

参考条件下苜蓿冠层阻力变化规律试验研究

强小女^{1,2}, 蔡焕杰¹, 周新国², 王健¹

(1. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 河南 新乡 453003)

摘 要: 冠层阻力是参考作物蒸发蒸腾量计算公式中的一个重要参数, 对准确计算参考作物蒸发蒸腾量 (ET_0) 及诊断作物缺水等都有非常重要的意义。本研究以 FAO (1994) 推荐的 ET_0 公式 (Penman-Monteith 公式) 假定条件为出发点, 结合 ET_0 值的实测资料, 对经过修剪的苜蓿冠层阻力进行试验分析。结果表明: 在参考条件下, 冠层阻力随着作物生育期的延长, 呈递增趋势。日变化过程呈现“U”型, 最低点出现在中午 (低于 50 s/m), 最高点出现在早晨 8:00 和傍晚 18:00 (高于 100 s/m)。

关键词: 参考作物蒸发蒸腾量; 冠层阻力; 苜蓿

中图分类号: S161.4; S551+.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0107-05

参考作物蒸发蒸腾量 (ET_0) 计算公式中的设定条件 (FAO (1994)) 认为, ET_0 值是一种假想的参考作物冠层蒸发蒸腾速率, 设定作物高度 12 cm, 冠层阻力 70 s/m, 反射率 0.23, 非常类似于表面开阔、高度一致、生长旺盛、完全覆盖地面而不缺水的绿色草地的蒸发蒸腾速率。其中, 冠层阻力 (r_c) 是 ET_0 计算公式中的一个重要参数, 冠层阻力设定为 70 s/m, 如何认识这一设定值在参考作物整个生育阶段的变化规律, 还有待研究。2005 年 Allen^[1] 对大型 lysimeter 的实验站点, 根据参考作物 ET_0 的实测资料, 用 Penman-Monteith 公式间接计算 8:00~20:00 之间 r_c 的日变化过程, 结果表明: r_c 呈动态变化, 且每日 r_c 值变化趋势显现“U”型, 低值点出现在 9:00~16:00 之间, 普遍低于 50 s/m, 高值点出现在 8:00、20:00, 普遍高于 100 s/m。我国在引进选用 ET_0 公式的实践中也有一些初步的探索, 苏春红^[2] 等初步揭示了冠层阻力呈动态变化的规律。我们还需要更进一步对参考作物蒸发蒸腾量进行实际测定并对其设定条件中的参数进行深入探讨。研究 ET_0 定义中冠层阻力的变化规律可推进我们对 ET_0 设定条件的新认识。

作物冠层阻力难以用仪器直接测定, 一般用间接方法推导, 为了准确估算冠层阻力, 国外学者推导了十多种间接计算的方法。本文根据 FAO (1994) 设定的 ET_0 值计算条件, 选用国内外常用的只需常规气象参数就可计算 r_c 值的几种计算方法^[3,4], 利用实际所测的 ET_0 值结合 Penman-Monteith 公式反推求得; 利用波文比能量平衡法根据 Penman-Monteith

公式反推求得; 利用冠层温度和蒸发蒸腾量进行估算; 利用单叶气孔阻力, 结合作物群体叶面积指数的空间垂直分布计算等来对参考作物冠层阻力进行试验率定。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2007 年 4 月 1 日到 2007 年 8 月 31 日在西北农林科技大学灌溉试验站进行, 参考作物为紫花苜蓿, 品种为阿尔金刚 (Algonquin), 种植于 2005 年 7 月 4 日。此时苜蓿处于第三年的生长期, 根据紫花苜蓿的生长期将其划分为以下几个阶段 (表 1)。

表 1 紫花苜蓿生育期的划分

Table 1 Division of growing periods of alfalfa

阶段 Period	时间 Time	生育期 Stage
生育初期 Early growth	4 月初~4 月底 April	返青期~分枝期 Reviving~branching
发育期 Development	5 月初~5 月底 May	分枝期~现蕾期 Branching~squaring
生育中期 Mid growth	6 月初~7 月底 June~July	现蕾期~开花期 Squaring~flowering
生育末期 Late growth	8 月 August	开花期~成熟期 Flowering~maturing

