

экономии поливной воды и водорастворимых удобрений за счет отсутствия дренажа.

#### Заключение

Повышение экономической эффективности и экологической безопасности тепличного овощеводства может быть достигнуто в результате внедрения технологических приемов, обеспечивающих снижение производственных затрат за счет исключения из производственного цикла синтетического субстрата – минеральной ваты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И.П. Питание томата в зимних теплицах/ И.П. Козловская. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 194 с.
2. Гануш, Г.И. Овощеводство Беларуси: Экономика. Организация. Агротехника / Г.И. Гануш. – Минск: Ураджай, 1996. – 272 с.
3. Аутко, А.А. Тепличное овощеводство/ А.А. Аутко, Н.Н. Долбик, И.П. Козловская.– Минск: УП «Технопринт», 2003. – 244 с.

УДК 631.674.8

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 9.12.2010

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.Н. Дашков, докт. техн. наук, профессор, И.И. Радюк, соискатель (БГАТУ); Д.В. Дегтерев, научн. сотр., Э.К. Снежко, канд. техн. наук (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

#### Аннотация

*Природно-климатические условия Беларуси благоприятны для возделывания садовых культур. Однако неравномерное распределение осадков в отдельные периоды роста и развития растений не обеспечивает оптимального водного режима почв. Из существующих в настоящее время видов искусственного орошения одним из наиболее перспективных видов для садов является капельный полив, который дает возможность поддерживать оптимальную влажность и температуру почвы с учетом особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур. В данной статье анализируется возможность капельного полива садовых культур в условиях Республики Беларусь.*

*The climatic conditions of the Republic of Belarus are favorable for cultivation of horticulture. However, uneven precipitation spreading during certain growth periods and plant development does not provide optimal soil water regime. From currently available types of artificial irrigation of the gardens the most promising one is drip irrigation, which makes possible to maintain optimal soil moisture and temperature depending on the peculiarities of agricultural crop cultivation. This article analyzes the possibility of horticulture drip irrigation in the Republic of Belarus.*

#### Введение

В проблеме насыщения потребительского рынка и обеспечения населения республики продуктами питания, с учетом сложившейся экологической ситуации, особое место отводится плодоводству.

В целом природно-климатические условия Беларуси благоприятны для возделывания садовых культур. По медицинским нормам, каждый житель республики должен ежегодно потреблять 80 кг фруктов (одно яблоко и стакан яблочного сока в день). То есть, для удовлетворения потребностей населения должно производиться 800 тыс. т фруктов в год, а фактически производится – 300-350 тыс. т (основной валовой сбор обеспечивается за счет плодов яблони).

В настоящее время площадь садов составляет 105 тыс. га. Однако из 58 тыс. га, находящихся у населения, только 7 тыс. га требует обновления. Подобная ситуация сложилась и в общественном секторе. Из 47 тыс. га – 27 тыс. га представляют собой сады с многолетними насаждениями устаревшего типа, ко-

торые фактически переродились в рассадники болезней и подлежат немедленной раскорчевке. В республике всего насчитывается около 20 тыс. га садов среднего и высокого бонитета, которые и приносят высококачественную плодовую продукцию.

Неустойчивость природно-климатических условий Беларуси, чрезвычайная пестрота почвенного покрова и плодородия почв определяют рискованный характер земледелия республики и его зависимость от природы.

Многолетние наблюдения за осадками по основным метеостанциям республики показывают, что в последнее время просматривается тенденция к росту засушливости вегетационных периодов. Так, по Полесскому региону из последних 20 лет засушливыми были 11, хотя по данным среднесезонных наблюдений, эта цифра не превышает 40 %. В таких условиях получение стабильных высоких урожаев на значительной части сельскохозяйственных земель невозможно без проведения соответствующих агротехнических и мелиоративных мероприятий. Неравномерное распределение осадков в отдельные периоды

роста и развития растений не обеспечивает оптимального водного режима почв. В связи с этим, в Беларуси в широких масштабах начинает применяться орошение сельскохозяйственных культур. Своевременное и правильное применение поливов позволяет получать высокие урожаи плодовых культур.

