

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ФЕРТИГАЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

В.Н. ДАШКОВ<sup>1</sup>, Н.М. АБРАМЧИК<sup>1</sup>, Э.К. СНЕЖКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, Минск, Республика Беларусь

В статье описывается оборудование для реализации капельного полива. Приведена методика расчета систем капельного орошения. Рассмотрены некоторые виды удобрений и их реологические свойства для реализации процесса фертигации.

*In the article the equipment for drip irrigation are described. The method of projecting is given. Some kind of fertilizers and their affinities for fertigation are considered.*

### Введение

В современном сельском хозяйстве существует множество видов полива, которые отличаются между собой принципом применения в зависимости от выращиваемых растений, стоимостью, затратами водо- и энергоресурсов. В основном распространены такие виды орошения, как полив по бороздам, дождевание и капельное орошение. Все вышеперечисленные методы имеют свои преимущества и недостатки. Например, полив по бороздам применяют на хорошо спланированных участках с небольшим уклоном. Этот способ не требует больших затрат, однако при таком поливе не всегда удается добиться равномерного распределения влаги. Дождевание является одним из наиболее распространенных способов, особенно при достаточно высокой густоте стеблестоя. В последнее время появилось большое количество дождевальных систем с современными распылителями, но, к сожалению, их применение приводит к весьма большим потерям воды, образованию поверхностной корки, что ведет к ухудшению водно-воздушного режима, увеличению риска заболеваний растений. По сравнению с этими способами наиболее эффективным является капельное орошение.

### Основная часть

Капельное орошение – способ полива, при котором вода по системе полиэтиленовых трубопроводов-микропроводовыпусков (эмиттеров) попадает в корневую зону растений. Главной особенностью капельного орошения является подача воды непосредственно к каждому растению в соответствии с его потребностями.

Благодаря этому расходы воды и энергии при капельном орошении в 2–5 раз меньше, чем при традиционных способах полива, также в 3–4 раза снижаются нормы внесения минеральных удобрений, которые подаются вместе с поливной водой непосредственно в корневую зону растений. Рацион удобрений рассчитывается соответственно с сезонными потребностями растений и подается в растворенном виде вместе с водой. Таким образом, подкармливаются не сорняки в междурядьях, а выращиваемые культуры [1].

Об очевидной эффективности применения прикорневого капельного орошения свидетельствуют такие факты:

– экономное использование водных ресурсов (50...90 % экономии сравнительно с традиционными способами полива);

– возможность регулирования глубины увлажнения, количества, качества и периодичности орошения;

– снижение затрат работы;

– снижение риска поражения растений благодаря возможности одновременного объединения фертигации и других операций: внесение средств защиты растений, подкормка удобрениями, регулирование уровня pH в почве и др.;

– во время прикорневого орошения капли воды не попадают на листву овощей, что значительно уменьшает поражение растений болезнями;

– снижение количества сорняков, как результат отсутствия увлажнения междурядий;

– благодаря высокой равномерности распределения влаги и удобрений достигаются высокие показатели урожайности и качества овощей;

– снижение зависимости получения высокого урожая от состояния почвы и погодных условий [2, 3].

Таким образом, капельное орошение представляется наиболее эффективным по сравнению с традиционными способами полива, которые имеют ряд существенных недостатков. Например, при дождевании и поливе по бороздам происходит перерасход воды, которая во многих регионах является дефицитным ресурсом; нерационально используются дорогостоящие минеральные удобрения; земля после полива покрывается коркой, не пропуская кислород к корневой зоне растений, что требует дополнительного рыхления; капли воды попадают на листву, создавая своеобразные линзы, сквозь которые зелень получает ожоги, увеличивается риск появления фитофторы; из-за перенасыщения влагой в междурядьях увеличивается количество сорняков. Всех этих проблем можно избежать, применяя капельное орошение.

Система капельного орошения состоит из водозаборного узла, фильтростанции, узла внесения удобрений, регулятора давления, магистрального трубопровода, оросительных трубок с микропроводыпусками (эмиттерами).

