

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>
УДК: 634.232:631.674

Н.Н. Дубенок, С.А. Гжибовский*, А.В. Гемонов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

*Автор для переписки: gzhibowsky@ya.ru

Вклад авторов: Дубенок Н.Н.: научное руководство исследованиями. Гжибовский С.А.: проведение исследований, написание – подготовка черновика рукописи. Гемонов А.В.: подготовка исследований, редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Н.Н. Дубенок является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2017 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Дубенок Н.Н., Гжибовский С.А., Гемонов А.В. Исследования режимов работы комбинированной системы капельного полива с аэрозольным орошением для возделывания черешневого сада. *Овощи России*. 2024;(6):128-136. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>

Поступила в редакцию: 30.08.2024

Принята к печати: 14.10.2024

Опубликована: 29.11.2024

Nikolay N. Dubenok, Sergey A. Gzhibovsky*, Alexander V. Gemonov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy" 49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russia, 127434

*Correspondence Author: gzhibowsky@ya.ru

Authors' Contribution: N.N. Dubenok: study supervision, methodology, conceptualization, writing and editing the manuscript. Gzhibovsky S.A.: conducting the research, writing – preparation of the draft manuscript. A.V. Gemonov: conceptualization, writing and editing of the manuscript.

Conflict of interest: N.N. Dubenok has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2017, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Dubenok N.N., Gzhibovsky S.A., Gemonov A.V. Research of the operating modes of a combined drip irrigation system with aerosol irrigation for cultivating a cherry orchard. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):128-136. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-128-136>

Received: 30.08.2024

Accepted for publication: 14.10.2024

Published: 29.11.2024

Исследования режимов работы комбинированной системы капельного полива с аэрозольным орошением для возделывания черешневого сада

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Орошение сельскохозяйственных культур играет ключевую роль не только в повышении урожайности этих культур, но и его сохранении, особенно в условиях стрессовых температур. Одним из эффективных методов водосбережения при орошении является капельный полив. Технология капельного полива позволяет точно дозировать воду, учитывая потребности конкретных культур и сохраняя оптимальный уровень влажности почвы. Важно отметить, что эта технология способствует экономии воды и снижению риска переувлажнения почвы. Помимо капельного полива, существует также и аэрозольное орошение. Эта технология полива позволяют более эффективно использовать водные ресурсы и обеспечивают оптимальные условия приземного слоя воздуха для роста и развития растений в условиях стрессовых температур.

Методика исследований. Цели исследования заключаются в изучении технологий и технических средства полива молодого черешневого сада, для поддержания оптимальных режимов за счёт применения капельного полива с аэрозольным орошением в Центральной части Нечернозёмной зоны России. При проведении исследований производился анализ двух факторов: изучение воздействия различных способов полива и объемов увлажнений на формирование деревьев сортов «Гостинец» и «Жуковская» черешни.

Результаты. Полевой опыт проводится на территории ООО «Коломенская ягода» в Московской области. Проведенные исследования показали, что выбранный способ полива с использованием комбинированной системы орошения на дерново-подзолистых почвах в центральной части Нечернозёмной зоны России для выращивания молодого сада черешневого сада сортов черешни «Гостинец» и «Жуковская» соответствует критериям экологической безопасности и экономической эффективности.

Заключение. С точки зрения рентабельности наиболее эффективно выращивать молодой черешневый сад при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы в пределах 80–100 % наименьшей влагёмкости и относительной влажности приземного слоя воздуха в диапазоне 55–70 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

орошение, капельный полив, аэрозольное увлажнение, черешня, водопотребление

Check for updates



Research of the operating modes of a combined drip irrigation system with aerosol irrigation for cultivating a cherry orchard

ABSTRACT

Relevance. Irrigation of agricultural crops plays a key role not only in increasing the yield of these crops, but also in preserving it, especially under stressful temperature conditions. One of the effective methods of water conservation during irrigation is drip irrigation. Drip irrigation technology allows you to accurately dose water, taking into account the needs of specific crops and maintaining an optimal level of soil moisture. It is important to note that this technology helps save water and reduce the risk of soil overmoistening. In addition to drip irrigation, there is also aerosol irrigation. This irrigation technology allows more efficient use of water resources and provides optimal conditions for the ground air layer for the growth and development of plants under stressful temperature conditions.

Methods. The objectives of the study are to study the technologies and technical means of irrigation of a young cherry orchard to maintain optimal modes through the use of drip irrigation with aerosol irrigation in the Central part of the Non-Chernozem zone of Russia. During the research, two factors were analyzed: studying the impact of various irrigation methods and moistening volumes on the formation of trees of the Gostinets and Zhukovskaya varieties of sweet cherry.

Results. The field experiment is conducted on the territory of «Kolomenskaya Yagoda» LLC in the Moscow Region. The conducted studies have shown that the selected irrigation method using a combined irrigation system on sod-podzolic soils in the central part of the Non-Chernozem zone of Russia for growing a young cherry orchard of the Gostinets and Zhukovskaya cherry varieties meets the criteria of environmental safety and economic efficiency.

Conclusion. From the point of view of profitability, it is most effective to grow a young cherry orchard by maintaining humidity in the root zone of the soil within 80-100% of the lowest moisture capacity and relative humidity of the ground air layer in the range of 55-70%.