试验期间采用称重式筒测蒸渗仪 (Lysimeter) 对参考作物蒸发蒸腾量 (ET_0) (修剪苜蓿, 高度 12 cm) 进行实际测量。本试验研究满足参考条件, 即参考作物修剪整齐, 控制高度一致 (12 cm)、保证水肥供

收稿日期: 2008-06-11

基金项目: 教育部高校青年教师奖

作者简介: 强小女 (1983—), 女, 陕西西安人, 研习员, 主要从事节水灌溉理论与新技术研究。E-mail: qiangxiaoman@126.com。

通讯作者: 蔡焕杰 (1962—), 男, 河北藁城人, 教授, 主要从事农业节水和水资源高效利用研究。E-mail: caihj@nwsuaf.edu.cn。

应适宜、没有病虫害为害的设定要求,基本达到 ET_0 计算公式所设定的条件。

试验主要观测项目如下:

(1) 参考作物蒸发蒸腾量。

每天上午 8:00 时用精度为 10 g 的天平称,对称重式筒测蒸渗仪进行称重。根据前后两天实测数值之差,加上当天灌水量,再减去测筒底部的渗流量,经面积换算就可得到测筒内的蒸发蒸腾量。

(2) 作物生理指标。

叶面蒸腾速率、气孔导度、光合速率等用便携式光和仪测定。每隔 5~7 d 测一次,重复 3 次。日变化过程每 10 d 测一次,观测时段为 8:00~18:00,每 2 h 观测 1 次。

冠层温度每隔 5~7 d 用红外测温仪来测定,重复 3 次。日变化过程每 10 d 测一次,观测时段为 8:00~18:00,每 2 h 观测 1 次。为了消除太阳方位角及作物种植方向对观测值的影响,每个测点在 4 个不同方向与地面成 45°进行观测。

叶面积指数每隔 5~7 d 每箱选有代表性的 3~5 株苜蓿分三层分别进行定期观测,测量时尽可能保持叶片的自然状态。叶面积指数利用公式叶面积=叶长×叶宽×0.71^[5]计算求得。

(3) 土壤含水量。

每隔 7~10 d 用中子仪监测各点土壤含水量的动态变化,筒测区测深为 20~70 cm,在垂直方向每隔 10 cm 观测一次,取其平均值代表各区域的土壤含水量(cm^3/cm^3)。

(4) 太阳净辐射、土壤温度、土壤热通量及气象要素等由波文比自动气象站测定。数据采集系统每 20 min 采集一次。

1.2 冠层阻力计算方法

1.2.1 利用实测 ET_0 值结合 Penman-Monteith 公式反推冠层阻力

由 Penman-Monteith 公式,

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_a}{r_s})} \quad (1)$$

反推求得:

$$r_{c-PM} = r_a \left[\left[\frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{ET_0} - \Delta \right] \frac{1}{\gamma} - 1 \right] \quad (2)$$

式中, ET_0 为实测的参考作物蒸发蒸腾量(mm/d); r_a 为空气动力学阻力(s/m); R_n 为地表净辐射

$[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$; G 为土壤热通量 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$; T 为 2 m 高度处平均气温($^{\circ}\text{C}$); u_2 为 2 m 高度处风速(m/s); e_a 为饱和水汽压(kPa); e_d 为实际水汽压(kPa); Δ 为饱和水汽压曲线斜率($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); γ 为干湿表常数($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$)。

1.2.2 利用波文比—能量平衡法(BREB)结合 Penman-Monteith 公式反推冠层阻力 根据波文比—能量平衡法,计算参考作物蒸发蒸腾量的公式为:

$$\lambda ET_0 = \frac{R_n - G}{1 + \beta} \quad (3)$$

结合 Penman-Monteith 公式:

$$\lambda \cdot ET_0 = \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{\rho C_p [e_a(T_a) - e_d]}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})} \quad (4)$$

所以有:

$$r_{c-BERB} = \left[\frac{\Delta}{\gamma} \beta - 1 \right] r_a + \frac{\rho C_p [e_a(T_a) - e_d]}{\gamma (R_n - G)} (1 + \beta) \quad (5)$$

