

田间作物蒸腾量测算方法研究

卢振民 张翼 牛文元

(中国科学院地理研究所大屯生态试验站)

摘 要

本文依据 Penman-Monteith 方法对田间蒸腾量的测算进行了探讨,从理论上分析并导出蒸腾量的估算模式,对参数的估算也做了详细分析和讨论。最后用大屯农业生态系统试验站的观测资料对模式进行验证,结果表明,采用本模式计算田间蒸腾量效果很好。

蒸腾量的测算是农田生态系统研究中的一项基础研究。目前,我国对蒸腾的测算还没有比较好的方法,国外这方面的研究也不多见。1953年 Penman 通过对气孔的研究首次提出了计算单个叶片气孔蒸腾的模式, Covey (1959) 把气孔阻力的概念推广到整个植被表面, Monteith (1965) 在 Penman 和 Covey 等人工作的基础上, 提出计算整个冠层蒸散量、被称为 Penman-Monteith 公式的模式。该模式全面考虑了影响田间水分散失的大气因素和作物生理因素, 为蒸腾、蒸散的研究开辟了一条新途径。由于实际蒸腾量在田间难以测定而无法对模式进行检验, 所以近年来, 国外大量的研究都采用 Penman-Monteith 方法计算蒸散, 而用于计算蒸腾的报道则很少见到。本文依据 Penman-Monteith 方法导出蒸腾的估算模式, 然后以田间实测资料对模式进行了检验。

一、蒸腾量估算模式的导出

蒸腾过程包括两个阶段: 液态水在气孔腔内汽化; 汽化了的水分子通过气孔和大气边界层扩散进入大气。

液态水汽化需要能量, 对于给定的蒸腾面, 其能量平衡方程为:

$$R_{in} - R_{out} = LE_T + H + \delta_s \quad (1)$$

式中, R_{in} 、 R_{out} 分别为流入和流出蒸散面的净辐射能; LE_T 为蒸散面与大气间的潜热流交换; H 为蒸散面与大气间的显热交换; δ_s 为所考虑时段内系统内部能量的变化。令

$$A = R_{in} - R_{out} - \delta_s \quad (2)$$

则 (1) 式可写成:

$$A = LE_T + H \quad (3)$$

A 为用于潜热和显热交换的可利用能。若叶面干燥没有液态水存在, 即没有叶面的直接蒸发发生, 叶面潜热流就只包括蒸腾项, (3) 式可写成:

$$A = LT + H \quad (4)$$

这里 T 表示作物的蒸腾量, L 为汽化潜热。

本文于1986年2月7日收到。

湍流扩散是边界层内水汽传输的主要方式。假定在近地面处扩散通量不随高度变化,则据Ficks第一扩散定律,由蒸腾面到高度 Z 处的扩散方程可表示为:

$$\tau = \rho u_z / r_{am} \quad (5)$$

$$H = \rho C_p (T_0 - T_z) / r_{ah} \quad (6)$$

$$LE_T = \frac{1}{\nu} \rho C_p (e_0 - e_z) / r_{aw} \quad (7)$$

式中 τ 为动量通量; ρ 、 C_p 分别为干空气的密度和比热; ν 为干湿球常数; u_z 、 T_z 、 e_z 分别代表高度 Z 处的风速、气温和水汽压; T_0 、 e_0 分别表示蒸腾面的温度和水汽压; r_{am} 、 r_{ah} 、 r_{aw} 分别代表蒸腾面与大气间的动量、热量和水汽扩散的阻力。若蒸腾面没有液态水存在,则(7)式可写成:

$$LT = -\frac{1}{\nu} \rho C_p (e_0 - e_z) / r_{aw} \quad (8)$$

由于 e_0 难以测定,所以由(8)式直接计算 T 是困难的,需要对 e_0 进行代换。

蒸腾是水汽由气孔腔内扩散进入大气的过程,因此水汽扩散不但有大气边界层阻力,还有气孔阻力。类似于上述扩散方程,由气孔腔内到蒸腾面(叶表面)的水汽通量方程可写为:

