

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И РЕЖИМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

© 2024 г. **Н. Н. Дубенок**, академик РАН, **А. В. Гемонов**, кандидат сельскохозяйственных наук, **А. В. Лебедев**, доктор сельскохозяйственных наук

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

Актуальная задача при производстве саженцев плодовых и ягодных культур – совершенствование технологий выращивания посадочного материала, в том числе с применением орошения. В последние годы в мировой практике отдается предпочтение экологически безопасным технологиям орошения, к которым относится капельный полив. Цель исследований – разработка научно-обоснованных режимов орошения при капельном поливе саженцев плодовых (слива, вишня, груша, яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России. Работу проводили в период с 2011 по 2022 гг. Полевые опыты по выращиванию однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев закладывали в трехкратной повторности по следующей схеме: контроль (без орошения), поддержание влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 60...80 % наименьшей влагоемкости (НВ), 70...90 % НВ, 80...100 % НВ. Разработанные режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур позволяют сократить межполивной период в среднем до 2...9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3...49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога (60, 70 и 80 % НВ) и увлажненности вегетационного периода, а также обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах. При капельном поливе саженцев основная доля в суммарном водопотреблении приходится на поступление влаги с осадками (64 %) и оросительной нормой (24 %). В целом оно увеличивается с ростом накопленных среднесуточных температур. Наибольшая интенсивность водопотребления отмечена в первые декады вегетационного периода, к его окончанию величина этого показателя снижалась.

WATER CONSUMPTION AND DRIP IRRIGATION REGIMES OF SEEDLINGS OF FRUIT AND BERRY CROPS IN THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

N. N. Dubenok, A. V. Gemonov, A. V. Lebedev

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

Current tasks in the production of seedlings of fruit and berry crops include improving technologies for growing planting material, including the use of irrigation. Currently, in world practice, the preference is given to environmentally friendly irrigation technologies, which include drip irrigation. The purpose of the research is to develop a scientifically based irrigation regime for drip watering of seedlings of fruit (plum, cherry, pear and apple) and berry (raspberry) crops in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of the Central Russia. Research to substantiate drip irrigation regimes and study the water consumption of seedlings was carried out in the Michurinsky Garden of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy from 2011 to 2022. Field experiments on growing one-year-old, two-year-old and three-year-old seedlings were carried out in triplicate according to the following options: 1) control (without irrigation), 2) maintaining the moisture content of the root layer in the range of 60...80 % of the lowest moisture capacity, 3) 70...90 % of the lowest moisture capacity, and 4) 80...100 % of the lowest moisture capacity. The developed drip irrigation regimes for seedlings of fruit and berry crops make it possible to reduce the inter-irrigation period to an average of 2...9 days with low watering rates (on average 35.3...49.5 m³ per ha) depending on the pre-irrigation threshold (60, 70 and 80 % of the lowest moisture capacity) and moisture content of the growing season, and also ensure maintenance of the moisture content of the root layer of soil in specified ranges. When drip irrigation of seedlings, the main share in the total water consumption comes from moisture from precipitation (64 %) and irrigation rate (24 %).

Ключевые слова: *капельное орошение, режим орошения, плодовый питомник, саженцы.*

Keywords: *drip irrigation, irrigation regime, fruit nursery, seedlings.*

Развитие отечественного садоводства невозможно без производства собственного высококачественного посадочного материала, а также совершенствования технологий выращивания саженцев плодовых и ягодных культур [1]. Важным условием эффективности отрасли выступает проведение планомерной замены старых насаждений на новые, так как резкие колебания в производстве продукции по годам имеют отрицательное влияние на экономику садоводства [2]. По экспертным оценкам [3, 4] в России должно быть не менее 10 тысяч питомников. На начало 2019 г. в Российской Федерации насчитывался 1221 питомник по выращиванию посадочного материала. Наибольшее количество питомников сосредоточено в Центральном (34 %) и При-

волжском (22 %) федеральных округах. Для проведения закладки садовых насаждений в минимальных объемах (10...12 тыс. га) необходимо выращивать около 15 млн саженцев в год [5]. В 2022 г. в среднем по России доля импортного посадочного материала составила 30 % [6]. Импортируемый посадочный материал не всегда соответствует требованиям качества и не всегда адаптирован к почвенно-климатическим условиям регионов закладки плодово-ягодных насаждений [7].