KEYWORDS:

irrigation, drip irrigation, aerosol humidification, cherries, water consumption

Введение

Развитие орошения является одним из главных факторов, обеспечивающим устойчивое социально-экономическое развитие и повышение продовольственной безопасности, за счёт: увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и устойчивости производства сельскохозяйственной продукции, снижения экономических рисков, связанных с потерями урожая из-за засухи; увеличение базы налогообложения за счёт роста объёмов производства в агропромышленном комплексе; создание новых высокотехнологичных рабочих мест, повышение образовательного и культурного уровня сельского населения, развитие инфраструктуры и благоустройство населённых пунктов [1, 2].

В сложившихся условиях очень важно способствовать развитию производства и внедрению новой оросительной техники отечественного производства, соответствующей по своим технико-эксплуатационным и эколого-экономическим характеристикам 4-5-му поколению оросительной техники.

Современные разработки технических средств по способам полива не исключают друг друга, а адаптируют полив под те или иные климатические, технические, технологические, природно-хозяйственные условия производства и экономические возможности сельхозтоваропроизводителей. Каждый способ орошения рассчитан на увеличение продуктивности поливных площадей, но в равных условиях приоритет отдаётся более эффективному способу. Одним из наиболее эффективных способов орошения является капельное орошение.

Капельное орошение может применяться в различных по климатическим условиям районах, как с влаж-

ным, так и с аридным климатом, где экономическими расчетами будет подтверждена целесообразность применения орошения с учётом преимуществ и недостатков данного способа орошения [3].

Орошение является одним из важных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а в период стрессовых температур применение аэрозольного увлажнения – практически единственный вид мелиораций, обеспечивающий сохранение урожая.

К водосберегающим технологиям орошения относят такие способы как: капельное орошение, аэрозольное увлажнение и др. Особенностью капельного орошения является возможность проводить поливы в соответствии с биологическими особенностями водопотребления орошаемых сельскохозяйственных и плодовых культур и поддерживать влажность почвы в узко заданном оптимальном диапазоне [4, 5].

Эффективность различных способов и устройств формирования микроклимата при орошении и снятия температурного и водного стресса подвергается различной оценке. Стационарные системы, используемые комбинированный способ полива – капельный полив и аэрозольное орошение, этот способ считается наиболее разработанными и перспективными. Норма увлажнения при аэрозольном орошении, включает в себя объём воды, задерживаемый растительным покровом – листьями, объём воды, необходимый для преодоления водного дефицита у растений, и объём воды, направляемый на увлажнение верхнего слоя почвы [16].

Методика исследования

Опыт возделывания черешневого сада с применением комбинированной системы орошения на примере

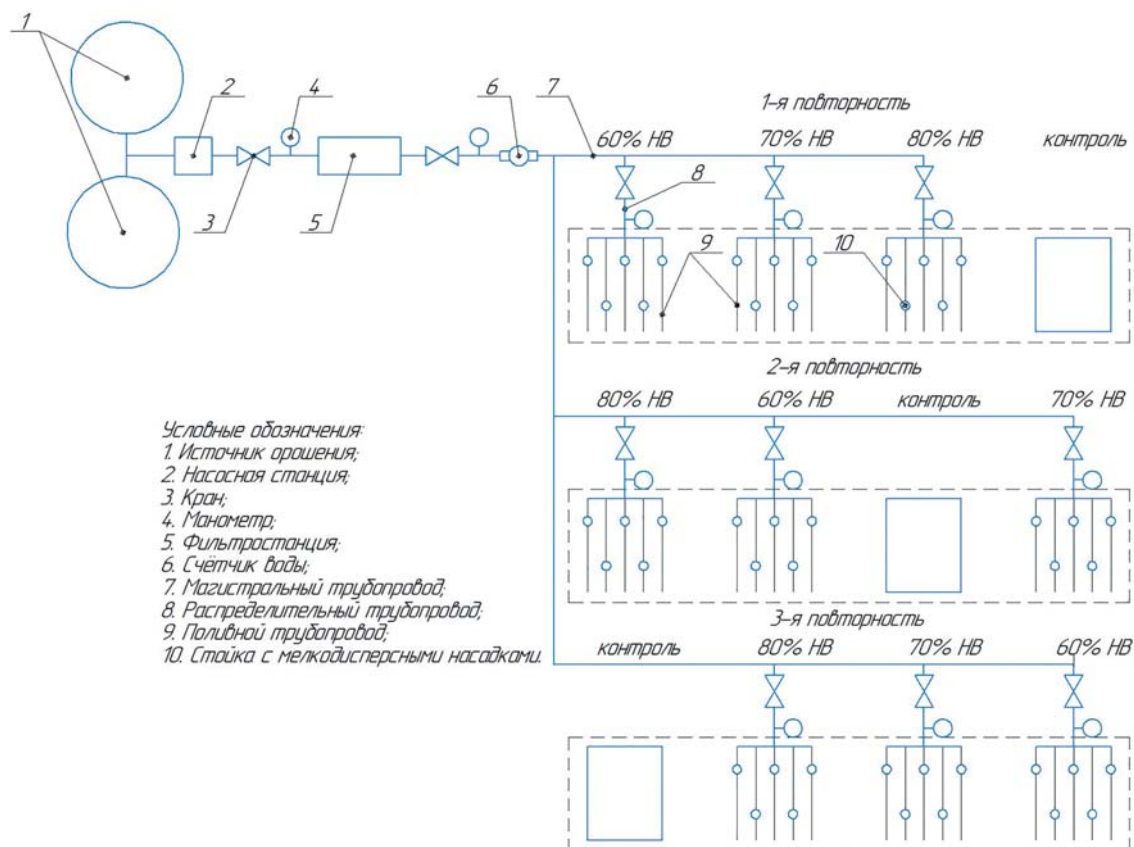


Рис. 1. Схема постановки двухфакторного опыта
Fig. 1. Scheme for setting up a two-factor experiment

