

- 757-760, 1978.
5. Пинегин Б.В., Мальцев В.Н., Коршунов В.М. Дисбактериозы кишечника. М., 1984.
 6. Смолянская А.З., Дронова О.М., Солодовник Ф.И. Лаб. дело, 3, 159-163 1985.
 7. Эпштейн-Литвак Р.В., Вильшанская Ф.Л. Бактериологическая диагностика дисбактериоза. М., 1977.

Поступила 15.X.199

Биолог. журн. Армении, 1 (52), 1999

УДК 631.6:626.8+551.55

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПИРАЦИИ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ИСПАРЕНИЯ

Б.А. ТЕРТЕРЯН, Н.А. ПЕТРОСЯН

*Научно-производственное объединение водных проблем и гидротехники, 375047,
Ереван*

Предлагаются формулы расчетов транспирации и испарения воды почвой с полей сельскохозяйственных культур. В основе биологической кривой испарения лежит относительная площадь листьев растений. Рассматривается вопрос правомерности этого подхода для определения транспирации в поздних фазах вегетации растений и вводится поправка в формулах. Определение в отдельности транспирации и испарения воды почвой дает основание для уточнения понятия водопотребления с.-х. культур и позволяет поставить вопрос о более рациональном использовании воды, подаваемой для орошения.

Առաջարկվում են տրանսպիրացիայի և հողից ջրի գոլորշիացման հաշվարկման բանաձևեր գյուղատնտեսական մշակաբույսերի դաշտերի համար: Այդ բանաձևերում գոլորշիացման կենսաբանական կորի հիմքում դրված է բույսերի տերևների հարաբերական մակերեսը: Քննարկվում է այդպիսի մոտեցման իրավացիությունը տրանսպիրացիայի որոշման համար բույսերի զարգացման ուշ փուլերում և կատարվում են համապատասխան ճշգրտումներ: Տրանսպիրացիայի և հողից ջրի գոլորշիացման առանձին-առանձին որոշելը հնարավորություն է ընձեռում ճշգրտել գյուղատնտեսական մշակաբույսերի ջրասպառման հասկացությունը և հիմք է ստեղծում ոռոգման ջրի ավելի րացիոնալ օգտագործման համար:

The formulae for calculating the transpiration and water evaporation from soils used for cultivation of agricultural plants are suggested. The biological curve of evaporation in formulae is based on relative square of plants leaves. The rightness of this approach for determination of evaporation in late stages of plants vegetation is discussed and corresponding corrections are done. The separate determination of transpiration and water evaporation from soils makes possible to correct the conception of water consumption for agricultural plants and permits to solve more rational the problem of water irrigation.

Сельскохозяйственные культуры - транспирация - водопотребление

Понятие "водопотребление сельскохозяйственных культур" в практике и в абсолютном большинстве научной литературы отождествляется с суммарным

испарением с полей. При этом весьма редко, кроме некоторых источников [2, 4, 9, 14 и т. д.], оно соотносится с понятием "транспирация". Между тем, четкое определение понятия "водопотребление" важно для постановки и решения ряда задач, касающихся орошения.

В настоящей статье приводится уточненная методика расчета транспирации, разработанная на основании дифференциации составляющих испарения. При этом были использованы данные биометрических измерений, выполненных нами в условиях Армении [13], а также данные других исследователей из Эстонии, Узбекистана, Таджикистана, Белоруссии и Ростовской области [5,10,11,12].

В моделях определения испарения или водопотребления широко применяется так называемая "биологическая кривая испарения", которая введена в литературу Алпатьяевым [1] на основании того, что в течение вегетационного периода растений, при достаточном увлажнении почвы, отношение испарения (E) к испаряемости (E_0) для всех сельскохозяйственных культур изменяется почти одинаково. По трактовке Будаговского [2], изменение ординат биологических кривых в течение вегетационного периода объясняется главным образом изменением относительной площади листьев (ОПЛ). Им же предложен метод обобщения биологических кривых испарения на основании учета ОПЛ, влажности почвы и испаряемости, определенной по методу теплового баланса. Благодаря этому стало возможным уточнить понятие "водопотребление сельскохозяйственных культур" путем дифференциации суммарного испарения (E_c) на транспирацию (E_t) и испарение воды почвой ($E_{п}$).

Очевидно, что действительным водопотреблением является не суммарное испарение, а транспирация, которая является одним из средств жизнедеятельности растений. Поэтому определение ее в тесной связи с биологической кривой испарения является важной задачей. Внутренние факторы транспирации, связанные с биологическими особенностями растений, хорошо изучены физиологами, а внешние гидрометеорологические условия - гидрометеорологами-почвоведками. Количественная увязка составляющих суммарного испарения наиболее удачно истолкована в модели определения испарения Будаговского [2].

