

обслуживающего персонала, что весьма важно, т.к. они в основном возникают из-за усталости и забывчивости обслуживающего персонала;

9) *частота возникновения* - отказы по частоте возникновения подразделяются на единичные и повторяющиеся. Этот признак дает возможность определить систематически повторяющиеся отказы элементов, которые снижают уровень надежности элемента.

Таким образом, приведенные виды отказов элементов системы капельного орошения и их классификация, носит случайный характер, но их учет поможет при установлении критериев отказов элементов системы.

В итоге полученные результаты исследования дают полное основание считать капельное орошение одним из наиболее прогрессивных способов полива. Применение его позволяет: значительно экономить водные, трудовые, энергетические ресурсы; не только автоматизировать процесс полива, но и управлять режимом влажности почвы; повышать производительность труда при возделывании культур; создавать благоприятные условия для жизнедеятельности полезных почвенных бактерий; регулировать воздушно-тепловой режим почвы; повышать количественные и качественные показатели урожайности.

Список использованных источников

1. Ахмедов, А.Д. Надёжность систем капельного орошения /А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. - №3 (19). – С.83-88.

2. Ахмедов, А.Д. Выбор основных критериев оценки надёжности оросительных систем /А.Д. Ахмедов, Е.Ю. Галиуллина //Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации сб. науч. докладов 5-й междунар. конф. молодых учёных и специалистов. ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Коломна. 2012. – С. 33-37.

3. Токар, А.И. Гидравлическая надёжность капельниц /Токар А.И. // Рекомендации по внедрению техники и технологии производства в области мелиорации и сельского хозяйства: сб. научн. трудов. – Равно, 1984. – С. 9-13.

УДК 631.674.6

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Ю.Г. Безбородов, А.Т. Козыкеева, Л.В. Кирейчева, А.О. Жатканбаева
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия;
Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан;
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Кстякова», г. Москва, Россия;
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

В настоящее время в связи с образованием дефицита водных ресурсов Центральной Азии и в том числе в Казахстане нет сомнения в том, что среди перспективных способов полива одним из основных является капельное орошение. Данный способ полива позволяет создать наиболее благоприятные условия для растений, обеспечить дозированную подачу воды непосредственно к корням растений и полностью автоматизировать процесс полива. Повышение эффективности данного способа полива основано на получении максимума продукции при минимуме затрат поливной воды и труда. Однако перспективы внедрения капельного орошения в Казахстане в настоящее время сдерживаются отсутствием конкретных режимов орошения и теоретических и практических исследований использования таких систем и технологий полива.

При этом исследования, проведенные по изучению капельного орошения в различных природно-климатических зонах, И.П. Кружилина[1], О.Е. Ясониди[2], М.С. Григорова [3], А.С. Овчинникова [4], А.Д. Ахмедова [5], А.О. Налойченко, А.Ж. Атаканова[6], А.Т. Козыкеева, А.О. Жатканбаева [8] и др. показали, что капельное орошение благоприятно влияет на развитие и продуктивность различных сельскохозяйственных культур. При этом урожайность сельскохозяйственных культур возрастает на 20 - 50 % в сравнении с другими способами полива.

Поэтому исследования режима орошения сельскохозяйственных культур для разработки и совершенствования систем капельного орошения в условиях Жамбылской области, расположенных в пустынной зоне, с точки зрения распределения и нормирования воды растениям представляют как научный, так и практический интерес. В связи с этим с целью изучения режима орошения сельскохозяйственных культур при капельном орошении полевые исследования проводились на территории производственного кооператива «Тастобе» Жамбылского района, Жамбылской области Республики Казахстан.

Посадка томатов осуществлялась рассадой в начале мая по междурядьям 70 см и с расстоянием в ряду 40 см. Поливы осуществлялись низконапорной капельной системой (вариант 2) и по бороздам (вариант 1).

Площадь делянки 28 м². Повторность опыта 3-х кратная. В каждом варианте имелось по 100 растений томата, расположенных в два ряда.

Для изучения контура увлажнения, развития корневой системы и продолжительности полива был заложен лизиметрический опыт (опытный участок № 2) с шестью вариантами:

1а – полив с одной капельницей при 70 % НВ;

1б – полив с двумя капельницами при 70 % НВ.

При установлении режима орошения нами определялась поливная норма, продолжительность полива и число поливов, поскольку они несколько отличаются от обычных (табл. 1).