式中, Δ 为饱和水汽压曲线斜率($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); γ 为干湿表常数($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); r_a 为空气动力学阻力(s/m); β 为所谓的波文比(Bowen ratio), $\beta = \frac{H}{\lambda ET} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e}$, ρ 为空气密度(kg/m^3); C_p 为空气定压比热 $C_p = \frac{\gamma \epsilon \lambda}{p}$ (ϵ 为水汽与干空气分子量的比率, $\epsilon = 0.622$, λ 为水的汽化潜热(为 2.45 MJ/kg); p 为大气压(kPa); $e_a(T_a)$ 为温度 T_a 对应的饱和水汽压(kPa); e_d 为实际水汽压(kPa); R_n 为地表净辐射 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$; G 为土壤热通量 $[\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$ 。

1.2.3 利用冠层温度和蒸发蒸腾量推算冠层阻力

用作物表面温度信息估算作物冠层阻力是基于 Idso 提出的一个重要的经验关系:作物在潜在蒸发状态下冠层温度与空气温度的差(简称冠气温差)与空气的饱和水汽压差成线性关系^[6],即:

$$(T_c - T_a) = A + B \cdot VPD \quad (6)$$

式中: T_c 为作物冠层温度($^{\circ}\text{C}$); T_a 为空气温度($^{\circ}\text{C}$); $(T_c - T_a)$ 为作物在潜在蒸发状态下的冠气温差,是冠气温差的下限; A, B 分别为线性回归系数; VPD 为空气的饱和水汽压差(hPa)。

根据冠层能量平衡单层阻力模型以及作物蒸发蒸腾量的计算公式可推算出:

$$\begin{aligned} r_{c-T_c} &= \frac{\rho C_p [e_a(T_c) - e_d]}{\gamma LE} - r_a \\ &= \frac{\rho C_p [e_a(T_c) - e_d]}{\gamma (R_n - G)} (1 + \beta) - r_a \end{aligned} \quad (7)$$

式中: ρ 为空气密度(kg/m^3); C_p 为空气定压比热, C_p

$= \frac{\gamma \epsilon \lambda}{p} [\epsilon \text{ 为水汽与干空气分子量的比率, } \epsilon = 0.622;$
 $\gamma \text{ 为干湿表常数(kPa/}^\circ\text{C)}]; e_a(T_c) \text{ 为温度 } T_c \text{ 对应的}$
 $\text{饱和水汽压(kPa); } e_d \text{ 为实际水汽压(kPa); } R_n \text{ 为地表}$
 $\text{净辐射[MJ/(m}^2 \cdot \text{d)}]; G \text{ 为土壤热通量[MJ/(m}^2 \cdot \text{d)}];$
 $r_a \text{ 为空气动力学阻力(s/m); } \beta \text{ 为波文比。}$

1.2.4 利用不同部位单叶气孔阻力和有效叶面积指数合成冠层阻力 一般情况下,作物冠层阻力可通过单个叶片的气孔阻力和叶面积指数来计算^[7]。通常如下:

