулы И. А. Шарова в контрольном варианте составил 1,14, в варианте с 60...80 % НВ – 1,30, с 70...90 % НВ – 1,35, с 80...100 % НВ – 1,40. Биофизический коэффициент (изменение водопотребления (м³/га) при увеличении температуры на 1 °С) для формулы Г. К. Льгова в контроле был равен 1,42, в варианте с 60...80 % НВ – 1,62, с 70...90 % НВ – 1,68, с 80...100 % НВ – 1,74. То есть, наибольшими величинами биоклиматических коэффициентов выделяется вариант опыта с поддержанием влажности в корнеобитаемом слое на уровне 60...80% НВ, в котором малина отличается наиболее развитыми подземными и надземными органами.

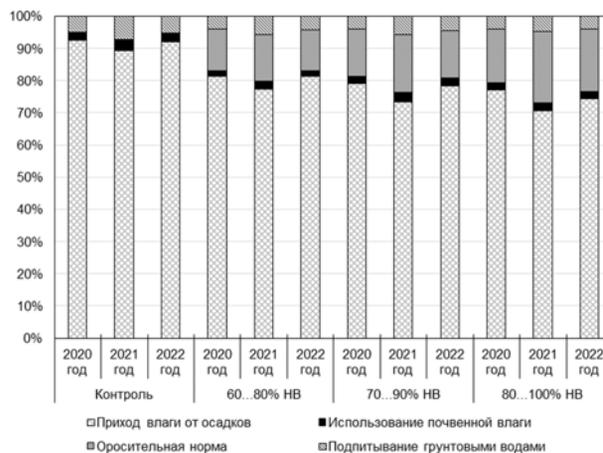


Рис. 1. Структура суммарного водопотребления малины в зависимости от режима полива.

Табл. 2. Диаметр штамба растений сортов малины в зависимости от режима орошения, мм

Режим орошения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Год		
		2020	2021	2022
Без орошения	Награда	9,0	9,4	9,9
	Солнышко	7,1	7,3	7,8
	среднее	8,1	8,4	8,9
60...80 % НВ	Награда	10,2	10,4	10,7
	Солнышко	8,1	8,2	8,4
	среднее	9,2	9,3	9,6
70...90 % НВ	Награда	11,1	11,2	11,4
	Солнышко	9,4	9,7	10,0
	среднее	10,3	10,5	10,7
80...100 % НВ	Награда	12,1	12,3	12,6
	Солнышко	10,3	10,4	10,7
	среднее	11,2	11,4	11,7
Среднее	Награда	10,6	10,8	11,2
	Солнышко	8,7	8,9	9,2
	среднее	9,7	9,9	10,2
НСР ₀₅ А		0,8	0,9	1,1
НСР ₀₅ В		0,7	1,1	1,0
НСР ₀₅ АВ		1,7	2,2	2,1

Диаметр штамба саженцев относится к важным биометрическим показателям, которые позволяют судить об их качестве (табл. 2). У растений сорта малины Награда во всех вариантах и во все годы исследований величина этого показателя была значительно выше, чем у сорта Солнышко. В конце первого года проведения исследований (2020 г.) проявились различия по вариантам орошения. Наибольший диаметр штамба отмечен при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы 80...100 % НВ: для сорта Награда – в среднем 12,1 мм, для сорта Солнышко – 10,3 мм. По отношению к контролю (без орошения), для сорта Награда он в среднем был больше на 34 %, сорта Солнышко – 45 %. На второй и третий годы исследования эта закономер-

Табл. 3. Высота растений сортов малины в зависимости от режимов орошения, см

Режим орошения (фактор А)	Сорт (фактор В)	Год		
		2020	2021	2022
Без орошения	Награда	131	141	152
	Солнышко	118	127	137
	среднее	124	134	144
60...80 % НВ	Награда	158	171	183
	Солнышко	137	148	160
	среднее	148	160	172
70...90 % НВ	Награда	171	185	200
	Солнышко	161	174	187
	среднее	166	180	194
80...100 % НВ	Награда	192	208	222
	Солнышко	179	193	207
	среднее	186	200	214
Среднее	Награда	163	176	189
	Солнышко	149	160	173
	среднее	156	168	181
НСР ₀₅ А		9	9	10
НСР ₀₅ В		3	3	4
НСР ₀₅ АВ		14	14	15

ность сохранялась. В 2022 г. в варианте 80...100 % НВ для сорта Награда диаметр штамба в среднем составил 12,6 мм (+27 % к контролю), для сорта Солнышко – 10,7 мм (+37 % к контролю).