$$LT = -\frac{1}{\nu} \rho C_p (e'_0 - e_0) / r_s \quad (9)$$

式中 r_s 为水汽扩散的气孔阻力, e'_0 为气孔腔内的水汽压。对于正常生长发育的叶片,气孔腔内的水汽压接近饱和状态,即 $e'_0 = e_s(T'_0)$,这里 $e_s(T'_0)$ 表示气孔腔内温度(T'_0)下的饱和水汽压,若忽略气孔腔内温度与表面温度的差别,则 $e_s(T'_0) = e_s(T_0)$,这时(9)式可写成:

$$LT = -\frac{1}{\nu} \rho C_p [e_s(T_0) - e_0] / r_s \quad (10)$$

结合(8)式和(10)式可得由气孔腔内到大气的水汽通量方程为:

$$LT = -\frac{1}{\nu} \rho C_p [e_s(T_0) - e_z] / (r_s + r_{aw}) \quad (11)$$

如果测得表面温度 T_0 ,可由(11)式直接计算 T ,但一般情况下 T_0 测定也较为困难,同样需要一定的代换。

令 $\Delta = de_s(T)/dT$,表示饱和水汽压随温度变化的斜率,若 T_0 与 T_z 的差别不是很大时,则

$$\Delta = \frac{de_s(T)}{dT} \approx \frac{e_s(T_0) - e_s(T_z)}{T_0 - T_z} \quad (12)$$

由(12)式,得:

$$e_s(T_0) - e_z = \Delta(T_0 - T_z) + D \quad (13)$$

式中 $D = e_s(T_z) - e_z$ 为空气饱和差。将(6)式代入(13)式,得:

$$e_s(T_0) - e_z = \frac{r_{ah}}{\rho C_p} \Delta H + D \quad (14)$$

再将 (14) 式和 (4) 式代入 (11) 式, 有:

$$LT = \frac{1}{v} \rho C_p \left[\frac{r_{ah}}{\rho C_p} \Delta(A - LT) + D \right] / (r_s + r_{aw})$$

整理, 得:

$$LT = \frac{\Delta A + \rho C_p D / r_{ah}}{\Delta + v[(r_s + r_{aw}) / r_{ah}]} \quad (15)$$

由上可见, (15) 式是比较理想的蒸腾面上蒸腾量的估算模式。对于实际的植被或作物冠层, 则情况较为复杂, 因为植被的水汽和热量来自不同层次, 若计算整个植被层的蒸腾量, 还需对上式进行修改。对于作物群体, 当冠层比较密集时, 可把整个冠层的水汽和热量看作来自一个平均的源面, 这时可利用 (15) 式把整个作物冠层的蒸腾量估算模式写为:

$$LT = \frac{\Delta A + \rho C_p D / r_{ah}}{\Delta + v[(r_{sT} + r_{aw}) / r_{ah}]} \quad (16)$$

这里 A 是植被冠层所接受的可用于潜热和显热交换的能量, r_{sT} 表示冠层的总气孔阻力。

在 (16) 式中, L 、 ρ 、 C_p 、 v 均为常数, D 、 Δ 可根据一般的温度和湿度观测资料求得, 因此, 只要确定了参数 A 、 r_{sT} 、 r_{aw} 和 r_{ah} , 就可用上式计算田间作物蒸腾量。

二、参数的计算与分析

1. 冠层所接受的可利用能 A 的计算

据 (2) 式, 对于作物冠层, R_{in} 是冠层上部所接受的净辐射能 (R_n), R_{out} 是透过冠层到达土壤表面的净辐射能 ($R_{s,n}$)。一般而言, 相对于辐射能, 冠层储热的变化可忽略不计。由 (2) 式, 冠层可利用能为

$$A = R_n - R_{s,n} \quad (17)$$

式中, R_n 可在冠层上部用辐射平衡表直接测定, 也可据常规观测资料用理论或经验公式求得。而 $R_{s,n}$ 的测定比较困难, 目前普遍采用 Monsi 公式进行计算, 如果群落内叶子在空间呈随机分布, 则据 Monsi 和 Saeki (1953)

$$R_{s,n} = R_n e^{-k \cdot LAI} \quad (18)$$

式中 LAI 为叶面积指数, K 为作物冠层的消光系数。叶面积指数可用叶面积积分仪或其它方法在田间直接测定, 也可根据作物的生长发育季节推算。作者在北京大屯对冬小麦叶面积指数的研究表明, 正常生长发育的冬小麦在整个生育期内叶面积按一定规律变化 (图 1)。因此在整个生育期内, 只要有几个测值就可推算任意时间的叶面积值。