сортов «Гостинец» и «Жуковская» показал, что эти сады с их неглубокой корневой системой хорошо реагируют на постоянное поддержание оптимальных водных, воздушных и питательных режимов почвы. Создание и поддержание таких режимов обеспечивают за счёт применения орошения в т. ч. капельного орошения и аэрозольного увлажнения. Также стоит отметить, что черешня – очень требовательна к почве плодовая культура. Она не переносит почвы по механическому составу плотные, засоленные, с высоким содержанием извести. Наилучшим для её культивирования является легкие супесчаные почвы по механическому составу, с хорошим дренажем, проницаемые для влаги и воздуха, хорошо прогреваемые и умеренно влажные [7].

На основе проведённых исследований разработанные конструктивные особенности комбинированной система капельного орошения с аэрозольным увлажнением обеспечивают следующие показатели, такие как: обеспечение оптимальной влажности почвы за счет применение капельного орошения, регулирование фитоклимата в периоды стрессовых температур, обеспечение многорежимной работы комбинированной системы – работа системы отдельно для капельного полива, работа системы для использования аэрозольного увлажнения, работа системы в комбинированном режиме – одновременно капельный полив и аэрозольное увлажнение, режим работы аэрозольного увлажнения обеспечивает разовую норму увлажнения в диапазоне 540 л/га, при этом диаметр капель в аэрозольном облаке не превышает 600 мкм., при работе комбинированной системы в

режиме аэрозольного увлажнения при температуре более 28°C и относительной влажности воздуха менее 40% обеспечивает максимальное число увлажнений, комбинированная система орошения позволяет экономно расходовать поливную норму [8,9].

Исследование для полевого опыта выбрано как двухфакторное: оно включает изучение влияние различных объёмов увлажнений и способов полива на формирование деревьев черешни сорта «Гостинец» и «Жуковская» [10].

Проводимые опыты осуществлялись на опытном участке, который находится на землях ООО «Коломенская ягода» Коломенского района Московской области, расположенном в центральной части района в 15 км. от города Коломна. Коломенский район расположен к юго-западу от города Москвы, в бассейне рек Москва и Ока. Участок проведения опытных исследований характеризуется дерново-среднеподзолистой почвой, среднесуглинистой по механическому составу. Почвообразующие породы – древнеаллювиальные отложения: средние светло-коричневые и буровато-коричневые суглинки. Основой для планирования и расчетов оросительных норм является водно-физические свойства почвы. Для ирригационной характеристики орошаемого участка особую важность имеют: гранулометрический состав почвы, плотность, плотность твёрдой фазы, водопроницаемость и наименьшая влагоёмкость почвы, максимальная гигроскопичность и влажность завядания растений [11, 12].

Механический состав и водно-физические свойства представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Описание механического состава профиля почвы на участке исследований
Table 1. Description of the mechanical composition of the soil profile at the research site

Генетический горизонт	Глубина, см	Фракции, мм							
		0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,0001	0,001	0,01	0,01
		Фракции, %							
An	0-15	1,4	18,7	48,2	9,1	9,1	13,1	68,3	31,3
B1	41-50	0,7	28,6	48,2	6,5	6,2	9,7	77,5	22,4
C	150-160	0,6	17,2	17,3	5,2	6,0	25,7	35,1	37,7

Таблица 2. Водно-физические свойства профиля почв на участке исследований
Table 2. Water-physical properties of the soil profile at the research site

Генетический горизонт	Глубина, см	Объёмная масса, г/см³	Удельная масса, г/см³	НВ, %	Влажность почвы, % от объёма почвы	Порозность почвы, % от объёма почвы
An	0-25	1,36	2,70	23,3	15,7	48
AnB1	25-80	1,37	2,62	21,1	18,6	48
B2	80-110	1,55	2,67	21,9	21,6	40
B2	110-140	1,63	2,64	21,4	-	39

Для характеристики почвы участка было заложено три почвенных разреза. При описании почвенных разрезов были определены мощность и свойства генетических горизонтов. В основном, пахотный горизонт (А) имеет мощность 25–27 см. За пахотным горизонтом расположен переходный горизонт к иллювиальному (А₂В) – мощностью 5–12 см. Переход к иллювиальному горизонту постепенный. Иллювиальный горизонт (В₁) мощностью 21–38 см, по механическому составу – среднесуглинистый. Переход к горизонту В₂ – постепенный. В₂ – мощностью 57–60 см, по механическому составу – тяжёлый суглинок. Горизонт С – расположен на глубине 117–130 см.

По результатам описания – почву участка можно отнести к дерново-подзолистой, среднесуглинистой на тяжёлом покровном суглинке. Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 10–15 мг на

100 г почвы, калия (по Масловой) 12–17 мг на 100 г почвы [13].

Климат на опытном участке исследований отличается умеренной континентальностью в значительной степени зависящем от влияния северо-западных ветров. Подзона на котором расположен опытный участок относится к южно-таёжной умеренно тёплой, характеризующейся неустойчивой влажностью. Наряду с избыточно влажными периодами одинаково вероятны и засушливые периоды. Поэтому для этой подзоны имеют большое значение инженерные мероприятия компенсации недостатка воды или отводу её избытка.