Таблица 1 - Межполивные периоды и число поливов томата при капельном орошении

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август
Вариант 1а (полив одной капельницей) 70 % НВ				
Поливная норма (m_p), м ³ /га	93	93	93	93
Среднесуточное водопотребление (E_{cp}), м ³ /га	25	37	29	27
Межполивной период, (T), сутки	4	3	3	4
Количество полива (N)	7	10	10	6
Вариант 1б (при поливе двумя капельницей) 70 % НВ				
Поливная норма (m_p), м ³ /га	129	129	129	129
Среднесуточное водопотребление (E_{cp}), м ³ /га	25	37	29	27
Межполивной период, (T), сутки	5	4	4	5
Количество полива (N)	6	7	7	5

Данные таблицы 1 показывают, что число поливов при поливе одной капельницей составляют 33 и с двумя капельницами - 25, а межполивной период колеблется от 3 до 5 суток. Максимальное количество поливов отмечено в июне и июле месяцах.

Расчет суммарного водопотребления при капельном способе орошения имеет свои особенности. В отличие от сплошного полива при капельном орошении увлажняется не вся площадь поля, а только ее часть, то есть совокупность площадей контуров, примыкающих к зоне питания растений, которая не формирует сомкнутого травостоя.

При этом для определения суммарного водопотребления в капельном орошении можно использовать биоклиматический метод нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур, где используются формула Н.Н. Иванова для определения испаряемости (E_o):

$$E_o = 0.0006(25 + t)^2(100 - \alpha) \text{ , м}^3/\text{га в сутки,}$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С; α – среднемесячная влажность воздуха, %.

Испарение влаги с поверхности почвы происходит в локальных зонах, то есть в контурах увлажнения капельницы, которые могут быть определены с помощью коэффициента (K_y), учитывающего степень несплошного увлажнения почвы: $K_y = 1/[1 + (1 - f)]$, где, S – площадь локального увлажнения на одном гектаре, м²; F – общая площадь 1 га - 10000 м²; $f = S / F$ - доля увлажненной площади при капельном орошении.

Следовательно, на основе этих предположений можно определить биологический коэффициент сельскохозяйственных культур (K_b) при капельном орошении по следующей формуле: $K_b = E_{суу} / E_o \cdot K_y$, однако их значения не будут отличаться от существующих биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур, определенных в традиционных способах полива (табл. 2).

Таблица 2 - Среднесуточное суммарное испарение E_o , биоклиматические микробиологические коэффициенты, м³/га в сутки при 70 % НВ

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август
$E_o = 0.0006(25 + t)^2(100 - \alpha)$ в сутки	53	78	61	60
$E_{суу} = E_o \cdot K_b \cdot K_y$	25	37	29	27
K_b - коэффициент биологический	0,75	0,78	0,75	0,72
K_y - коэффициент увлажняемости территории	0,62	0,62	0,62	0,62
Суммарное водопотребление, м ³ /га	750	1180	899	810
	$E_{сум} = 3640 \text{ м}^3/\text{га}$			

В целом в практике мелиорации сельскохозяйственных земель, процессы водопотребления растений намного более сложны, чем применяемые математические их описания, следовательно, их можно определить различными методами и разнообразными формами уравнений влагопереноса. Поэтому возникает основной вопрос о выборе наилучшей математической модели для определения водопотребления сельскохозяйственных культур при капельном орошении. Следовательно, применяемые ме-

тоды определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур при капельном орошении должны отражать основные физические закономерности, которые происходят при локальном увлажнении корнеобитаемого слоя растений, и обеспечивать необходимую точность. При этом методы определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур должны иметь простой и эффективный вычислительный алгоритм и его опытно-экспериментальную проверку приблизительно близкую к данным, полученным в ходе исследований.

Таким образом, методы определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур кроме того должны учитывать физическое испарение и поглощение влаги корнями растений в условиях орошения [8; 9], то есть суммарное водопотребление состоит из двух составляющих: $E = T + I$, где I - физическое испарение с поверхности почвы; T - транспирация с листовой поверхности растений.

Величину суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур по биоклиматическому методу определяют по формуле [10]:

$$E_v = E \cdot k_{\delta} \cdot k_o, \text{ мм,}$$

где k_{δ} - биологический коэффициент; k_o - микроклиматический коэффициент; E - испаряемость (потенциальная эвапотранспирация).

Испаряемость подсчитывают по формуле Н.Н. Иванова:

$$E = K_t \cdot d \cdot f(u),$$

где K_t - энергетический фактор испарения; d - дефицит влажности воздуха, мб; $f(u)$ - функция, характеризующая влияние ветра, $f(u) = 0,64 + 0,12u_2$, где u_2 - скорость ветра на высоте 2 м. от поверхности земли, м/с.