Аграрная наука ведёт поиск энергоэффективных способов искусственного орошения и разработку оросительной техники, позволяющей получать дополнительный урожай, покрывающий расходы на полив, так как роль этого агроприема в технологии выращивания плодовых культур возрастает. Согласно выводам Межправительственной группы экспертов, оценивших последствия изменения климатических условий нашего региона, в настоящее время рекомендован пересмотр принципов ведения сельского хозяйства в Республике Беларусь с внесением корректировок в развитие аграрных технологий. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация технологий искусственного орошения посевов для создания зон гарантированного производства кормовых, овощных, плодово-ягодных и других сельскохозяйственных культур, так как только использование адаптированных к природным условиям технологий позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, получаемой с единицы площади, снизить её себестоимость и повысить качество.

#### **Основная часть**

Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в плодоводстве является разработка и реализация технологий автоматизированного искусственного орошения почвы для создания зон гарантированного производства плодовых культур. Использование таких технологий позволит увеличить количество плодов и ягод, получаемых с единицы площади, повысить качество и снизить их себестоимость. Как известно, урожайность культур на поливных землях в 2-3 раза, а в годы сильных засух в 4-6 раз выше, чем на неорошаемых, это касается и территории нашей республики. Оценка условий естественного увлажнения и теплообеспеченности земель Беларуси показывает, что только во влажные годы на территории страны наблюдается избыток влаги равный 75-170 мм [1]. В средние годы, по метеоусловиям северная зона характеризуется неустойчивым увлажнением, а центральная и южная – недостаточным. Недостаток осадков составляет до 160 мм. В сухие годы для всей территории республики характерно недостаточное увлажнение на 60...240 мм. Неиспользованные ресурсы тепла, излишне расходуемые на теплообмен и нагревание почвы, достигают в сухие годы 1,2-9,0 ккал/см<sup>2</sup>. Высокая потребность деревьев в воде и питательных веществах наблюдается весной и в первую половину лета. Критический период у плодовых культур наступает во время распускания цветковых почек, цветения и в начале роста плодов. Недостаток воды не только снижает урожай, но и уг-

нетает формирование почек под урожай будущего года. В условиях летних засух резко нарушается нормальный цикл развития плодовых деревьев, в надземной части и корнях снижается темп накопления крахмала и сахара, в результате такие деревья не могут противостоять низким зимним температурам.

Таким образом, в условиях нашей республики, для стабильного ежегодного получения высоких урожаев, несомненно, необходимо использовать системы искусственного увлажнения почв. Вопрос только в том, какую из систем орошения применять в каждом конкретном случае – поверхностное дождевание, внутрпочвенное (капельное), аэрозольное (мелкодисперсное) и др. Все способы имеют свои достоинства и недостатки, поэтому ни один из них нельзя рекомендовать как единственно возможный.

Микроорошение можно осуществлять, используя различные технологии подачи воды растениям. В частности, капельную, микроструйчатую, импульсную, внутрпочвенную, микродождевание, капельно-бороздковую с использованием поливных трубопроводов системы капельного орошения. Такие технологии могут быть успешно применены в различных почвенно-климатических и топографических условиях республики.

Остановимся на первом важнейшем факторе – обеспечении растений водой. Он предполагает не слепой полив, а полив программируемый: когда и сколько необходимо растению воды на определенном этапе его роста. И это очень важно, ведь орошение также может быть причиной некоторых отрицательных агротехнических явлений, например, разрушение корки, уменьшение водопроницаемости. Излишек оросительных вод размывает грунт, вымывает вглубь питательные элементы, уплотняет пахотный слой. При правильном выборе способа полива, строгом регулировании поливных норм и соответствующей агротехнике можно не только избежать этих проблем, но и увеличить выход продукции.