За годы проведения исследований проводился анализ факторов, влияющих на рост и развитие черешни сорта «Гостинец» и «Жуковская». Учитывались суммы выпавших осадков, среднемесячные температуры воздуха. Использовались дан-

Таблица 3. Основные показатели тепло- и влагообеспеченности агроклиматических района опытного участка
Table 3. Main indicators of heat and moisture supply in the agroclimatic region of the experimental site

Район	Период с температурой воздуха выше +10°C			Сумма температур за период с t>10°C	Осадки за период с t>10°C, мм
	начало	окончание	продолжительность, дней		
I	11.V	15.IX	128	1800-1900	300
II	6.V	15.IX	133	1900-2100	270
III	6.V	20.IX	138	2100-2200	250

Таблица 4. Средние многолетние величины суммарного испарения по месяцам и за год, мм
Table 4. Average long-term values of evapotranspiration by month and year, mm

январь		февраль		март		апрель		май		июнь		
мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
2,0	0,5	3,0	0,7	7,0	1,6	49,0	11,3	70,0	16,1	84,0	19,3	
июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		год
79,0	18,2	60,0	13,8	34,0	7,8	24,0	5,5	22,5	5,1	0,5	0,1	435

Таблица 5. Сравнительная характеристика вегетационного периода черешневого сада (май-сентябрь) со среднемноголетними показателями
Table 5. Comparative characteristics of the growing season of the cherry orchard (May-September) with average long-term indicators

Годы	Осадки		Температура воздуха	
	сумма, мм	обеспеченность, %	среднее значение, °C	обеспеченность, %
Среднемноголетний показатель (74 лет)	433	100	16,9	100
2021	869	<5%	15,0	88,8
2022	732	<5%	17,4	103,0
2023	848	<5%	16,2	95,87

Таблица 6. Характеристика температурного режима воздуха в годы исследований
Table 6. Characteristics of air temperature during the years of research

Месяцы	Среднегодовое, °С	2021		2022		2023	
		°С	% от нормы	°С	% от нормы	°С	% от нормы
Апрель	3,7	5,8	156,8	7,4	200,0	7,4	200,0
Май	11,7	10,9	93,2	16,1	137,6	16,2	138,5
Июнь	15,4	14,8	96,1	17,1	111,0	19,5	126,6
Июль	17,6	17,9	101,7	20,4	115,9	16,9	96,0
Август	15,8	18,5	117,1	19,1	120,9	16,3	103,2
Сентябрь	10,5	12,7	121,0	14,2	135,2	12,1	115,2

Таблица 7. Распределение атмосферных осадков за годы исследований, мм
Table 7. Distribution of atmospheric precipitation over the years of research, mm

Месяцы	Среднегодовое показатель	Годы исследований		
		2021	2022	2023
Апрель	30,0	12	15	15
Май	50,0	14	18	32
Июнь	65,0	18	9	22
Июль	80,0	29	19	8
Август	70,0	29	7	19
Сентябрь	55,0	10	10	5

ные, полученные с метеопоста г. Коломны. Сравнительная характеристика вегетационного периода черешневого сада со среднегодовыми показателями представлена в таблице 5.

Анализ погодных условий проведения опытов показывает, что по обеспеченности гидротермическими факторами вегетационный период исследований характеризуется следующим образом: 2021 год: $K_y=2,34$ – тёплый и влажный, 2022 год: $K_y=2,03$ – жаркий и влажный, 2023 год: $K_y=2,38$ – умеренно жаркий и влажный [14].

Динамика изменения среднемесячных температур за отчётный период исследований по сравнению со среднегодовыми показателями представлена в таблице 6.

Сравнение данных суммы и распределения осадков за годы исследований по месяцам вегетационного периода представлены в таблице 7.

Одним из важных условий реализации технологий аэрозольного увлажнения является ветровой режим на опытном участке исследований. Наблюдения, проведенные за три года исследований в ООО «Коломенская ягода», показали, что в летний период в жаркое время суток ориентировочно с 12 до 16 часов скорость ветра изменяется от 0,9 м/с до 1,9 м/с. Максимальная скорость ветра в течение вегетационного периода не превышала 3,3 м/с. Основное направление ветра в течение

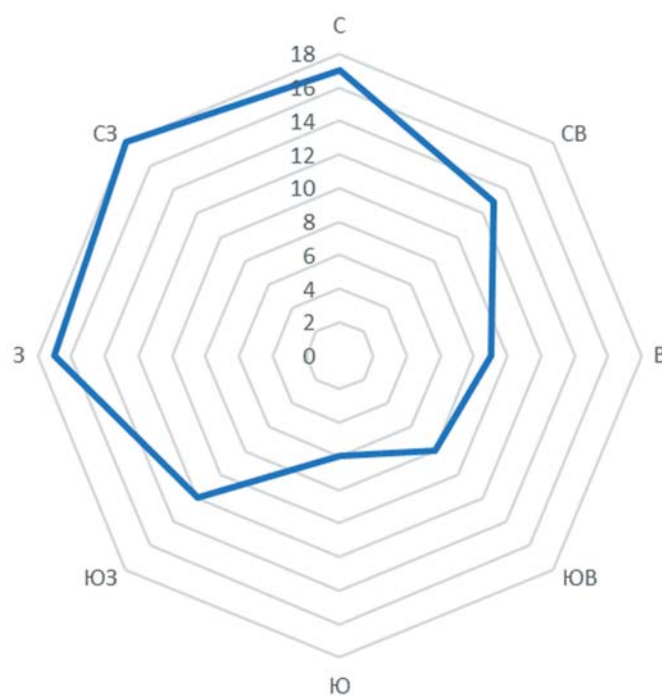


Рис. 2. Направление ветра на опытном участке
Fig. 2. Wind direction at the experimental site