Наибольшая в опыте высота растений малины отмечена при поддержании предполивного порога не ниже 80 % НВ (табл. 3). По сравнению с контролем, в этом варианте она была на 40...50 % больше, а с вариантом поддержания предполивного порога не ниже 60 % – на 20...30 %. Кроме того, на высоту малины оказали влияние сортовые особенности. Так, растения сорта Награда в среднем на 5...15 % выше, чем сорта Солнышко.

Нормы полива оказывают существенное влияние на урожайность малины (рис. 2). При поддержании предполивной влажности не ниже 60 % НВ у сорта Награда она возрастает, по сравнению с контролем, с 2,4 т/га до 3,1 т/га, сорта Солнышко – с 1,9 до 2,8 т/га. В варианте с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 80...100 % НВ величины этого показателя были равны соответственно в среднем 4,2 и 3,8 т/га, что в 2 раза выше контроля. Капельное орошение не сказалось на биохимическом составе плодов. Содержание микро- и макроэлементов, а также тяжелых металлов было ниже уровня, установленного стандартами, предъявляемыми к ягодной продукции.

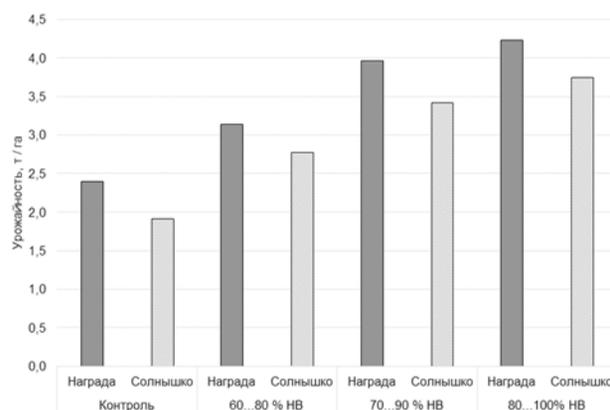


Рис. 2. Урожайность сортов малины в зависимости от режимов орошения (2022 г.), т/га.

Выводы. Капельное орошение способствует экономии поливной воды и созданию оптимального водно-воздушного режима почвы в течение всего вегетационного периода. При поддержании влажности в корнеобитаемом слое в диапазоне 80...100 % НВ экономия воды, по сравнению с поливом по бороздам, составляет в среднем 65 %, 60...80 % НВ – 78 %. Капельное орошение способствует формированию саженцев с наибольшими биометрическими показателями и повышению урожайности культуры. В качестве оптимальных рекомендуются режимы орошения с поддержанием влажности корнеобитаемого слоя почвы в диапазоне 70...90 % НВ и 80...100 % НВ.

Литература.

1. Арифова З.И., Арсланова Л. Э. Хозяйственная и экономическая эффективность возделывания новых и районированных сортов малины // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 98. С. 35–40. doi: 10.21515/1999-1703-98-35-40.
2. Distribution and occurrence of plant-parasitic nematodes associated with raspberry (*Rubus idaeus*) in Souss-

- Massa region of Morocco: relationship with soil physico-chemical factors* / F. Mokrini, S. E. Laasli, D. Iraqui, et al. // *Russian Journal of Nematology*. 2019. Vol. 27. No. 2. P. 107–121. doi: 10.24411/0869-6918-2019-10011.
3. 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.
 4. Санелина Е.А., Рой М. Ю. Сочетание регулируемых факторов для получения различных уровней урожайности малины ремонтантной в условиях Юго-Западной части Беларуси // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2016. № 44. С. 139–143.
 5. Кружилин И.П., Никольская О. А. Обоснование водного режима почвы и регламента капельного полива саженцев черешни // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021. № 2. С. 9–13. doi: 10.31857/S2500262721020022.
 6. 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.
 7. Создание эффективных экологически безопасных технологий и технических средств орошения нового поколения / С. Я. Семенов, М. Н. Лытов, Е. И. Чушкина и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 2 (50). С. 64–71.
 8. Майер А.В., Бочарников В. С., Долгополова Е. А. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 1 (25). С. 150–155.
 9. Ясониди О.Е., Торбовский В. И. Возделывание малины при орошении в Ростовской области. Новочеркасск: НИМИ, 1990. 27 с.
 10. Дубенок Н.Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Технология возделывания саженцев сливы в плодовом питомнике при капельном орошении в условиях Нечерноземной зоны России. М.: Проспект, 2023. 136 с.

Поступила в редакцию 15.02.2023.

После доработки 01.03.2023

Принята к публикации 16.03.2023