В настоящее время в Республике Беларусь для надкронного полива плодовых культур, в частности питомников, рядом хозяйств, таких как ООО «Дусен» (Могилевская обл., Чаусский р-н), РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» (г. Пружаны) и др. используется разработанная РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и поставленная на производство дождевальная установка УД-2500 (рис. 1). Установка УД-2500 защищена патентами Республики Беларусь №1702, №821 и удостоена золотой медали на агропромышленной выставке в России в 2007 г., серийно выпускается РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Однако для подкронного полива деревьев потребовалась разработка нового оборудования. Наиболее эффективным является полив с помощью поливочного оборудования ОП-600 (рис. 2), которое имеет ряд конструктивных особенностей. К ним относятся: низкое расположение распылительных устройств ороси-



Рисунок 1. Дождевальная установка УД-2500 на поливе яблоневого сада



Рисунок 2. Оборудование поливочное ОП-600 в работе

тельной тележки – до 0,3 м, создание при поливе факела дождя, не превышающего по высоте 1 м, что позволяет производить подкормочный полив плодовых деревьев, так как при поливе остаются сухими листья и другие надземные вегетативные органы растения.

Это создает благоприятные фитосанитарные условия и уменьшает вероятность распространения болезней, при этом не смываются препараты системы защиты растений. В 2008 году опытный образец оборудования поливочного ОП-600 успешно прошел государственные приемочные и специальные испытания, и в настоящее время осуществляется подготовка постановки на производство разработанного оборудования. По результатам приемочных испытаний, годовой приведенный экономический эффект на одну машину составил 11 млн. руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ – 5 млн. рублей, без учета увеличения урожайности плодов от полива.

Анализ зарубежной информации и передового опыта республики показывает, что в мировой практике расширяются масштабы применения в садоводстве систем капельного полива. К их основным преимуществам относятся:

- повышение урожайности и качества продукции;
- система может работать 24 часа в сутки;
- обеспечение равномерного распределения воды по всей длине ряда;
- уменьшение потребления поливной воды и энергии до 50 %;
- сокращение расхода удобрений и химикатов;
- уменьшение уплотненности грунтов;
- сохранение сухими междурядий и снижение засоренности их сорняками.

Таким образом, системы капельного орошения – действенный фактор раскрытия потенциала плодовых культур. Основными преимуществами способа капельного орошения являются более широкие возможности регуляции водного режима. При традиционных способах орошения достижение критических параметров влажности почвы 65% Н.В. (наименьшей влагоемкости) – сигнал для начала полива. Продолжают его до полного насыщения почвы, т.е. до 100% Н.В. Следствием этого является то, что в предполивной период растения испытывают стресс от дефицита воды, а в конце полива и некоторое время после него испытывают дефицит почвенного воздуха. Система капельного орошения позволяет производить полив при значительных колебаниях параметров водного баланса почвы. С помощью автоматизированной системы капельного полива колебания почвенной влаги можно удерживать в пределах 75-85% Н.В. Таким образом, корневая система будет практически постоянно находиться в максимально благоприятных условиях.

Системы капельного орошения, при условии грамотного их использования, обеспечивают локальное увлажнение почвы с подачей поливной воды в приштабную зону, откуда влага наиболее интенсивно потребляется корнями деревьев. При капельном орошении практически отсутствует сброс воды за пределы корнеобитаемого слоя, что способствует не только более рациональному использованию водных ресурсов, но и поддержанию хорошей мелиоративной обстановки на поливном участке. Увлажнение почвы в зоне более интенсивного потребления влаги корнями деревьев и возможность непрерывного снабжения растений влагой, исключая появление водного стресса, благоприятно сказывается на активизации ростовых процессов.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создается комплект автоматизированного капельного полива сада модульного типа (табл. 1).