К актуальным задачам в производстве саженцев плодовых и ягодных культур относится совершенствование технологий выращивания посадочного материала. Важное значение в питомниководстве имеет орошение, применяемое как в зоне недостаточного или неустойчивого

увлажнения, так и в зоне с достаточным увлажнением, где в течение вегетации могут возникать периоды с недостатком поступающей влаги [8, 9]. В последние годы в мировой практике отдается предпочтение применению экологически безопасных технологий орошения, учитывающих особенности водопотребления растений, а также обеспечивающих подачу растворенных в воде питательных веществ непосредственно к корневой системе [10, 11, 12]. К таким способам полива относится капельное орошение, которое находит широкое применение при выращивании плодовых и ягодных культур [13, 14]. Об актуальности темы свидетельствует большое количество проводимых отечественных [15, 16] и зарубежных исследований [17, 18], посвященных разработке технологий капельного орошения, изучению почвенных показателей, роста плодовых и ягодных растений.

Цель исследований – разработка научно-обоснованных режимов капельного полива саженцев плодовых (слива, вишня, груша, яблоня) и ягодных (малина) культур в условиях Центрального района Черноземной зоны России.

Методика. Исследования по обоснованию режимов капельного орошения и изучению водопотребления саженцев косточковых (слива и вишня), семечковых (груша и яблоня) и ягодных (малина) культур проводили в условиях Мичуринского сада Российской государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в период с 2011 по 2022 гг. Полевые опыты по выращиванию однолетних, двухлетних и трехлетних саженцев закладывали в трехкратной повторности по следующей схеме: контроль (без орошения), поддержание влажности корнеобитаемого слоя в диапазоне 60...80 % наименьшей влагоемкости (НВ), 70...90 % НВ и 80...100 % НВ. Исследования проводили для сортов сливы Машенька и Утро (подвой алычи), вишни Молодежная и Волочаевка (клоновый подвой ВСЛ-2), груши Памяти Яковлева, Чижовская и Осенняя Сусова (подвой груша уссурийская), яблони Белый налив и Медунница (на клоновых полукарликовых (среднерослых) подвоях 54–118 селекции МичГАУ), малины Награда и Солнышко.

За годы проведения исследований средняя суточная температура атмосферного воздуха за вегетационный период (май–сентябрь) составила 16,7 °С, среднее месячное количество осадков – 107,1 мм. Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая со слабокислой реакцией среды пахотного слоя. По обеспеченности легкого гидролизующим азотом, подвижным фосфором и калием характеризуется как хорошо обеспеченная. Оросительные нормы принимали по полученным опытным данным режимов капельного орошения. Влажность почвы по вариантам опыта определяли термостатно-весовым методом. Почвенные образцы для определения влажности отбирали один раз в три дня или чаще в случае выпадения осадков или проведения поливов. Суммарное водопотребление саженцев определяли, исходя из основных статей прихода влаги, входящих в уравнение водного баланса: оросительная норма, приход влаги от осадков, подпитывание грунтовыми водами, использование почвенной влаги. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали регрессионный анализ (при $p = 0,05$) с проведением расчетов в Microsoft Office Excel.