作物冠层的消光系数取决于作物冠层的结构和太阳高度, 变化幅度在 0.3—1.5 之间, 如果叶片较大且呈水平状, 则 K 值较大, 而垂直叶片的 K 值较小。 K 值具有日变化, 正午最小, $K = 0.55$ (Impers, et al., 1969)。由于中午冠层内透光最大, 所以一般可用中午的平均 K 值计算 $R_{s,n}$ 。据 Vchijima (1961) 的研究, (18) 式的计算结果与实测值非常一致, 因此可比较精确地用于 $R_{s,n}$ 的确定。这样, (17) 式可写为:

$$A = R_n (1 - e^{-k \cdot LAI}) \quad (19)$$

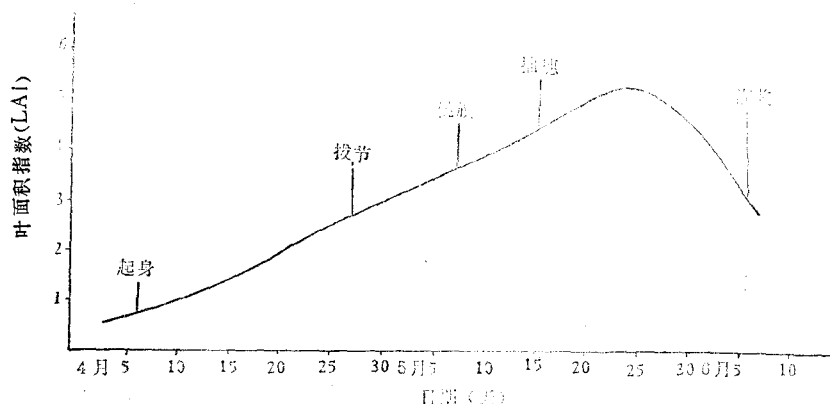


图1 冬小麦生育期内叶面积指数的变化

Fig. 1 The variation of leaf area index during winter wheat growing season

由此,只要知道 R_n ,便可很容易地求出 A 。

2. 冠层总气孔阻力 r_{ST} 的确定

在冠层内部,水汽传输的主要阻力是气孔,据Monteith(1975)的研究,冠层的总气孔阻力可看作冠层内各层或不同部位叶片气孔阻力的并联,其计算模式如下:

$$r_{ST} = (\sum \frac{1}{r_{s,i}} \cdot LAI_i)^{-1} \quad (20)$$

式中 LAI_i 为与某类气孔阻力接近的叶片的叶面积指数, $r_{s,i}$ 为这类叶片平均单位叶面积上的气孔阻力。如果测出 $r_{s,i}$ 和 LAI_i 的值,就可利用上式比较精确地求出 r_{ST} 。但在实际工作中,不可能每次都测定 $r_{s,i}$ 和 LAI_i ,因为这样不仅工作量太大,而且所需时间较长,影响代表性,因此还需要有简便的方法。

作物叶片气孔阻力的大小取决于外部环境条件(主要是太阳辐射强度和土壤水分含量(卢振民等,1986))及作物本身的生理因素。对于处于相同环境条件下的作物冠层来说,冠层内部单位叶片气孔阻力的大小主要取决于冠层的透光情况和叶龄。我们在大屯对冬小麦冠层内气孔阻力和叶面积分布情况作了详细研究(表1)。表中的叶位是由冠层上部第一片叶起顺序向下排, r_i 、 LAI_i 分别为各个叶片的平均气孔阻力和叶面积指数, LAI 是整个冠层的叶面积指数。表1中C为冠层上部(第1和第2片叶)叶片水汽传导率占整个冠层水汽传导率的比重。从表1可以看出:在作物冠层内水汽主要来自冠层上部的叶片(占70%以上),所以,可用冠层上部单位叶片的气孔阻力乘以一个比例系数 K' 来计算整个冠层的阻力,即:

$$r_{ST} = K' r_s / LAI \quad (21)$$

通过对 K' 值的研究发现,虽然环境条件不同,但当群落结构变化不大时, K' 基本保持常数,对冬小麦来说,在抽穗后,其值平均为1.49。因此,只要测得冠层上部叶片的气孔阻力,就可很容易地得到 r_{ST} 。关于冬小麦冠层上部的叶片气孔阻力,作者已做过详细研究(卢振民等,1986),发现在正常天气条件下,当土壤水分供给充足时,发育成熟叶片的气孔阻力基本保持常数,这就更易得到 r_{ST} 。

3. 边界层阻力的确定

由于冠层内平均的水汽和热量源面并不一定在同一平面上,因此 r_{aw} 和 r_{ah} 不同,但根据

表1 冬小麦冠层内部气孔阻力分布情况

Table 1 The distribution of stomatal resistance in the canopy of winter wheat

土壤水分相对含量 (%)	时 间 \ 叶 序		冠层内不同叶序叶片气孔传导率 ($(1/r_i) LAI_i \times 10^{-2}$) (米·秒)					$\Sigma (1/r_i) LAI_i \times 10^{-2}$	LAI	C(%)	K'
			1	2	3	4	5				
95 84	日	时									
	14	10:00	1.501	1.648	0.436	0.184	0.027	3.796	4.189	83.0	1.51
	15	14:00	1.311	1.062	0.353	0.311	0.024	3.061	4.297	77.5	1.53
	17	13:00	0.649	0.687	0.228	0.101		1.665	4.513	80.2	1.57
66 45	19	13:00	2.213	3.205	2.016	0.342	0.029	7.805	4.729	69.4	1.36
	14	12:00	0.408	0.327	0.193	0.078	—	1.006	3.053	73.1	1.42
	14	16:00	0.534	0.443	0.268	0.041	—	1.286	3.053	76.0	1.48
	15	13:00	0.394	0.211	0.146	0.026	—	0.777	3.144	77.9	1.50
	16	14:00	0.424	0.358	0.113	0.015	—	0.910	3.235	86.0	1.63
平均	19	14:00	0.214	0.215	0.075	0.053	—	0.557	3.508	77.0	1.41
			0.85	0.91	0.43	0.13	—	2.32	3.75	77.8	1.49

Grace(1981)的研究, $r_{ah}/r_{aw}=0.93$, 因此可近似地认为 $r_{aw}=r_{ah}$, 并以 r_a 表示。这样, 将 (19) 式和 (21) 式代入 (16) 式, 得:

$$LT = \frac{\Delta R_n (1 - e^{-k \cdot LAI}) + \rho C_p D / r_a}{\Delta + v(1 + k' \cdot r_s / LAI \cdot r_a)} \quad (22)$$

下面详细讨论 r_a 的确定。

由 (5) 式得:

$$r_{am} = \rho u_z / \tau \quad (23)$$

据Bailey和Davies(1981), 冠层上水平风速随高度变化的形式为:

$$\partial u / \partial z = u^* \varphi_m / [k''(z-d)] \quad (24)$$

式中 u^* 为表面摩擦速度, k'' 为卡曼常数, d 为零平面位移高度, φ_m 为空气稳定度的函数, 据Dyer(1974)

$$\varphi_m = \begin{cases} (1 - 5R_i)^{-1} & \text{在稳定层结下} \\ 1 & \text{在中性层结下} \\ (1 - 16R_i)^{-1/4} & \text{在不稳定层结下} \end{cases} \quad (25)$$

式中 R_i 为Richardson数。将 (24) 式积分后代入 (23) 式得:

$$r_{am} = \left[\ln \frac{z-d}{z_0} + \Phi_m \right]^2 / (0.16 \times u_z) \quad (26)$$