Образец автоматизированного поливочного комплекта для капельного полива включает в себя:

– фильтростанцию, представляющую собой водоочистное устройство, состоящее из фильтров грубой очистки, фильтра тонкой очистки, регуляторов давления и контрольно-измерительных приборов;

– модуль капельного полива, представляющий собой водораспределительное устройство, состоящее из коллекторного трубопровода, рядов трубок капельного полива со встроенными капельницами и запорной арматуры, а также магистрального трубо-

**Таблица 1. Показатели назначения комплекта  
капельного полива КАП-1**

№ пп	Наименование параметра	Значение параметра
1	Тип оборудования	стационарное
2	Производительность полива, га/ч - основного времени	0,23
3	Расход воды, т/ч, не менее	5
4	Рабочее давление в модуле капельного полива, МПа, не более	0,1
5	Длина укладки трубки капельного полива, м, не более	150
6	Наружный диаметр трубки, мм	16
7	Интервал между капельницами (в зависимости от схемы посадки растений), мм	1000
8	Расход воды одной капельницей, л/ч	до 2
9	Габаритные размеры фильтростанции, мм - длина - ширина - высота	3500 2000 1400
10	Площадь фильтрации фильтра грубой очистки, м <sup>2</sup>	0,9
11	Площадь фильтрации фильтра тонкой очистки, м <sup>2</sup>	1,8
12	Масса фильтростанции (сухой вес), кг, не более	500

провода, предназначенного для подвода оросительной воды к модулю;

– систему управления, включающую электронный контроллер, предназначенный для автоматического управления поливом по заданной программе, электромагнитные клапаны, предназначенные для регулирования водяного потока (открытия-закрытия проходного сечения трубопроводов) при поливе и промывке гидравлической системы.

С помощью развитой системы трубопроводов и трубок капельного полива отфильтрованная вода подается через капельные водовыпуски небольшими порциями непосредственно в корневую систему. Распределительный трубопровод изготавливают из полиэтиленовой трубы, в которую врезаются штуцеры для присоединения трубок капельного полива. Трубка капельного полива (рис. 3) представляет собой гибкую полиэтиленовую трубку диаметром 16 мм с равномерно расположенными на расстоянии 100 мм капельными эмиттерами.

Каждый из них может обеспечивать расход воды порядка 2 л/ч. Диапазон технических характеристик



*Рисунки 3. Трубка капельного полива*

трубок капельного полива позволяет эффективно решать вопросы орошения при любой схеме посадки сада. Фильтрация поливной воды от крупных механических частиц и биофлоры осуществляется в песчано-гравийном фильтре (рис. 4). Он состоит из металлической емкости, заполненной фильтрующим элементом (гравий фракций 0,65-1,75 мм), и соединительного трубопровода, через который осуществляется подвод и отвод воды. На соединительном трубопроводе имеются клиновые задвижки. С их помощью фильтр переводится из режима фильтрации в режим промывки (ручной



*Рисунки 4. Конструкция песчано-гравийных фильтров*

или автоматической) [2].

Для внесения жидких удобрений предназначен удобрительный узел, оснащенный инжектором. Чтобы избежать проблем засорения каплеобразующих отверстий в трубках капельного полива, осуществляется «тонкая» очистка поливной воды с помощью дискового фильтра. Для снижения давления воды в трубках капельного полива до уровня, не превышающего заданное, предусматривается установка регулятора давления.

В табл. 2. приведено сравнение оросительного оборудования различных типов при его использовании для полива садовых культур.

Как видно из таблицы, важнейшим преимуществом систем капельного полива является возможность автоматизации ее работы и одновременность воздействия на всю охватываемую площадь сада. Для автома-