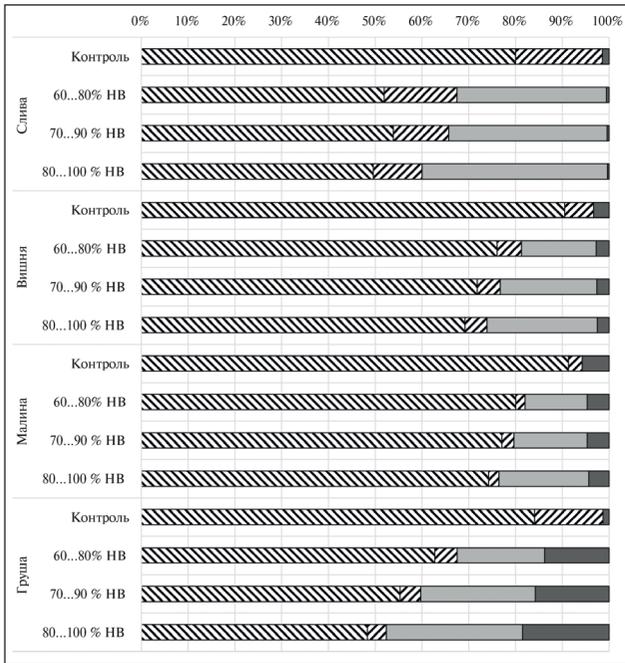
Результаты и обсуждение. Разработанные режимы капельного орошения позволяют сократить межполивной период в среднем до 2...9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3...49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога (60, 70 и 90 % НВ) и увлажнен-

Табл. 1. Параметры режимов капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур

Поддерживаемая влажность почвы, % НВ	Год исследования	Оросительная норма, м ³ /га	Средняя поливная норма, м ³ /га	Число поливов	Межполивной период, дни
Слива					
60...80	2018	705	37,1	19	6
	2019	593	45,6	13	9
	2020	460	51,1	9	13
	Среднее	624	44,6	14	9
70...90	2018	892	38,8	23	5
	2019	861	45,3	19	6
	2020	697	53,6	13	9
	Среднее	826	45,9	18	7
80...100	2018	953	38,1	25	5
	2019	960	45,7	21	6
	2020	903	53,1	17	7
	Среднее	958	45,6	21	6
Вишня					
60...80	2021	858	39,0	22	5
	2022	392	43,6	9	13
	2023	661	47,2	14	9
	Среднее	650	43,3	15	8
70...90	2021	1069	39,6	27	4
	2022	556	42,8	13	9
	2023	895	47,1	19	6
	Среднее	864	43,2	20	6
80...100	2021	1221	39,4	31	4
	2022	612	43,7	14	9
	2023	1165	46,6	25	5
	Среднее	994	43,2	23	5
Малина					
60...80	2020	598	35,2	17	7
	2021	828	41,4	20	6
	2022	510	42,5	12	10
	Среднее	635	39,7	16	8
70...90	2020	697	36,7	19	6
	2021	1115	42,9	26	5
	2022	624	44,6	14	9
	Среднее	828	41,4	20	6
80...100	2020	816	37,1	22	5
	2021	1422	43,1	33	4
	2022	623	44,5	14	9
	Среднее	957	41,6	23	5
Груша					
60...80	2011	1102	32,4	34	3
	2012	843	33,7	25	4
	2013	716	39,8	18	6
	Среднее	918	35,3	26	4
70...90	2011	1513	32,9	46	2
	2012	1306	37,3	35	3
	2013	1014	39,0	26	4
	Среднее	1310	36,4	36	3
80...100	2011	2129	34,9	61	2
	2012	1847	39,3	47	2
	2013	1318	41,2	32	3
	Среднее	1810	38,5	47	2
Яблоня					
60...80	2011	1363	41,3	33	3
	2012	731	45,7	16	5
	2013	748	57,5	13	7
	Среднее	1012	48,2	21	5
70...90	2011	1665	40,6	41	2
	2012	1482	49,4	30	3
	2013	1463	58,5	25	4
	Среднее	1584	49,5	32	3

ности вегетационного периода, а также обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах, предотвращая резкие колебания влажности из-за ее периодического иссушения и переувлажнения (табл. 1).