其中, $\Phi_m = \int_{z_0+d}^z (\varphi_m - 1) / z \, dz$, z_0 为蒸腾面粗糙度。

在实际情况下, 水汽、热量和动量的源汇并不一定在同一水平面上, 因此 r_a 与 r_{am} 并不完全相同。实际水汽传输的边界层阻力应从水汽的源面算起。Monteith(1975)指出, 在一般情况下, 水汽和热量的源总是比动量的汇低, 即 z_0 (水汽传输的下垫面粗糙长度) 总是小于 z_0 ,

这样水汽由 z_0 扩散到 z_0 还要受到一个阻力 r_b , 即:

$$r_a = r_{am} + r_b \quad (27)$$

据Thom(1972)

$$r_b = (\text{常数}) \times u_*^{-\frac{2}{3}} \quad (28)$$

若 u_* 的单位为米/秒, 则式中常数对于显热和潜热为 6.266, 对于湿润表面的蒸发为5.245。Thom指出, 这个常数也适用于一般作物。将(28)式代入(27)式可得:

$$r_a = r_{am} + 6.266 (u_* / r_{am})^{-\frac{1}{3}} \quad (29)$$

利用(29)和(26)式, 除风速测值外, 还需知道 d , z_0 和 Φ_m 才能计算 r_a 。

关于 d 、 z_0 的计算, 可以采用比较简单的方法。Stanhill(1961)收集了大量高度从 0.2—20米的植物的 d 测值, 得出:

$$\log d = 0.9793 \log H - 0.1536 \quad (30)$$

Tanner和Pelton分析了12种高度从2厘米到6米的作物的 z_0 测值, 得出:

$$\log z_0 = 0.997 \log H - 0.883 \quad (31)$$

式中 H 为作物高度(米)。

Φ_m 的计算较繁, 需要增加测定项目。据作者研究, 边界层阻力 r_a 的变化对蒸腾量的计算不敏感*, 所以, 空气层结稳定度考虑与否对计算结果影响不大(据笔者研究, 其误差不超过10%)。Bailey和Davies(1981)的研究表明, 当观测高度贴近冠层时, 空气层结稳定度对边界层阻力的影响可以不考虑, 这样, 边界层阻力的计算可采用下列简单公式:

$$r_a = r_{aN} + 6.266 (u_* / r_{aN})^{-\frac{1}{3}} \quad (32)$$

$$r_{aN} = \left[\ln \frac{z-d}{z_0} \right]^2 / (0.16 u_*)$$

由此, 只要知道风速和作物高度, 就可求得 r_a 。

三、模式的实验验证与分析

以上对估算蒸腾的模式从理论上进行了推导和分析, 下面用田间实测资料对模式进行检验。

1. 田间实测条件

实验于1984年在中国科学院北京大屯农业生态系统试验站进行。场地160亩左右, 种植丰抗2号冬小麦。温、湿、风在冠层上部0.5米和1米处两个高度用热电偶测定, 精度为0.1℃, 两个高度所测温差的精度为0.02—0.05℃; 风采用轻便式三杯风速仪测定; 辐射平衡采用R_N-1型辐射平衡表在冠层上0.5米处测定; 土壤热通量用G-3型热通量板在土表下0.02米处测定, 设三个重复取平均。除风速外, 所有要素都采用遥测, 排除人为干扰。气孔阻力用MK-3型气孔计(英国德耳它公司造)测定, 每次在田间随机测10片叶取平均, 抽穗前测冠层上部第二个叶片的中部, 抽穗后测第一个叶片的中部, 每天测二到三次冠层内不同层次叶片

* 卢振民《田间水分散失研究》1985。

的气孔阻力。以上所有测定都是同步进行, 每小时测一次, 每次测半小时取平均, 叶面积指数采用叶面积积分仪测定, 每10天测一次。

2. 检验标准选择

在田间直接对(22)式计算结果进行验证很难, 因为在田间精确地测算作物蒸腾的方法还没有, 所以只能通过间接方法检验。蒸散为蒸腾和蒸发之和, 当蒸发很小可忽略时, 蒸散量接近蒸腾量, 因此, 如果(22)式的计算结果满足: (1) 有蒸发时, 小于蒸散量; (2) 在蒸发很小可以忽略的情况下, 接近田间实测或精确计算的蒸散值, 我们就可认为用该模式计算蒸腾量是可行的。