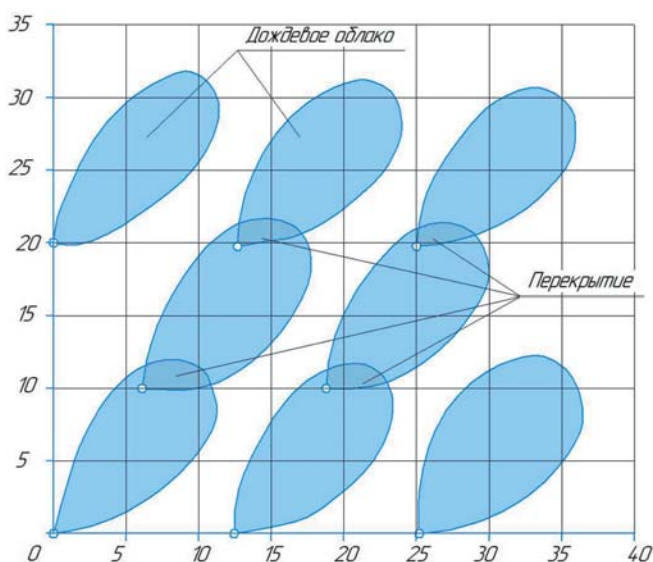


Рис. 3. Форма и размер видимого аэрозольного увлажнения при скорости ветра 2–3,2 м/с
Fig. 3. Shape and size of visible aerosol humidification at wind speeds of 2–3.2 m/s

ние всего дня может меняться в данном районе с юго-восточного направления на северо-западное направление.

За основу режима водоподдачи аэрозольного увлажнения в опыт принята малоинтенсивная водоподдача в жаркое время суток, при относительной влажности воздуха ниже 45% и полностью компенсирующая испарение за прошедшие сутки. При проведении исследований были приняты следующие варианты опыта: вариант 1 – аэрозольное увлажнение поливной нормой, равной количеству испарившейся воды за прошедшие сутки, вариант 2 – комбинированный полив – капельное орошение с применением аэрозольного увлажнения, вариант 3 – без орошения (контроль). Повторность опыта – трехкратная.

В исследовании оценивались такие параметры аэрозольного увлажнения, как величина суточной поливной нормы, продолжительность и сроки полива, равномерность распределения аэрозольного облака, его интенсивность, размер капель и контуры участка смачивания поверхности одной насадкой. Также проводились наблюдения за температурой и влажностью воздуха в приземном слое и кроне молодых деревьев черешни, а также температурой листовой поверхности. Температуру листовой поверхности измеряли инфракрасным термометром в часы наибольшей солнечной активности. Измерение проводилось каждые полчаса на всей кроне с верхней стороны листа в 13 точках, равномерно распределённых по площади опытного участка. В каждой точке измеряли температуру у пяти листьев. Включение полива с аэрозольным увлажнением осуществлялось в жаркие солнечные дни при температуре воздуха выше +25°C. Поливная норма определялась исходя из изменения параметров фотоклимата. Также учитывались осадки, испарение в воздухе и снос воды за пределы участка во время полива. Подача воды на опытный участок контролировалась счётчиками-водомерами и дождемерами, установленными на раз-

ных участках эксперимента. Равномерность распределения осадков и интенсивность дождя определялись согласно методике, разработанной ФГБНУ ВНИИ «Радуга».

Контуры смачивания аэрозольным увлажнением измерялись следующим образом: на участке выбирались два дождевателя, работающие без перекрытия, а остальные отключались. Ширина распределения дождевого облака измерялась на разном расстоянии от мачты с шагом в один метр, и по результатам замеров в масштабе с использованием компьютерных программ строился контур его распространения. В ходе эксперимента каждые 10 минут измерялась скорость ветра и определялось его направление [15].

Результаты исследования показали, что равномерность распределения слоя осадков зависит от скорости ветра. Наибольшая равномерность достигается, когда направление ветра часто меняется. При неизменном направлении ветра лучшее распределение наблюдается при скорости ветра более 3,2 м/с.

При поливе с помощью аэрозольного орошения относительная влажность воздуха поддерживалась в диапазоне от 55 до 70%. Полив проводился не более 5–6 минут, как только относительная влажность приземного слоя воздуха в кроне молодых деревьев черешни опускалась ниже 40%. Поливная норма составляла 0,48 л/с на одном варианте опыта, работали 8 мачт. За весь период проведения опыта оросительная норма составила порядка 290 м³/ч.

Дождевое облако из капель среднего диаметра, не превышающего 400 мкм, формируется при использовании мелкодисперсного орошения. В период жарких месяцев, при сильном ветре, увеличивается потеря влаги за счет ее испарения и переноса ветром, что может достигать 30–40%. Капли крупнее – до 600 мкм обладают более высокой силой поверхностного натяжения, большей массой и устойчивы к испарению и переносу ветром. С учетом вышеперечисленного выбор мелкодисперсных насадок для создания дождевого облака при комбинированном способе орошения становится важной задачей, требующей особого подхода [16].

Необходимо помнить, что состояние листовой поверхности молодых деревьев напрямую зависит от условий выращивания, уровня освещенности, а также доступности питательных веществ. Поэтому важно создать оптимальные условия для развития листьев, чтобы обеспечить растению необходимые ресурсы для роста и развития.

