

УДК 631.6

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОЛИВНОГО РЕЖИМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

А.Т. Козыкеева, Н.И. Иванова, А.О. Жатканбаева

Приведено методическое обеспечение предложения для определения режима орошения сельскохозяйственных культур на основе дизайна геометрических параметров контура увлажнения активного слоя почвы при капельном орошении.

Ключевые слова: режим орошения; водопотребление; капельное орошение; суточное водопотребление; эвапотранспирация.

METODIKA CALCULATION IRRIGATION MODE OF AGRICULTURAL CROPS UNDER DRIP IRRIGATION

A.T. Kozikeeva, N.I. Ivanova, A.O. Djatkanbaeva

It is given the methodological providing offer for determination of the mode of irrigation of agricultural cultures on the basis of design of geometrical parameters of contour of moistening of active layer of soil at tiny irrigation.

Key words: irrigation regime; water use; drip irrigation; daily water consumption; evapotranspiration.

Необходимость обеспечения продовольственной безопасности страны в связи с возрастающим дефицитом водных ресурсов Казахстана, приводит к необходимости широкого внедрения технологии орошения нового поколения, которые обладают высокой продуктивностью, надежностью, экономичностью, экологической безопасностью, адаптированы к природным условиям и формам хозяйствования, просты в обслуживании при минимуме трудовых ресурсов. Всем этим требованиям отвечает капельное орошение. При использовании этой системы орошения требуется научное обоснование элементов поливного режима сельскохозяйственных культур, так как в отличие от сплошного полива, при капельном орошении увлажняется не вся площадь, а только часть ее, т. е. совокупность площадей контуров, примыкающих к зоне питания растений.

Водопотребление сельскохозяйственных культур при локальном характере увлажнения имеет свою специфику и отличительные особенности, так как капельное орошение позволяет строго дозировать нормы подачи воды непосредственно в зоне распространения корневой системы растений. Это способствует снижению потерь влаги на физическое испарение с поверхности почвы, исключению периферийных потерь воды, что обе-

спечивает использование почвенной влаги для транспирации растениями. Поэтому основная доля водопотребления сельскохозяйственными культурами формируется из локального контура увлажнения, в то время как остальная площадь междурядья слабо или вовсе не влияет на суммарный водооборот орошаемого участка.

Суточное водопотребление при капельном орошении – самый главный показатель, через который возможно напрямую перейти к определению сроков и норм поливов, а также продолжительности межполивных периодов. Прогнозирование водопотребления должно осуществляться в трех уровнях:

- транспирации растительного покрова (ΔT);
- экологической водопотребности сельскохозяйственных угодий (O_p^3);
- биологической водопотребности сельскохозяйственных культур (O_p).

Величину суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур по биоклиматическому методу определяют по формуле:

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

где k_δ – биологический коэффициент; k_o – микроклиматический коэффициент; E – испаряемость (потенциальная эвапотранспирация).

Испаряемость подсчитывают по формуле Н.Н. Иванова:

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

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

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

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

где t – температура воздуха, °C; l_a – упругость насыщенного пара, мб.

Экологическое нормирование потребности в воде сельскохозяйственных культур определяют на основе принципа энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных режимов, позволяющих обеспечить сохранение экологически благоприятного энергетического режима в почве, зонах аэрации и насыщение грунтовыми водами агроландшафтов, его можно определить по формуле:

$$E_s = \frac{R}{L},$$

где R – радиационный баланс; L – скрытая теплота парообразования.

Транспирационную способность растений с литьевой поверхности растений (T) и физическое испарение (I) с поверхности почвы можно определить по формулам:

$$T = K_o \cdot K_o \cdot E_o [1 - \exp(-0,74 \cdot LC)] \cdot \beta_{opt};$$

$$T = (R / L \cdot \bar{R}) [1 - \exp(-0,74 \cdot LC)] \cdot \beta_{opt};$$

$$I = K_o \cdot K_o \cdot E_o \left[\frac{1 - \exp(-0,74 \cdot LC)}{0,15(LC)^{0,70}} \right] \cdot \beta_{opt};$$

$$I = (R / L \cdot \bar{R}) \left[\frac{1 - \exp(-0,74 \cdot LC)}{0,15(LC)^{0,70}} \right] \cdot \beta_{opt},$$

где R – радиационный баланс земной поверхности, кДж/см²; L – удельная теплота парообразования, принятая постоянной и равная 2,5 кДж/см²; $\bar{R}$ – радиационный индекс сухости или показатель гидротермического режима; LC – площадь листьев посева.

Водный режим орошаемых земель формируется под воздействием поливных вод, атмосферных осадков, внутрисочвенного перераспределения влаги и расходов ее на испарение и водопотребление. На основе этого определяется дефицит потребности в воде или оросительная норма водоподдачи различного ранга:

➤ дефицит транспирационной способности сельскохозяйственных культур:

$$\Delta T = T - (\Delta W - O_c \pm g);$$

➤ дефицит биологической водопотребности сельскохозяйственных культур:

$$\Delta E_v = E_v - (\Delta W - O_c \pm g);$$

➤ дефицит экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий:

$$O_p^s = \frac{R}{R \cdot L} - \bar{R} \cdot L(\Delta W + O_c \pm g), \text{ где } O_c - \text{атмосферные осадки; } \pm g - \text{вертикальный водообмен между почвой и грунтовыми водами; } \Delta W - \text{величина баланса почвенной влаги; } R - \text{“индекс сухости”}.$$

Режим орошения при капельном поливе основывается на принципиально новых расчетах поливной (элементарной) нормы на основе транспирационной способности сельскохозяйственных культур.