На параметры режимов капельного орошения во все годы проведения исследований оказывали влияние равномерность распределения осадков на протяжении вегетационного периода и глубина промачивания почвы при поливе. Отдельные параметры режимов взаимосвязаны



Структура суммарного водопотребления саженцев плодовых и ягодных культур в зависимости от влажности корнеобитаемого слоя почвы: ▨ – приход влаги; ▩ – использование почвенной влаги; ■ – оросительная норма; ■ – подпитывание грунтовыми водами.

между собой. При увеличении количества поливов происходит закономерное снижение межполивного интервала. С увеличением поддерживаемой влажности корнеобитаемого слоя также увеличивается оросительная норма, так как требуется большее количество воды. Повышение поливной нормы и количества поливов приводит к увеличению оросительной нормы.

В контрольных вариантах опытов для всех плодовых и ягодных культур наибольший вклад в суммарное водопотребление вносил приход влаги от осадков: для сливы – 80 %, для вишни – 91 %, для малины – 91 %, для груши – 84 % (см. рисунок). В орошаемых вариантах опытов приход влаги от осадков в среднем составлял 64 %. В вариантах опытов с капельным орошением вклад оросительной нормы в суммарное водопотребление повышался с увеличением предполивного уровня влажности почвы: в среднем по культурам при 60...80 % НВ ее доля составляла от 13 до 32 %, при 70...90 % НВ – от 16 до 34 %, при 80...100 % НВ – от 19 до 36 %. То есть, независимо от выращиваемых в питомниках Центральной Нечерноземной зоны России плодовых и ягодных культур, основная доля суммарного водопотребления приходилась на осадки (в среднем 64 %) и оросительную норму (в среднем 24 %). Подпитывание

Табл. 2. Зависимость суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности и суммы среднесуточных температур воздуха

Культура	Коэффициенты уравнения*				R ²	SE
	a	b	c	d		
Слива	-1590,27454	1,62871	-0,00012	17,05524	0,968	202,7
Вишня	-865,38095	2,14325	-0,00022	6,74335	0,928	361,9
Малина	-1254,72594	2,78731	-0,00042	8,25073	0,916	400,9
Груша	-1508,99131	1,86165	-0,00017	19,06288	0,987	139,6
Яблоня	-1899,27119	2,05024	-0,00027	27,52540	0,984	166,4

* y – суммарное водопотребление, м³/га; x – сумма среднесуточных температур воздуха, °С; z – предполивная влажность, % НВ; R² – коэффициент детерминации; SE – стандартная ошибка.

грунтовыми водами (в среднем 6 %) и использование почвенной влаги (в среднем 6 %) вносили гораздо меньший вклад в суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур.

Обработка данных полевых опытов позволила получить двухфакторные регрессионные зависимости суммарного водопотребления саженцев за вегетационный период от предполивной влажности почвы (60, 70 и 80 % НВ) и накопленной суммы среднесуточных температур воздуха. Коэффициенты детерминации (R²) уравнений составляют от 0,916 до 0,987, а стандартная ошибка – от 139,6 до 400,9 (табл. 2).

Согласно полученным уравнениям регрессии суммарное водопотребление саженцев плодовых и ягодных культур увеличивается с ростом накопленных среднесуточных температур. Наибольшей интенсивностью оно характеризуется в первые декады вегетационного периода, снижаясь к его окончанию. Это связано с биологическими особенностями формирования и роста саженцев, которые характеризуются наиболее интенсивным приростом в период с конца мая по начало июля. Положительные коэффициенты в регрессионных уравнениях перед переменной предполивной влажности воздуха свидетельствуют об увеличении суммарного водопотребления с повышением предполивной влажности почвы.