Средние значения площади листовой поверхности молодых деревьев черешни сортов «Жуковская» и «Гостинец» при различных режимах орошения представлены в таблице 8.

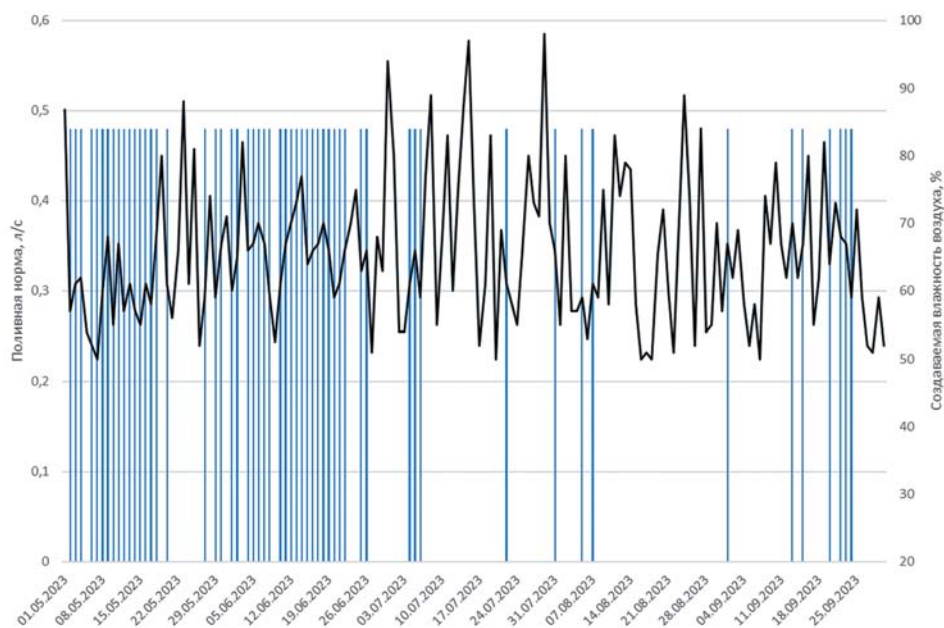


Рис. 4. Динамика изменения относительной влажности приземного слоя воздуха в зависимости от поливной нормы аэрозольного увлажнения
Fig. 4. Dynamics of changes in the relative humidity of the surface layer of air depending on the irrigation rate of aerosol humidification

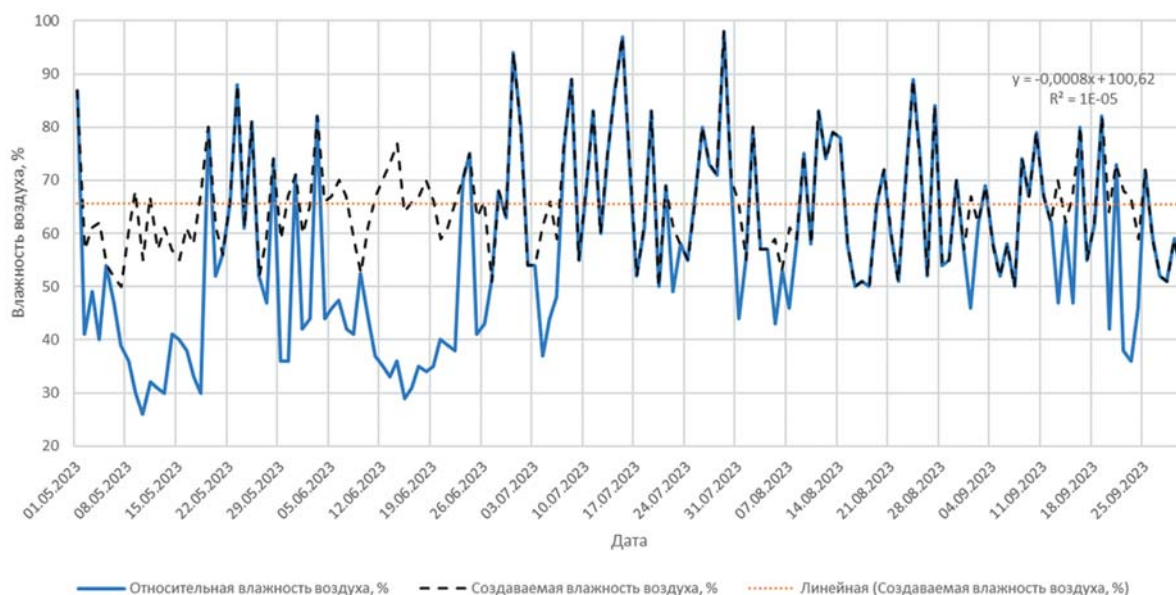


Рис. 5. Динамика изменения относительной влажности воздуха и создаваемой влажности воздуха в приземном слое на опытном участке
Fig. 5. Dynamics of changes in relative air humidity and created air humidity in the ground layer at the experimental site

Таблица 8. Площадь листовой поверхности по вариантам опыта
Table 8. Leaf surface area according to experimental options

Режим орошения	Сорт	Средняя по варианту, см²
60-80% НВ	Гостинец	5 391
	Жуковская	5 111
70-90% НВ	Гостинец	5 415
	Жуковская	5 219
80-100% НВ	Гостинец	5 549
	Жуковская	5 487
Контроль (без орошения)	Гостинец	5 238
	Жуковская	4 909
НСП ₀₅		268

Наибольшую площадь листовой поверхности имеют деревья сорта «Гостинец». У деревьев сорта «Гостинец» площадь листовой поверхности в среднем на 4 % больше, чем у сорта «Жуковская». Максимальная площадь листовой поверхности наблюдалась в третьем варианте опыта, где влажность почвы поддерживалась на уровне 80–100 % от наименьшей влагоёмкости (НВ). Минимальная площадь была зафиксирована в четвёртом варианте без орошения.