Для внутривегетационного распределения дефицита нормы водоподдачи определяется температурный коэффициент, характеризующий изменение энергетических ресурсов территории внутри года, т. е.:

$$K_{ti} = \sum t_m^o C / \sum t_g^o C,$$

где $\sum t_m^o C$ – сумма температуры воздуха за расчетные месяцы; $\sum t_g^o C$ – сумма температуры воздуха за вегетационный период.

На основе температурного коэффициента можно определить внутривегетационное распределение месячного дефицита водопотребности различного ранга:

$$\Delta T_i = K_{ti} \cdot \Delta T;$$

$$\Delta E_{vi} = K_{ti} \cdot \Delta E_v;$$

$$\Delta E_{si} = K_{ti} \cdot \Delta E_s.$$

При капельном орошении практический интерес представляет определение суточного дефицита нормы водопотребности, который определяется по формулам:

$$\Delta T_{ci} = \Delta T_i / 30 \Delta 31 = K_{ti} \cdot \Delta T / 30 \Delta 31;$$

$$\Delta E_{vci} = \Delta E_{vi} / 30 \Delta 31 = K_{ti} \cdot \Delta E_v / 30 \Delta 31;$$

$$\Delta E_{sci} = \Delta E_{si} / 30 \Delta 31 = K_{ti} \cdot \Delta E_s / 30 \Delta 31.$$

Испарение влаги с поверхности почвы происходит в локальных зонах, т. е. в контурах увлажнения капельницы, которое может быть определено с помощью коэффициента (K_y), учитывающего степень несплошного увлажнения почвы:

$$K_y = 1 / [1 + (1 - f)],$$

где S – площадь локального увлажнения на одном гектаре, m^2 ; F – общая площадь 1 га ($10000 m^2$); $f = S / F$ – доля увлажненной площади при капельном орошении.

При капельном орошении общий объем локального увлажненного контура имеет форму эллиптической параболоиды (V), который определялся по следующей зависимости:

$$W = 0.5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h = 1.570796 \cdot R^2 \cdot h,$$

где h – высота эллиптической параболоиды; R – радиус эллиптической параболоиды.

Высоту эллиптической параболоиды (h) можно определить по формуле [1–3]:

$$h = [(\beta_{нс} - \beta_i) / (\beta_{нс} - \beta_o)] \cdot [(V_o - K_\phi) / K_b] \cdot [1 - \exp(-K_b \cdot t)] + K_\phi \cdot t$$

где K_ϕ – коэффициент фильтрации почвы при полном насыщении; β_i – начальная влажность почвы; $\beta_{нс}$ – наименьшая влажность почвы; β_o – содержание связанной влаги в единице объема почвы, принимаемое равным максимальной молекулярной влагоемкости; V_o – скорость впитывания в конце первого часа; K_b – коэффициент, зависящий от свойства и влажности почвы; t – время впитывания воды в почву.

Радиус эллиптической параболоиды (R) можно определить по формуле:

$$R = [(\beta_{нс} - \beta_i) / (\beta_{нс} - \beta_o)] \cdot [(V_o - K_\phi) / K_b] \cdot [1 - \exp(-K_b \cdot t)].$$

Индивидуальную поливную норму, то есть количество воды, необходимое для создания расчетного контура увлажнения под одно растение, можно определить по уравнению:

$$m_n = W \cdot d \cdot (\beta_{нс} - \beta_i) / 100,$$

где W – общий объем увлажненного контура, m^3 ; HB – наименьшая влагоемкость почвы, в % от веса сухой почвы; β_i – предполивная влажность почвы, в % от HB .

Расчетная продолжительность полива (t_k) определяется отношением индивидуальной поливной нормы (m_n) к норме расхода капельницы (q_k): $t_k = m_n / q_k$.

Межполивной период (T) можно определить как отношение поливной нормы (m_p) к среднесуточному водопотреблению (ΔE_{cp}): $T = m_p / \Delta E_{cp}$.

На основе определения месячных или декадных максимальных ежедневных потребностей в воде осуществляются проверки возможностей водоисточника, выбор фильтростанции и остальной фурнитуры. Исходя из этого, и производят

предварительный расчет пропускной возможности фильтростанции по формуле:

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

где Q – пропускная способность фильтростанции, $m^3/ч$; m – поливная норма, $m^3/га$; 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:

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

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:

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

где Q_t – пропускная способность разводного трубопровода, $m^3/ч$; 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, $m^3/ч$:

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

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, модель геометрических параметров контура увлажнения активного слоя почвы при капельном орошении позволяет определить поливной режим сельскохозяйственных культур и комплексное регулирование факторов, способствующих повышению урожая.

Литература

1. Зубаиров О.З. Капельница / О.З. Зубаиров, А.А. Таттибаев, А.О. Жатканбаева. Предварительный патент № 20097. 2008. 3 с.
2. Зубаиров О.З. Безнапорная система капельного орошения БСКО / О.З. Зубаиров, А.А. Таттибаев, А.О. Жатканбаева. Предварительный патент. № 20096. 2008. 4 с.
3. Мустафаев Ж.С. Локальное поверхностное орошение по бороздам / Ж.С. Мустафаев, Б.М. Абжапаров, С. Абдикаримов, К. Пулатов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1990. № 6. С. 73–77.