Материал и методика. С учетом вышесказанного нами предложены модифицированные формулы определения составляющих суммарного испарения с сельскохозяйственных полей [14]. Эти формулы представляются для двух случаев. В первом используются значения ОПЛ (ω), а во втором - данные о степени затененности почвы под пологом растительного покрова (N).

$$E_c = \left\{ \frac{W}{W_{кр}} (1 - e^{-n\omega}) + \left[\gamma w e^{-H/E_0} + (1 - e^{-H/E_0}) \right] e^{-n\omega} \right\} E_0, \quad (1)$$

$$E_c = \left\{ \frac{W}{W_{кр}} \left(1 - e^{-n \ln N/\beta} \right) + \left[\gamma w e^{-H/E_0} + \left(1 - e^{-H/E_0} \right) \right] e^{-n \ln N/\beta} \right\} E_0, \quad (2)$$

где приняты обозначения:

$$\frac{W}{W_{кр}} \left(1 - e^{-n \omega} \right) = \left(1 - e^{-n \ln N/\beta} \right) = A;$$

$$\left[\gamma w e^{-H/E_0} + \left(1 - e^{-H/E_0} \right) \right] e^{-n \omega} = \left[\gamma w e^{-H/E_0} + \left(1 - e^{-H/E_0} \right) \right] e^{-n \ln N/\beta} = B. \quad (3)$$

Здесь $A E_0$ - транспирация; $B E_0$ - испарение воды почвой; H - сумма атмосферных осадков и воды, подаваемой на орошение; W - влажность почвы, $W_{кр}$ - критическое значение влажности почвы; γ - почвенный параметр, зависящий от высоты местности; n - коэффициент убывания прямой радиации солнца внутри растительности; β - показатель взаимосвязи между ω и N (в данном случае $\beta = \frac{\ln N}{\omega}$). Значения N изменяются в течение дня, в зависимости от высоты солнца и ОПЛ (ω) в течение вегетационного периода.

Для виноградников, плодовых садов, посевов табака и хлопчатников усредненные значения n и β равны 0,50 и 0,25, а для зерновых, травяных и других полевых культур - 0,45 и 0,22. Таким образом, отношение n/β равно 2, что значительно облегчает расчеты. Почвенный параметр γ меняется в пределах 2 - 3. Для Араратской равнины (800-900м над ур. моря) он равен в среднем 2, а на высоте метеостанции Яных (2130м) - 3.

Анализ биологических кривых испарения, полученных косвенными расчетными методами, а также на основании данных непосредственных измерений, показывает, что формулы (1) и (2) в представленном виде справедливы, когда расчеты ведутся для ранних и средних фаз развития растений [2, 3, 6, 7, 13]. В этот период транспирация с увеличением ω , N , E_0 при достаточном увлажнении почвы адекватно возрастает (рис. 1). Если же в фазах созревания растений испаряемость еще увеличивается, то возрастание транспирации, хотя и медленнее, некоторое время продолжается. При одновременном уменьшении величин E_0 , ω или N транспирация обязательно, уже с опережением, убывает.

В работе [3] предлагается учитывать интенсивность транспирации в поздние фазы вегетации с помощью уравнения

$$E_t = \Phi_0 E_m, \quad (4)$$

где E_m - нелIMITированная влажностью почвы транспирация, Φ_0 - коэффициент, включающий три множителя

$$\Phi_0 = \Phi_0^{(1)} \times \Phi_0^{(2)} \times \Phi_0^{(3)}. \quad (5)$$

Здесь: $\Phi_0^{(1)}$ - для типичных растений почти постоянен и колеблется в пределах 0,95 - 1,10; $\Phi_0^{(2)}$ - отражает ход транспирации в зависимости от степени водоснабжения растений, а $\Phi_0^{(3)}$ - изменение транспирации при изменении физиологических свойств растений в ходе онтогенеза. Уменьшение $\Phi_0^{(2)}$ в фазах созревания растений ячменя и гречихи представляется как прямая линия. Однако анализ данных показывает, что транспирация при этом уменьшается не прямолинейно, а скорее экспоненциально [3, 6, 7, 8]. Изменение содержания общей, свободной и связанной воды в растении, по данным физиологов, в зависимости от фазы развития происходит также по криволинейному закону [4].

Исходя из вышеизложенного, необходимо при расчетах испарения во время созревания растений в формулах (1) и (2) ввести поправки таким образом, чтобы в расчетах была бы отражена экспоненциальность характера изменения транспирации.

Транспирационными характеристиками испарения являются выражения $e^{-n \omega}$ и $n \ln N/\beta$.

Анализ данных о транспирации показывает, что при ее расчете для фазы созревания в формулах (1) и (2) взамен последних выражений нужно ввести

$$e^{-n \sigma^2 / \sigma_{\max}^2} \quad \text{и} \quad e^{-2(\ln N)^2 / \ln N_{\max}}$$

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПИРАЦИИ

соответственно.

Результаты и обсуждение. По описанной методике произведены расчеты транспирации и испарения воды почвой с полей сельскохозяйственных культур. В расчеты включены разные по биометрическим свойствам и по ходу вегетации культуры, возделываемые в различных географических условиях. Как видно из рис.1, исправленная кривая транспирации (2) по ординатам опускается быстрее, чем кривая 1. Видно также, что разница в транспирации с учетом поправок в фазе созревания составляет от 15 до 30% в зависимости от конкретных условий вегетации растений, прежде всего от длительности периода их созревания и от величин E_0 и ω . По кривым 1 и 3 видно, что величина испарения воды почвой превышает таковую транспирации только в самом начале вегетации, когда суммарное испарение невелико из-за метеорологических условий.