关于蒸散的计算, Bowen比能量平衡法被公认是比较好的方法, 可用来作为其它方法的检验标准。Bowen比能量平衡法的基础与(22)式相同, 假定 $r_{ah} = r_{aw}$, 由(4)、(6)、(7)式可得:

$$LE_T = \frac{R_n - G}{1 + \gamma \frac{T_1 - T_2}{e_1 - e_2}} \quad (33)$$

这里 $A = R_n - G$ 是整个下垫面单位面积上所接受的净辐射能, G 为土壤热通量。

很明显, (33)式与(22)式的主要区别在于, (33)式所考虑的是整个下垫面上的能量和温湿状况, 计算的是田间总的水汽蒸散量, 而(22)式是考虑蒸腾面(叶面)的能量、温湿状况及气孔的反应情况, 所以计算的是蒸腾。为避免查算湿度引起的误差, 对(33)式进行代换, 得:

$$LE_T = (R_n - G) \left[1 - \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \frac{T_{D1} - T_{D2}}{T_{W1} - T_{W2}} \right] \quad (34)$$

(34)式直接采用两个高度的温度测值(T_{D1} 和 T_{D2})和湿度测值(T_{W1} 、 T_{W2})计算, 因此, 只要测值精确, 计算结果不会有很大误差。

3. 结果比较与分析

1) 叶面积指数较小、有土面蒸发时计算结果比较

图2是当叶面积指数较小、土壤表面未完全覆盖情况下, (22)式和(23)式计算结果的比较。其中虚线代表用(22)式求得的蒸腾量, 实线代表用(34)式所算蒸腾量。因蒸散量是蒸发量与蒸腾量的总和, 所以, 当有蒸发存在时, 实际蒸腾量应小于蒸散量。图2是冬小麦灌浆后期的测值计算结果, 这时叶片衰老下垂, 冠层下部叶片枯死, 叶面积指数减小(在3以下, 图1), 行间透光较多, 加之刚灌过水, 土壤表面湿润, 土壤蒸发显著, 实际蒸腾量小于蒸散量, 这由图2可以明显看出, (22)式计算结果小于(34)式的计算结果, 两者在晴天(6月6日)的差别稍大于多云天(6月9日)。6月6日蒸腾量在10点与13点的两次波动是由于气孔收缩引起的。

2) 叶面积指数较大时计算结果比较

田间蒸发来自土壤表面蒸发和叶片表面蒸发。当地表完全郁闭时, 蒸发主要来自叶片表面的液态水。在冬小麦抽穗期前后, 作物生长旺盛, 叶面积指数大于4, 地表完全郁闭, 加之土壤表面较干, 所以来自土壤表面的蒸发很小, 可忽略不计, 这时叶面的液态水(露水)

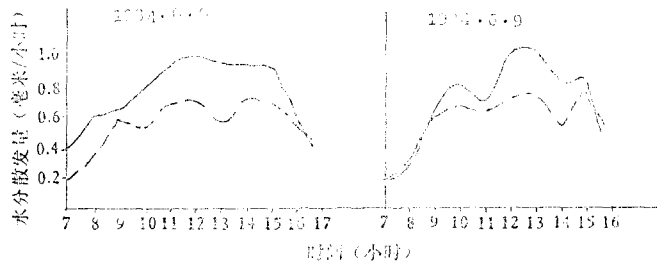


图2 地表不完全覆盖情况下用(22)式所算蒸腾量与用(34)式所算蒸腾量的比较

Fig.2 The compare between the values of transpiration calculated by equation (22) and evapotranspiration calculated by equation (34) under no completely covered conditions