**Таблица 2. Сравнительные показатели оросительного оборудования различных типов для садоводства**

Показатели	Тип оросительного оборудования			
	Барабанно-шланговая дождевальная установка	Оборудование поливочное подкормочное	Бороздковые системы	Система капельного полива
Тип оборудования	Мобильное	Мобильное	Стационарное	Стационарное
Ограничения на применение	Только для молодого сада	Для зрелого сада при широкорядной посадке деревьев	Для всех типов сада	Для всех типов сада
Оперативность применения	Позтапный полив полосами на ширину захвата	Позтапный полив полосами на 4 – 6 рядов	Одновременный полив всей площади, охватываемой системой	Одновременный полив всей площади, охватываемой системой
Равномерность распределения поливной воды	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая
Потери поливной воды (испарение, междурядья, впитывание бороздами, сток), %	25 – 30	35 – 40	50 – 55	10 – 15
Возможность автоматизации	Нет	Нет	Ограничена	Имеется
Возможность проведения подкормки	Нет	Нет	Нет	Имеется
Требования к качеству поливной воды	Средние	Средние	Низкие	Высокие

тизации процесса полива необходимо определять два основных показателя: остаточную влажность почвы (момент начала полива) и достаточный объем поливной воды. Рассмотрим методики их определения.

Для расчета необходимого объема поливной воды определяется Н.В. в слое почвы 0-50 и 51-100 см. В нескольких (4-5) типичных для данного поля местах берут образцы почвы в слое 0,2-0,3 м – 0,5-0,6 м. Образцы с каждой глубины смешивают между собой и получают 2 средних образца с глубины 0,2-0,3 м и 0,5-0,6 м. Каждый средний образец объемом 1,5-2,0 л почвы просеивают после небольшой просушки для очистки от корней и других случайных включений. Затем просеянную землю помещают в сушильный шкаф на 6-8 часов при температуре +100-105°C до полного высыхания. Готовят цилиндр без дна с установленным объемом 1 л. Дно сосуда обвязывают тканью (марлей в несколько слоев) и взвешивают сосуд с тканью. Ставят сосуд на ровную поверхность и наполняют почвой объемом 1 л, слегка постукивая по стенкам, чтобы ликвидировать пустоты, затем взвешивают и записывают вес почвы объемом 1 л.

Подготавливают емкость с водой, опускают в нее сосуд с почвой на 1-2 см выше уровня дна для капиллярного подъема воды. После появления на поверхности почвы капиллярно поднятой воды, сосуд осторожно вынимают, чтобы не отпало тканевое дно, затем дают стечь лишней воде. Взвешивают сосуд с почвой и определяют количество капиллярной воды в граммах на 1 л почвы (Н.В.).

Необходимо организовать ежедневный учет испарения воды с единицы площади. Зная запас продуктивной воды в почве на определенную дату и ежедневный ее расход на испарение, определяют поливную норму за определенный промежуток времени. Для плодовых культур – обычно 7 и более дней. Как видно, такая методика пригодна для целей автоматизации только в качестве исходной настройки параметров системы.

Более пригодны два приборных метода определения поливной нормы: эвапориметрический и тензиометрический.

#### Эвапориметрический метод

На метеопостах устанавливают специальный прибор – эвапориметр (для определения суточного испарения с единицы площади водной поверхности – 1 м. Этот показатель – потенциальное испарение ( $E_n$ ) с 1 м<sup>2</sup> в мм/сутки. Однако для пересчета на фактическую испаряемость растений с единицы площади вводят коэффициент пересчета –  $K_{\text{раст.}}$ , величина которого учитывает испаряемость растений. Для плодовых культур можно принять 1,05-1,20 [3] в зависимости от условий (возраст, период роста, система содержания междурядий и т.д.).

По формуле

$$E_{\text{сут.}} = E_n \cdot K_{\text{раст.}} \cdot 10000$$

получаем суточное испарение с 1 га площади.

Этот метод принят FAO – международной сельскохозяйственной организацией. Такой метод определения поливной нормы отличается большой точно-

стью, но требует оборудования метеопоста в хозяйстве и ежедневного учета.