Фильтрационная станция – один из важнейших элементов системы, предназначена для доведения качества воды до установленных параметров. В зависимости от наличия в поливной воде определенных примесей и величины орошаемой площади, фильтрационная станция может включать сетчатые, дисковые, гравийные и гидроциклонные фильтры. Регулятор

давления служит для поддержания постоянного давления в оросительных трубках согласно паспортным данным. Оросительные трубки – капельные линии, укладываемые параллельно друг другу (согласно технологии) и соединенные с поперечной магистралью трубопровода. В настоящее время существует множество моделей трубок, различающихся по толщине стенок, диаметру, расстоянию между эмиттерами для различных условий выращивания сельскохозяйственных культур (табл. 1) [4]. Эмиттеры – капельные увлажнители (капельницы), скрепленные с трубопроводом или составляющие с ним единое целое, в зависимости от конструкции. Их назначение – дозированный выпуск воды из трубопровода в небольших количествах. В настоящее время наиболее распространенные виды капельниц: мембранные (*Katif, O-tif, supertif*), спиральные (*l'eau, driplex, lego, netafim*), контурные (*EOLOS*), ниточные (*Rain-bird*), компенсированные (*Rain-bird, Multibar*).

Одним из наиболее важных элементов системы капельного орошения является удобрительный узел, который предназначен для дозированного внесения удобрений и средств защиты растений от почвенных вредителей. Обычно удобрительный узел используют в виде инжектора, т. к. он отличается простотой и надежностью.

Совместное нормированное внесение в почву воды и удобрений является одним из условий получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственных культур. Использование систем капельного орошения одновременно с подачей раствора удобрений

(фертигация) позволяет постоянно поддерживать влажность почвы в оптимальном соотношении, что приводит к более высокому коэффициенту усвоения удобрений растениями. Такая система позволяет вносить сбалансированное количество азота, фосфора, калия и микроэлементов с учетом фаз роста и сезонных потребностей растений.

Применение фертигации предполагает соблюдение определенных требований к применению удобрений. Необходимо использовать только полностью растворимые удобрения высокой химической чистоты, их состав должен соответствовать потребностям растений и быть совместимым с гербицидами и пестицидами. Правильно рассчитанный и приготовленный маточный раствор обеспечивает надежную работу растительного узла и создает условия полноценного питания растений. Составить питательный раствор можно двумя способами: на основе комплексных удобрений или используя исключительно простые. Очень важно при подборе удобрений учитывать, что они должны быть полностью водорастворимыми и не должны содержать балластных примесей [5].

Многие зарубежные производители выпускают комплексные водорастворимые удобрения, специально предназначенные для систем капельного орошения (табл. 2).

Преимущества: полностью растворимы в воде; содержат полный комплекс макро- и микроэлементов; обеспечивают сбалансированное питание по периодам роста и развития растений; обеспечивают повышение

Таблица 1. Влияние параметров капельной ленты на полив

Параметр	Влияние на полив	Примечание
Толщина стенок	– толстые стенки увеличивают устойчивость к повреждениям при установке и защищают от животных; – позволяют эксплуатировать систему при более высоком рабочем давлении и давлении при промывке; – позволяют увеличить срок эксплуатации ленты	Капельная лента с более толстыми стенками дороже и обычно используется на засоренных полях, при подпочвенном расположении ленты; лента с более тонкими стенками используется для культур, выращиваемых один сезон
Расстояние между эмиттерами	Небольшое расстояние между эмиттерами используется: – для больших поливных норм; – при прорастании семян; – на легких почвах для их лучшего увлажнения. Большое расстояние между эмиттерами используется там, где необходимы небольшие расходы поливной воды, без увеличения риска забивания эмиттеров	Выбор расстояния между эмиттерами зависит от структуры почвы и технологии выращивания сельскохозяйственной культуры
Номинальный расход воды	Большой расход воды необходим: – на песчаных почвах, для лучшего ее увлажнения; – для снижения риска забивания эмиттеров. Маленький расход позволяет улучшить увлажнение более тяжелых почв	Выбор номинального расхода зависит от возможностей источника воды, длины капельной ленты, структуры почвы, выращиваемой сельскохозяйственной культуры
Диаметр	Большой диаметр позволяет использовать капельную ленту большей длины	Капельная лента с большим диаметром более дорогостоящая