$$r_{c-LAI} = (r_{s,u} + r_{s,m} + r_{s,b}) / LAI_{eff} \tag{8}$$

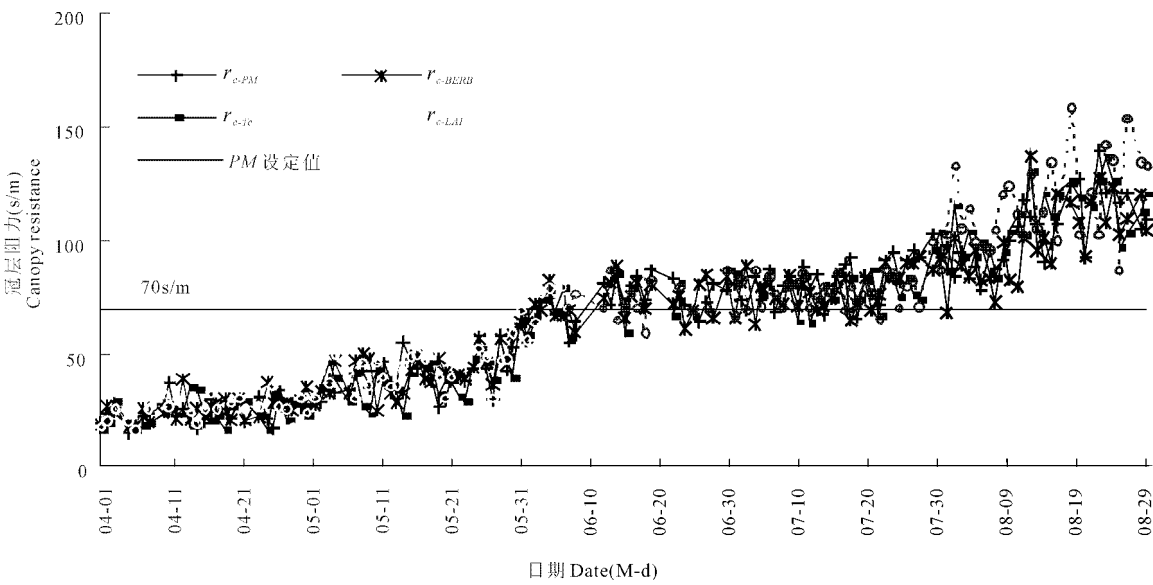


图 1 全生育期各公式计算的 r_c 变化曲线

Fig.1 Variation curves of r_c calculated by the fomulae in whole growth stage

表 2 各公式 r_c 计算值

Table 2 Calculated r_c for every fomulae

生育阶段 Period	r_{c-PM} (s/m)	r_{c-BERB} (s/m)	r_{c-T_c} (s/m)	r_{c-LAI} (s/m)	r_c 平均值(s/m)
生育初期 Early growth	24.10	25.34	23.69	26.87	25.00
发育期 Development	39.82	41.07	39.53	40.48	40.23
生育中期 Mid growth	75.59	73.28	68.69	74.56	73.03
生育末期 Late growth	104.43	100.01	108.37	126.25	109.77

图 1 可知,在参考作物(修剪苜蓿)的整个生育期内,四种方法所计算的冠层阻力并不是一个定值 70 s/m,计算值基本都围绕着 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m 上下波动。四种方法所得出的冠层阻力值大小变化比较稳定。表 2 可知,生育初期和发育期,4 月初到 5 月底(返青期~分枝期,分枝期~现蕾期), r_c 均低于 Penman-Monteith 设定设定的 70 s/m;生育中期,6 月初到 7 月底(即现蕾期~开花期), r_c 基本都比较接近 Penman-Monteith 公式设定

式中: $r_{s,u}$, $r_{s,m}$, $r_{s,b}$ 分别为冠层上、中、下 3 层测得的单叶气孔阻抗平均值(s/m); LAI_{eff} 为有效叶面积指数。设 LAI_{max} 为最大叶面积指数,当 $LAI \leq LAI_{max}/2$ 时, $LAI_{eff} = LAI$;当 $LAI > LAI_{max}/2$ 时, $LAI_{eff} = LAI_{max}/2$ 。

2 结果与分析

2.1 整个生育期内冠层阻力的变化规律

整个生育期内,根据以上介绍的四种估算冠层阻力的方法,以天(d)为计算尺度,对作物冠层阻力进行试验率定。结果见图 1 和表 2。

的 70 s/m;生育末期,8 月份以后(开花期~成熟期), r_c 均高于 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m。由此可以推断, Penman-Monteith 公式所设定的冠层阻力为 70 s/m,代表的是整个生育期的一个平均值。

生育初期,四种计算方法所得出的 r_c 均低于 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m,为整个生育期的最小值。冠层阻力分别为: $r_{c-PM} = 24.10$ s/m, $r_{c-BERB} = 25.34$ s/m, $r_{c-T_c} = 23.69$ s/m, $r_{c-LAI} = 26.87$ s/m。由图 1 可知,四种计算方法所得出的 r_c

值中 r_{c-LAI} 变幅较其它三种明显。这是由于在这个阶段的初期(4 月份)紫花苜蓿刚开始返青,植株生长缓慢,高度低于修剪高度 12 cm,个体较小,不能充分覆盖地面,土壤覆盖率小于 10%,植株间水分蒸发较大,所测得叶面积指数变幅较大。所以这一期间, r_{c-LAI} 变幅较其它三种明显。

发育期,四种计算方法所得出的 r_c 值较生育初期有所增加。冠层阻力分别为: $r_{c-PM}=39.82\text{ s/m}$, $r_{c-BERB}=41.07\text{ s/m}$, $r_{c-T_c}=39.53\text{ s/m}$, $r_{c-LAI}=40.48\text{ s/m}$ 。图 1 表明,紫花苜蓿发育期四种计算值差异较小,变幅也较一致。这一阶段随着气温的升高苜蓿开始分枝,逐渐成长起来,土壤覆盖率小于等于 70%~80%,所以紫花苜蓿的发育期四种计算方法所得的冠层阻力较生育初期有所增加并且差异较小。