#### **Тензиометрический метод**

Применяя новые системы капельного орошения на различных культурах, начинают использовать разные типы тензиометров, определяющие влажность почвы в любом месте поля и на любой глубине активного слоя почвы. Тензиометры бывают водомерные, ртутные, барометрические, электрические, электронно-аналоговые и др. При использовании тензиометров следует соблюдать следующие правила. Место установки должно быть типичным для поля. В одной точке устанавливают 2 тензиометра – один на глубине 30 см, другой – 60 см, на расстоянии 15-30 см от капельницы. Установка тензиометров проводится после полива участка. Снимать показания тензиометра необходимо в ранние утренние часы, когда температура еще стабильна после ночи.

Определение величины поливных норм по показаниям тензиометров проводится с использованием графиков зависимости всасывающего давления, прибора, определяющего уровень влажности почвы.

Расчет дефицита влаги производят по формуле:

$$Q=10h(Q_{нв} - Q_{пп}),$$

где  $Q$  – дефицит влаги, мм;  $h$  – глубина расчетного слоя почвы, мм;  $Q_{нв}$  – влажность объема почвы в % Н.В.;  $Q_{пп}$  – предполивная влажность объема почвы в % Н.В.

Поливная норма в л/растение определяется по формуле:

$$V = (Q_{0-50} + Q_{51-100}) \cdot S,$$

где  $V$  – поливная норма, л/растение;  $Q_{0-50}$  – влажность почвы в слое 0-50 см, мм;  $Q_{51-100}$  – влажность почвы в слое почвы 51-100 см, мм;  $S$  – площадь контура увлажнения капельницы (или нескольких – по количеству на одно дерево), м<sup>2</sup>.

Площадь контура увлажнения определяется экспериментальным путем для конкретных условий, и на основании этого производится выбор типа и количества капельниц на одно дерево с таким расчетом, чтобы при поливе образовывалась непрерывная увлажненная полоса.

Продолжительность полива определяют по формуле:

$$T = V / G,$$

где  $G$  – расход воды капельницей, л/час;  $T$  – продолжительность полива, час;  $V$  – поливная норма, л.

Используя определенные типы тензиометров, можно автоматизировать процесс полива. В этом случае отключение насоса поливной системы проводится несколько ранее (что следует программировать), чем достигается верхний предел необходимой влажности. Для расчета интервала полива в днях не-

обходимо поливную норму  $V$  разделить на дневную, определенную тензиометрически [4].

#### **Выводы**

1. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности в растениеводстве является разработка и реализация технологий искусственного орошения посевов для создания зон гарантированного производства кормовых, овощных, плодово-ягодных и других сельскохозяйственных культур, так как только использование адаптированных к природным условиям технологий позволит увеличить количество сельскохозяйственной продукции, получаемой с единицы площади, снизить её себестоимость и повысить качество.

2. Анализ применения различных видов полива показывает, что наиболее перспективным для садоводства, с точки зрения рационального расходования поливной воды, точности, равномерности и своевременности ее подачи, малых потерь, защиты структуры почвы и надкорневой системы растений, а также нечувствительности к ветровому воздействию является капельный полив. Системы капельного орошения позволяют значительно снизить материалоемкость оборудования и затраты электроэнергии, повысить урожайность при одновременной экономии до 30-40% оросительной воды.

3. Сравнение методов определения расхода воды при поливе плодовых культур показывает, что важным преимуществом тензиометрического метода является возможность автоматизации процесса капельного полива сада и соответственно исключение влияния субъективных факторов на его эффективность.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур/ А.П. Лихацевич. – Минск: Белорусская наука, 2005. – С.19-33.
2. Проточное устройство для фильтрования воды под капельный полив: патент 3101 Респ. Беларусь, МПК7 В01 Д24/18 / В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, Э.К. Снежко и др.; заявитель РУП «НИП ин-т механизации сельского хозяйства НАН Беларуси». – № u 20060193; опубл. 30.10.06 //Афіцыйны бюл./ Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 5.
3. Друпка, С. Подкрановое миниорошение / С. Друпка // Интенсивные технологии в садоводстве; пер. с польск. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 162-186.
4. Гиль, Л.С. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения: учеб. пособ. для агр. учеб. завед. / А.С. Гиль. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 390.