Таблица 2. Комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами «Лифдрил»

Удобрение «Лифдрил»	Содержание, %										
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	SO <sub>3</sub>	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Универсал	20,0	20,0	20,0	1,0	1,5	0,010	0,016	0,007	0,001	0,005	0,001
Урожай	10,0	8,0	42,0	1,0	3,0	0,025	0,035	0,015	0,003	0,015	0,003
Рост	15,0	8,0	25,0	3,5	9,0	0,025	0,035	0,015	0,003	0,015	0,003
Бор	16,0	6,0	28,0	2,0	7,0					0,030	

урожайности и улучшение качества продукции; увеличивают устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды; не вызывают ожогов листьев, т. к. не содержат натрия, хлора и других примесей; микроэлементы находятся в хелатной форме; обеспечивают высокую степень усвоения элементов растениями за счет эффективной хелатной формы; не оставляют солевого налета на листьях.

В РУП «Институт почвоведения и агрохимии», входящем в состав Научно-практического центра по земледелию НАН Беларуси, созданы отечественные жидкие удобрения для некоторых овощных культур, которые также можно использовать при подкормке растений вместе с поливной водой (табл. 3).

Таблица 3. Комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами отечественного производства

Удобрение (культура)	Содержание, %									
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na	B	Mn	Zn	Mo	Cu	Co
Свекла	8	4	9	1	0,15	0,1				
Капуста	8	4	9		0,15		0,15	0,01		
Морковь	8	4	9		0,15				0,1	0,001

Порядок проектирования системы капельного орошения заключается в предварительном расчете водопотребления и количества оросительной трубки на участок согласно схеме посадки, делении участка на поливные блоки (учитывая длину рядов, мощность насоса, дебет скважины), подбор фильтростанции (учитывая расход воды по блокам и желаемое время полива участка), в подборе магистральных и разводящих трубопроводов.

Предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции и мощности водоисточника производят по формуле

$$Q = \frac{Q_t \cdot S}{T}, \quad (1)$$

где Q – пропускная способность фильтростанции, м<sup>3</sup>/ч;

Q<sub>t</sub> – пропускная способность разводящего трубопровода, м<sup>3</sup>/ч;

S – планируемая площадь орошения, га;

T – планируемое время работы системы в сутки, ч.

При выборе фильтростанции необходимо учитывать источник водоснабжения (открытый водоем или скважина), степень загрязненности воды, а также производительность насосной станции.

Потребность в оросительной трубке рассчитывается для каждой культуры в отдельности с учетом возделываемой площади и схемы посадки:

$$L_t = \frac{S_k \cdot 10\,000}{L}, \quad (2)$$

где L<sub>t</sub> – потребность в оросительной трубке, м;

S<sub>k</sub> – площадь возделываемой культуры, га;

L – расстояние между оросительными трубками (по схеме посадки).

При расчете трубопроводов производят гидравлический расчет водопроводной сети, который заключается в определении диаметров трубопроводов

по известному расходу воды и потерь напора на всех ее участках, а также в определении минимального давления да входе системы.

Для определения расхода воды на гектар используется следующая зависимость:

$$W = \frac{10 \cdot q}{L \cdot a}, \quad (3)$$

где W – расход воды на гектар, м<sup>3</sup>/ч;

q – норма вылива одного эмиттера, л/ч;

L – расстояние между оросительными трубками, м;

a – расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м.

Для определения качества работы эмиттеров используют такие показатели как коэффициент вариации C<sub>v</sub> и коэффициент истечения x.