Параметры испаряемости K_t и $f(u)$ определяют по зависимости:

$$K_t = \frac{0,0061(25+t)^2}{l_a},$$

где t - температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; l_a - упругость насыщенного пара, мб.

На основе определения месячных или декадных максимальных ежедневных потребностей в воде осуществляются проверки возможностей водоисточника, выбора фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого, и производят предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле [2]:

$$Q = m \cdot S / T,$$

где: Q - пропускная способность фильтростанции, $\text{м}^3/\text{ч}$; m - поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$; S - планируемая площадь орошения, га; T - планируемое время работы системы в сутки, 16-20 ч.

Для каждой культуры, с учетом возделываемой площади и схемы посадки, рассчитывается потребность в оросительной трубке [2]:

$$L_t = 10000 \cdot S_k / L,$$

где: L_t - потребность в оросительной трубке, м; S_k - площадь возделываемой культуры; L - расстояние между оросительными трубками (схема посадки).

На основе пропускной способности разводного трубопровода уточняется площадь поливных участков (S) по следующей формуле [2]:

$$S = (Q_t \cdot L \cdot x / 10 \cdot q),$$

где: Q_t - пропускная способность разводного трубопровода, $\text{м}^3/\text{ч}$; L - расстояние между оросительными трубками (схема посадки), м; x - расстояние между эмиттерами оросительной трубки, м; q - норма вылива одного эмиттера л/ч.

Для определения расхода воды на гектар орошаемого участка используется следующая зависимость, м³/ч [2]:

$$W = 10 \cdot q / L \cdot x.$$

При этом расход воды, подаваемый на гектар орошаемого участка (W) должен быть равен индивидуальной поливной норме (m_n), то есть $m_n = W$.

Таким образом, ресурсосберегающие технологии и технические средства капельного орошения с методологическим обеспечением для определения режима орошения позволят обеспечить экономное и рациональное использование водных ресурсов в орошаемой земледелии, создать оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур в сравнении с традиционным способом полива по бороздам.

Список использованных источников

1. Кружилин, А.С. Корневая система и продуктивность орошаемых культур // Биологические и агротехнические основы орошаемого земледелия. – М.: Наука, 1983. – С. 235-242.
2. Ясониди, О.Е. Проектирование систем капельного орошения // Тр. НИМИ. – Новочеркасск, 1984. – 101 с.
3. Григоров, М.С. Внутрипочвенное орошение. – М.: Колос, 1983. – 128 с.
4. Овчинников, А.С. Капельное орошение сладкого перца в условиях Волго-Донского Междуречья / А.С. Овчинников, О.В. Данилко // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. / Мещерский филиал ВНИИГиМ им. Костякова. – Рязань, 2004. – С. 388-391.
5. Ахмедов, А.Д. Экологические аспекты капельного орошения / А.Д. Ахмедов, А.А. Темерев, Е.Ю. Галиуллина // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. Саратовского ГАУ. - Саратов, 2010. – С. 156-158.
6. Налойченко А.О., Атаканов А.Ж. Режим орошения виноградников при капельном увлажнении // Киргизский НИТИ. - 1985. - №139 (3637). - серия 68.31. -12 с.
7. Козыкеева А.Т., Жатканбаева А.О. Системы капельного орошения для орошения сельскохозяйственных культур на предгорных зонах с небольшим поверхностным перепадом // Материалы Международного научного форума /Проблемы управления водными и земельными ресурсами.- Москва, 2015.-часть2.- С. 3-12.
8. Якиревич, А.М. Расчеты влагопереноса в почвогрунтах с учетом распределения корневой системы растений/ А.М. Якиревич // Обоснование допустимых глубин грунтовых вод орошаемых земель. - М., 1987. – С. 126 - 132.
9. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане.- Тараз, 2012.- 538 с.
10. Данильченко Н.В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство, 1994.- №4.- С. 25-29.

УДК 631.816.11

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ТОМАТОВ В САРАТОВСКОМ ПРАВОБЕРЕЖЬЕ

Е.И. Бикбулатов

Саратовский госагроуниверситет им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Практика последних лет показала, что перспективным способом регулирования водного режима почв на плантациях овощных культур в Нижнем Поволжье является капельное орошение [1-5]. Однако для Саратовского Правобережья технологии возделывания овощей при этом способе полива до последнего времени практически не разрабатывались.

Поэтому в 2013-2015 гг. был проведен опыт по подбору урожайных сортов ценнейшей овощной культуры - томатов, разработке для них рациональных режимов