Выводы. Разработанные режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур позволяют сократить межполивной период в среднем до 2...9 дней с поливом малыми нормами (в среднем 35,3...49,5 м³/га) в зависимости от предполивного порога (60, 70 и 80 % НВ) и увлажненности вегетационного периода, а также обеспечивают поддержание влажности корнеобитаемого слоя почвы в заданных диапазонах. При капельном поливе саженцев основная доля в суммарном водопотреблении приходится на поступление влаги с осадками (64 %) и оросительной нормой (24 %), подпитывание грунтовыми водами (6 %) и использование почвенной влаги (6 %) вносят значительно меньший вклад. **ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.**

Работа финансировалась за счет средств бюджета Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Трухачев В. И., Есаулко А. Н., Айсанов Т. С. Анализ состояния отрасли питомниководства плодово-ягодных культур на юге России и перспективы ее развития // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 164–170.
2. Соколов О. В. Современный уровень интенсификации садоводства в сельскохозяйственных предприятиях Тамбовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 4. С. 125–129.
3. Винтер М. А., Щербаков Н. А. Производство посадочного материала плодовых культур в России: проблемы и решения // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 52 (4). С. 42–49.
4. Рыкова И. Н., Аксенов С. С., Губанов Р. С. Проблемы и перспективы развития садоводства и виногра-

- дарства в России // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2019. № 4 (52). С. 56–66.
5. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства: науч. аналит. обзор / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева и др. М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2019. 88 с.
 6. Кузичева Н. Ю. Стратегические проблемы развития садоводства России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 142–146.
 7. Ищенко Н. В. Вызовы и угрозы развития садоводства России // Экономический обзор. 2020. № 9–10 (9). С. 3–6.
 8. Сторчоус В. Н. Орошение плодового питомника // Система садоводства Республики Крым / ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Академия биоресурсов и природопользования. Симферополь: Издательство Типография «Ариал», 2016. С. 184–185.
 9. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В., Лебедев А. В. Водопотребление малины при капельном орошении в условиях Центрального Нечерноземья // Природообустройство. 2023. № 2. С. 6–14. doi: 10.26897/1997-6011-2023-2-6-14.
 10. Болкунов А. И., Курапина Н. В. Малообъемное орошение многолетних насаждений и питомников // Евразийский союз ученых. 2014. № 5–6 (5). С. 9–11.
 11. Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China / P. Yang, L. Wu, M. Cheng, et al. // Water. 2023. Vol. 15. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/9/1733> (дата обращения: 15.02.2024). doi: 10.3390/w15091733.
 12. Effects of different drip irrigation modes on water use efficiency of pear trees in Northern China / L. Wang, W. Wu, J. Xiao, et al. // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 245. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377420322046> (дата обращения: 15.02.2024). doi: 10.1016/j.agwat.2020.106660.
 13. Боровой Е. П., Кременской В. И., Иванютин Н. М. Капельное орошение как основа развития плодоводства на юге Российской Федерации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 246–255.
 14. Научно-обоснованный режим орошения малины при капельном поливе в условиях Центрального Нечерноземья / Н. Н. Дубенок, А. В. Гемонов, А. В. Лебедев и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 3–6. doi: 10.31857/S2500262723020011.
 15. Кружилин И. П., Никольская О. А. Преимущества сочетания капельного орошения с ростостимулирующими подкормками при выращивании однолетних саженцев черешни // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 3. С. 8–13. doi: 10.31857/S2500262722030024.
 16. Овчинников А. С., Шуравилин А. В., Бородинцев В. В. Режим орошения и водопотребление земляники // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (24). С. 7–13.
 17. Effects of four irrigation regimes on yield, fruit quality, plant water status, and water productivity in a furrow-irrigated red raspberry orchard / S. Ortega-Farías, S. E. Meza, R. López-Olivari, et al. // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 273. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377422004322> (дата обращения: 15.02.2024). doi: 10.1016/j.agwat.2022.107885.
 18. Effects of Drip Irrigation Design on a Lemon and a Young Persimmon Orchard in Semi-Arid Conditions / M. Parra, D. Hortelano, F. García-Sánchez, et al. // Water. 2021. Vol. 13. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/13/1795> (дата обращения: 15.02.2024). doi: 10.3390/w13131795.

Поступила в редакцию 21.03.2024
 После доработки 21.04.2024
 Принята к публикации 14.05.2024