C<sub>v</sub> может быть вычислен путем измерения нормы истечения каждого эмиттера капельной ленты (обычно берут 25 проб):

$$C_v = \frac{S_q}{q}, \quad (4)$$

где S<sub>q</sub> – отклонение от нормы истечения, измеренное путем взятия проб;

q – средняя норма истечения проб.

Коэффициент истечения для эмиттеров является мерой того, как изменяется норма истечения в зависимости от изменения давления.

Но в таких расчетах не учитывается влияние реологических свойств применяемых удобрений на качество орошения и подкормки. Тем не менее, наши исследования показывают, что при изменении температуры и давления в системе изменяются вязкость и плотность удобрения (рис. 1). Это, в свою очередь, влияет на процесс подачи питательного раствора в систему, а следовательно, и на концентрацию удобрений в поливной воде, движение воды с растворенными в ней удобрениями по капельной ленте и на ее истечение через эмиттеры.

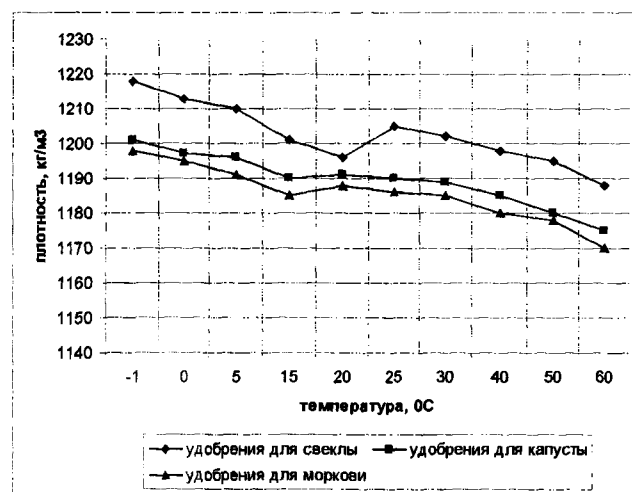


Рис. 1. Изменение плотности удобрений в зависимости от температуры

Необходимо при расчете расхода питательного раствора через эмиттер ввести коэффициент изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды:

$$Q_3 = x_1 \mu S \sqrt{2gH}, \quad (5)$$

где  $Q_0$  – расход, л/ч;  
 $x_1$  – коэффициент изменения плотности удобрения в зависимости от температуры;  
 $\mu$  – коэффициент расхода;  
 $S$  – площадь эмиттера, м;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $H$  – напор, МПа.

Численные значения коэффициентов изменения плотности удобрений в зависимости от температуры окружающей среды для различных удобрений определяются опытным путем.

#### Заключение

Основой получения высокого урожая сельскохозяйственных культур является выбор оптимального водного и питательного режимов. Применение систем

капельного орошения изменил современный подход к комплексу вода–почва–растение на фоне дозированного полива и режима питания, а также способствовал новому подходу в области орошения в целом.

В зарубежных странах системы капельного орошения широко применяются уже несколько десятилетий, и за это время было создано множество оригинального оборудования для реализации такого способа полива, накоплен богатый практический и теоретический опыт.

Так как реологические свойства применяемых удобрений влияют на качество полива и подкормки сельскохозяйственных культур, в расчетах систем капельного орошения необходимо учитывать коэффициент, показывающий изменение плотности удобрения в зависимости от температуры окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]/ООО Агродепартамент. – Режим доступа: <http://www.agrodepartament.ru/drip.html>. – Дата доступа 06.08.2008.
2. Национальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sprinkler.narod.ru/oroshenie.htm>. – Дата доступа 07.07.2008.
3. Григоров, М.С. Сравнительные достоинства различных способов полива / М.С. Григоров, В.А. Федосеева // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы. Доклады международной науч.-практ. конф. Минск, 2007. С. 109–112.
4. User Manual. Roberts Irrigation Products. U.S.A., 2001. 107 с.
5. Аутко, А.А. Овощеводство защищенного грунта / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик. Минск: Изд-во «ВЭВЭР», 2006. 320 с.