В наших расчетах суммарное испарение с учетом внесенных поправок

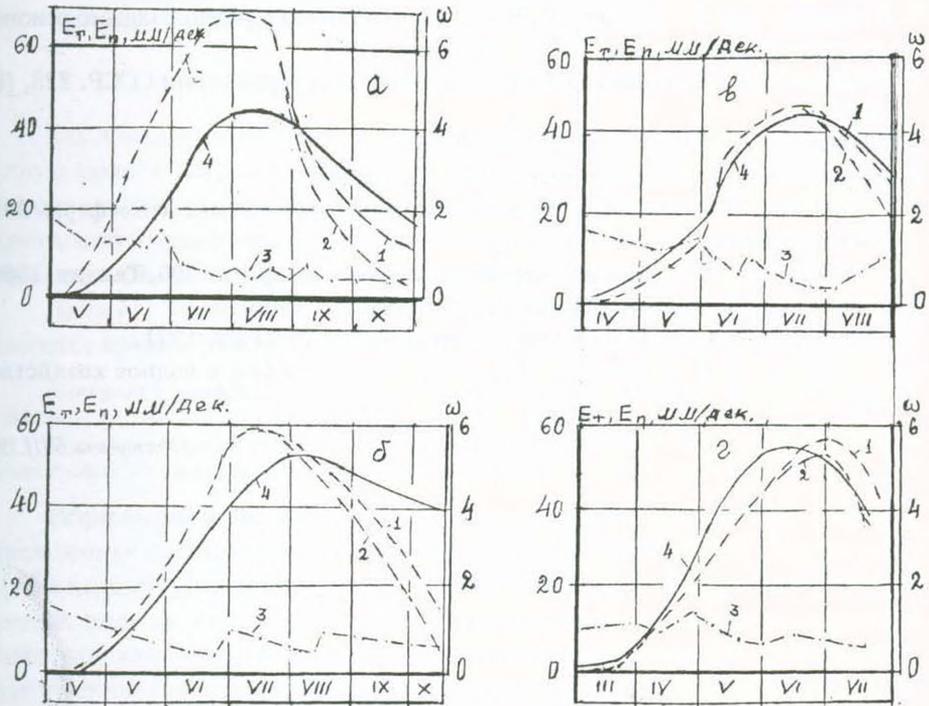


Рис. 1. Ход изменения составляющих суммарного испарения и относительной площади листьев

1. Транспирация (E_t). 2. Транспирация с учетом поправок (E_p). 3. Испарение воды почвой (E_n). 4. Относительная площадь листьев (ω).

а- хлопчатник (Ферганская долина), б- виноградник (Аракатская равнина), в- яровая пшеница (Минская область), г- озимая пшеница (Аракатская равнина)

составляет с полей хлопчатников- 750, виноградников- 717, озимой пшеницы (после возобновления вегетации)- 480, яровой пшеницы- 490мм соответственно, при этом величины транспирации и испарения воды почвой

составляют 627, 558, 368, 354 мм и 150, 169, 114, 138 мм. Заметим, что рассматриваемые культуры имели оптимальные условия развития.

Таким образом, даже при минимальных значениях испарения воды почвой потери оросительной воды из-за непродуктивного испарения составляют 20-30 процентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатьев А.И. Влагооборот культурных растений. Л., 1954.
2. Будаговский А.И. Испарение почвенной влаги. 243, М., 1964.
3. Бусарова О.Е., Джоган Л.Я., Лозинская Е.А., Насонова О.Н. ИВП РАН, Водные ресурсы, 5, 559-661, М., 1993.
4. Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью. 334, М., 1963.
5. Джоган Л.Я., Лозинская Е.А. ИВП РАН, Водные ресурсы, 6, 693-700, М., 1993.
6. Кривовяз С.М., Сохраков А.С. В кн.: Регулирование водно-солевого режима на орошаемых землях. 12-23, Ташкент, 1986.
7. Романов В.В. Испарение с болот Европейской территории СССР. 228, Л., 1962.
8. Пахчанян Г.Г. ДАН АрмССР, 38, 2, 1964.
9. Пенман Х.Л. Растение и влага. 161, Л., 1968.
10. Росс Ю.К., Тооминг Х.Г. В кн.: Актинометрия и оптика атмосферы. 395, Таллин, 1968.
11. Савина С.С. В кн.: Актинометрия и оптика атмосферы. 395, Таллин, 1968.
12. Самарина Н.Н. Изв. АН СССР, сер. геогр., 4, 1965.
13. Тертерян Б.А. Биолог. журн., Армении, 24, 2, 24-32, 1971.
14. Тертерян Б.А., Мовсесян М.А. В кн.: Мелиорация и водное хозяйство, сер. 1, 5, 1-6, 1987.

Поступила 6.III.1997