是主要的蒸发来源,而当叶面也干燥时,实际的蒸腾量与蒸散量接近。(22)式的计算结果正是这样(图3)。由图3可以看出,当早晨叶面有露水时,(22)式所算蒸腾量稍低于蒸散量,而当下午叶面干燥时,计算结果则非常接近。5月8日和14日夜间是晴天,叶面有较多露水,所以5月9日和5月15日午前有明显的叶面蒸发,蒸腾计算结果低于蒸散,而当下午叶面干燥时,两者十分接近;5月16日夜间有薄云,叶面露水较少,17日两式计算结果比较接近;5月18日夜稍阴、无露、叶面干燥,19日两式计算结果几乎完全吻合。

以上实验结果表明,用(22)式计算蒸腾量不但是合理可行的,而且是比较精确的。

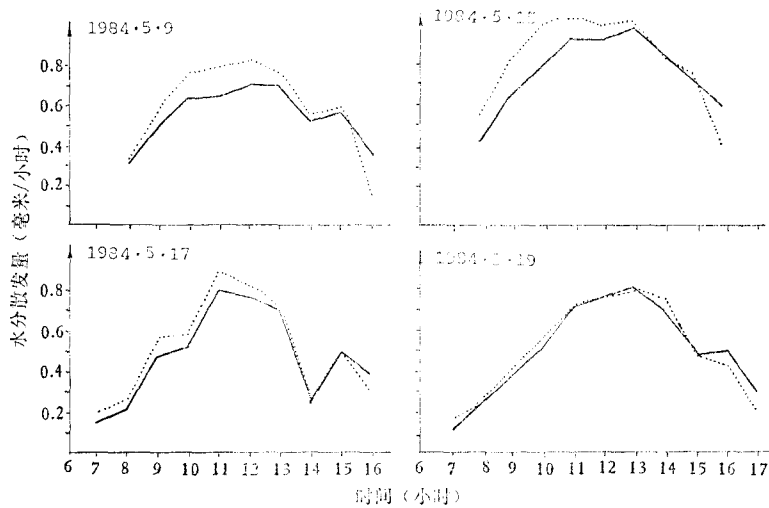


图3 地表完全覆盖情况下(22)式所算蒸腾量与(34)式所算蒸腾量的比较

Fig.3 Compare of the values between the transpiration calculated by equation (22) and evapotranspiration calculated by equation (34) under completed covered conditions

参考文献

- 卢振民等 1986 土壤水分含量对冬小麦气孔开启程度的影响 植物学报 28(4), 419—427.
 Bailey, W.G. and J.A.Davies 1981 *Boundary Layer Meteorol.* 20, 187—199.
 Covey, W.G. 1959 M.Sc. thesis Agricultural and Mechanical College Texas.
 Grace, J. et al. 1981 *Plant and Their Atmospheric Environment*. Blackwell Scientific Publications.
 Impers, I. and R. Lemeur 1969 *Arch. Geoph. and Bioklimatol.* 17, 403—412.
 Monsi, M. and T. Saeki 1953 *Jap. J. Bot* 14, 22—52.

- Monteith, J.L. 1965 Symp. Soc. Exp. Biol. XIX, 205—234.
—— 1975 *Vegetation and the Atmosphere*, Vol. 1 Principles, Academia Press London.
—— 1975 *Principles of Environmental Physics* Edward arnold London.
—— 1981 *Quart. J. R. Met. Soc.* 107, 1—27.
Penman, H. L. 1953 *Rep. 13th Int. Hort. Cong.* 2, 913—923.
Stanhill, G. 1969 *J. Appl. Meteorol.* 8, 509.
Tanner, C. B, and Pleton W.L. 1960 *J. Geophys. Res.* 65, 3391—3413.
Thom, A.S. 1972 *Quart. J.R.Met. Soc.* 98, 124—134.
Vchijima 1961 *Bull. Nat Inst. Agric. Sci. A*, 243—263.

CALCULATION OF TRANSPIRATION IN THE FIELD

Lu Zhenmin Zhang Yi Niu Wenyuan

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

This paper mainly discuss the model about transpiration calculation in the field. A new model is introduced according to Penman-Monteith method. A detailed analysis of parameters in the model is made and the calculation of these parameters is given. Finally, we test the model with the data measured in Datun Agricultural Experinmental Station. The result explains that the model given in the paper can be well used for transpiration calculation in the field.