Для деревьев сорта «Гостинец» значение площади листовой поверхности на I варианте опыта (60-70% НВ) больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 153 см² (2,8%), на II варианте опыта при 70-90% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 177 см² (3,3%), на III варианте опыта при 80-100% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 311 см² (5,6%). Для деревьев сорта «Жуковская» значения высот на I варианте опыта (60-70% НВ) больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 202 см² (4%), на II варианте опыта при 70-90% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 310 см² (5,9%), на III варианте опыта при 80-100% НВ больше по сравнению с IV вариантом опыта без орошения на 578 см (10,5%). При проведении поливов на III варианте опыта при 80-100% НВ наблюдается наибольшее значение площади листовой поверхности у обоих сортов черешни.

Заключение

Дальнейшие исследования в области создания комбинированной системы полива с использованием капельного полива и аэрозольного увлажнения позволят сочетать увлажняющие и орошающие поливы. Это даст возможность гибко регулировать условия для

оптимального роста сельскохозяйственных растений и увеличить их урожайность.

Показатели молодых деревьев черешни, такие как диаметр штамба, высота, годичный прирост по высоте, площадь листовой поверхности и объём корневой системы, указывают на то, что оптимальные условия для их развития находятся на варианте опыта в диапазоне 80% НВ. Благодаря этому достигается постоянное и равномерное увлажнение почвы, что приводит к отсутствию резких колебаний роста, как на участке без орошения.

Систематическое проведение поливов малыми нормами при капельном орошении и использование аэрозольного увлажнения в комбинированной системе орошения позволили поддерживать заданные уровни влажности почвы и относительной влажности приземного слоя воздуха [17]. Это снизило негативное влияние стрессовых условий, вызванных колебаниями влажности почвы и влажности воздуха, а также периодами стрессовых температур и естественного увлажнения.

Способ полива с использованием комбинированной системы орошения на дерново-подзолистых почвах в центральной части Нечернозёмной зоны России для выращивания черешни сортов «Гостинец» и «Жуковская» соответствует критериям экологической безопасности и экономической эффективности. Экономия воды при таком методе составляет 2,2–3,4 раза по сравнению с дождеванием. С точки зрения рентабельности наиболее эффективно выращивать молодых деревьев черешневого сада при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы на варианте опыта 80% НВ и относительной влажности приземного слоя воздуха в диапазоне 55–70%.

• Литература

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.
2. Итоги реализации (2014-2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: информ. издание М.: ФГБНУ «Росинформарготех», 2018. 108 с. ISBN 978-5-7367-1446-9. <https://elibrary.ru/ykxwx>
3. Verma M.L., Thakur B.C., Bhandari A.R. Effect of drip irrigation and polyethylene mulch on yield, quality and water-use efficiency of peach cv. July Elberta. *Indian Journal of Horticulture*. 2007;4(64):406-409.
4. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Градусов В.М. Формирование саженцев сливы при капельном орошении в условиях нечерноземной зоны. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019;(6):23–35. <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-23-35> <https://elibrary.ru/mmyivx>
5. Hillel D., Ademola K.B., Vlek Paul L.G. *Degradation Under Irrigation*. Land Use and Soil Resources. New York, Springer, 2008. P. 101-119.
6. Овчинников А.С., Храбров М.Ю., Колесова Н.Г. Повышение эффективности комбинированных способов орошения. *Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019;1(53):231-241. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-31> <https://www.elibrary.ru/iamrjw>
7. Еремина О.В., Жуков Г.Н., Кареник В.М. Строение корневой системы сорто-подвойных комбинаций черешни в условиях орошаемого сада. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного уни-*

- верситета*. 2012;(76):838–850. <https://elibrary.ru/owtwed>
8. Грушин А.В., Терпигорев А.А., Гжибовский С.А. Проблемы развития капельного орошения. *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования*. с. Солёное Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2019. С. 130-141. <https://doi.org/10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-026> <https://elibrary.ru/zcgdfz>
 9. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Водопотребление и режимы капельного орошения саженцев плодовых и ягодных культур в центральном Нечерноземье. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024;(3):20-23. <https://doi.org/10.31857/S2500262724030047> <https://elibrary.ru/fvtjhg>
 10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
 11. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Особенности водопотребления саженцев сливы, выращиваемых в питомнике при капельном орошении. *Плодородие*. 2020;4(115):53–56. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.15> <https://elibrary.ru/rkmmvf>
 12. Гжибовский С.А., Шумакова К.Б. Технология полива черешневого сада комбинированной системой капельного орошения с аэрозольным увлажнением. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2024;(2):30-36. <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2024-2-30-36> <https://elibrary.ru/nheszb>
 13. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В., Ефимов О.Е., Прохоров А.А. Агрохимические и водно-физические свойства дерново-подзолистой почвы при капельном орошении плодового

питомника. *Овощи России*. 2021;(3):116-121.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-116-121>
<https://elibrary.ru/phktew>

14. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В., Лебедев А.В. Использование агрометеорологических данных для обоснования оросительных мелиораций саженцев плодовых и ягодных культур в центральном Нечерноземье. *Природообустройство*. 2024;(2):35-40.
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-35-40>
<https://elibrary.ru/uejdqt>

15. Гжибовский С.А. Проведение полевого опыта комбинированной системы орошения. Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. М: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. С. 51–55. <https://elibrary.ru/thgoee>

16. Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Кулявцева А.А. Эффективность дождевания при комбинированном орошении. *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2023;(2):424-431.
<https://www.elibrary.ru/suhizu>

17. Дубенок Н.Н., Калмыкова Е.С., Гемонов А.В. Особенности применения малообъемного орошения для выращивания саженцев плодовых культур в условиях различных природно-климатических зон России. *Орошаемое земледелие*. 2023;(4):7-10.
<https://doi.org/10.35809/2618-8279-2023-4-1>
<https://elibrary.ru/buazrx>

• References

1. State program for the development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets for 2013-2020. (In Russ.)
2. Results of the implementation (2014-2017) of the federal target program "Development of land reclamation of agricultural lands in Russia for 2014-2020": information. publication. M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2018. 108 p.. ISBN 978-5-7367-1446-9. (In Russ.) <https://elibrary.ru/yykxwx>
3. Verma M.L., Thakur B.C., Bhandari A.R. Effect of drip irrigation and polyethylene mulch on yield, quality and water-use efficiency of peach cv. July Elberta. *Indian Journal of Horticulture*. 2007;4(64):406-409.
4. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Gradusov V.M. Formation of plum seedlings under drip irrigation in the non-chernozem zone. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;(6):23–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-23-35>
<https://elibrary.ru/mmyivx>
5. Hillel D., Ademola K.B., Vlek Paul L.G. Degradation Under Irrigation. Land Use and Soil Resources. New York, Springer, 2008. P. 101-119.
6. Ovchinnikov A.S., Khrabrov M.Yu., Kolesova N.G. Increasing the effectiveness of combined solutions. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education*. 2019;1(53):231-241. (In Russ.) <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-31>
<https://www.elibrary.ru/iamrjw>
7. Eremina O.V., Zhukov G.N., Karenik V.M. The structure of the root system of cherry variety-rootstock combinations in an irrigated orchard. *Polythematic online scientific journal of Kuban State*

Agrarian University. 2012;(76):838–850. (In Russ.)

<https://elibrary.ru/owtwed>

8. Grushin A.V., Terpigorev A.A., Grzybowski S.A. Problems of drip irrigation development. Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management. p. Solenoe Zaimishche: Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 130-141. (In Russ.) <https://doi.org/10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-026>
<https://elibrary.ru/zcgdfz>

9. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Water consumption and drip irrigation modes of fruit and berry seedlings in the central Non-Black Earth Region. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2024;(3):20-23. (In Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S2500262724030047>
<https://elibrary.ru/fvtjhg>

10. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)

11. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Features of water consumption of plum seedlings grown in a nursery with drip irrigation. *Plodorodiye* 2020;4(115):53-56. (In Russ.)
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.15>
<https://elibrary.ru/rkmmvf>

12. Gzhibovsky S.A., Shumakova K.B. Technology of watering a cherry orchard with a combined drip irrigation system with aerosol humidification. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo*. 2024;(2):30-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.32962/0235-2524-2024-2-30-36>
<https://elibrary.ru/nheszb>

13. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Efimov O.E., Prokhorov A.A. Agrochemical and water-physical properties of sod-podzolic soil with drip irrigation of a fruit nursery. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):116-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-116-121>
<https://elibrary.ru/phktew>

14. Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V. Using agrometeorological data to justify irrigation melioration of fruit and berry crop seedlings in the central Non-Black Earth Region. *Prirodobustroystvo*. 2024;(2):35-40. (In Russ.)
<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-35-40>
<https://elibrary.ru/uejdqt>

15. Gzhibovsky S.A. Carrying out a field experiment of a combined irrigation system. International scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 180th anniversary of the birth of K.A. Timiryazev. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023. P. 51-55. (In Russ.) <https://elibrary.ru/thgoee>

16. Akpasov, A.P., Tuktarov, R.B., Kulyavtseva, A.A. Efficiency of sprinkling in combined irrigation. *International journal of applied sciences and technology integral*. 2023;(2):424-431. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/suhizu>

17. Dubenok N.N., Kalmykova E.S., Gemonov A.V. Features of the use of low-volume irrigation for growing seedlings of fruit crops in various natural and climatic zones of Russia. *Irrigated agriculture*. 2023;(4):7-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2023-4-1>
<https://elibrary.ru/buazrx>

Об авторах:

Николай Николаевич Дубенок – академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, SPIN-код: 1856-9793, ndubenok@mail.ru

Сергей Александрович Гжибовский – аспирант кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0001-6742-2417>, SPIN-код: 4219-9236, автор для переписки, gzhibowsky@ya.ru

Александр Владимирович Гемонов – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>, SPIN-код: 3293-5840, agemonov@yandex.ru

About the Authors:

Nikolay N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Head of the Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, SPIN-code: 1856-9793, ndubenok@rgau-msha.ru

Sergey A. Gzhibovsky – Postgraduate Student, Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0001-6742-2417>, SPIN-code: 4219-9236, Corresponding Author, gzhibowsky@ya.ru

Alexander V. Gemonov – Cand. Sci. (Agriculture), Assistant Professor of the Department of Agricultural Melioration, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>, SPIN-code: 3293-5840, agemonov@yandex.ru