生育中期,四种计算方法所得出的 r_c 值基本都比较接近 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m。冠层阻力分别为: $r_{c-PM}=75.59\text{ s/m}$, $r_{c-BERB}=73.28\text{ s/m}$, $r_{c-T_c}=68.69\text{ s/m}$, $r_{c-LAI}=74.56\text{ s/m}$ 。由于这个阶段平均气温高于 20℃,是热量条件较好的时期,也是紫花苜蓿生长最旺盛的时期。此时,植物蒸发蒸腾所需的日照,水,肥都比较充足,修剪高度都保持在 12 cm,所以四种计算方法所得出的 r_c 值都比较接近 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m,这也说明本试验对参考作物蒸发蒸腾量 (ET_0) 的实际测

定比较准确。

生育末期,四种计算方法所得出的 r_c 均高于 Penman-Monteith 公式设定的 70 s/m。冠层阻力分别为: $r_{c-PM}=104.43\text{ s/m}$, $r_{c-BERB}=100.01\text{ s/m}$, $r_{c-T_c}=108.37\text{ s/m}$, $r_{c-LAI}=126.25\text{ s/m}$ 。这说明随着生育期的延长,冠层阻力有增大的趋势。其中 r_{c-LAI} 变幅较大,且大于其它三种计算值。这是由于从 8 月份开始,紫花苜蓿生长逐渐停止直至枯黄割草,虽然高度保持在 12 cm,但是叶片枯黄衰落, LAI 降低,导致 r_{c-LAI} 值估算偏大。所以,在这一期间 r_{c-LAI} 没有其它三种稳定。

可见,全生育期四种方法所计算的冠层阻力值变化趋势基本一致,生育中期的试验条件及结果比较接近参考作物 (ET_0) 的设定条件。

2.2 冠层阻力日变化规律

分析修剪苜蓿在 6 月 14 日和 8 月 17 日的 r_c 日变化过程。分别采用波文比-能量平衡法(BREB)结合 Penman-Monteith 公式反推冠层阻力 r_{c-BERB} ;冠层温度和蒸发蒸腾量推算冠层阻力 r_{c-T_c} ;不同部位单叶气孔阻力和有效叶面积指数合成冠层阻力 r_{c-LAI} 这三种计算方法来研究冠层阻力的日变化规律(利用实测 ET_0 值结合 Penman-Monteith 公式反推冠层阻力时 ET_0 的实测值是每天早上 8:00 时测得,没有进行 ET_0 的日变化测量,因而本节不用此方法来研究冠层阻力日变化规律)。

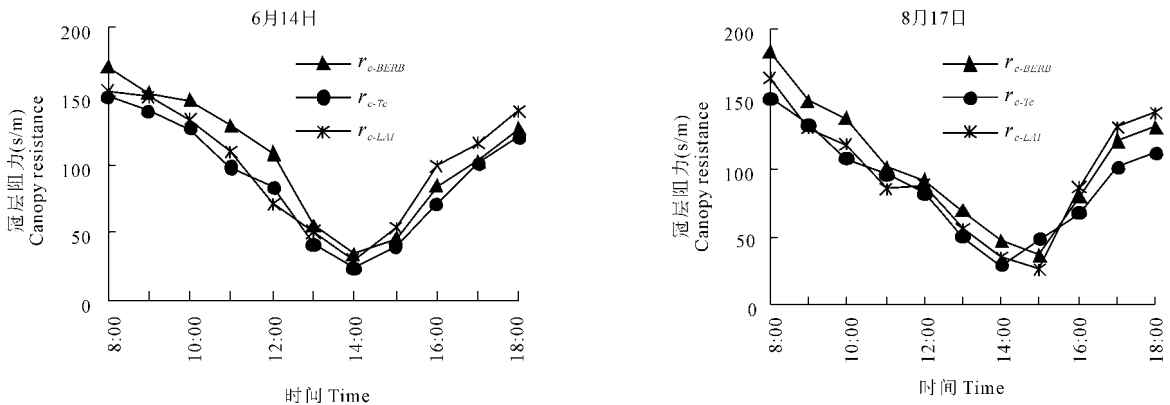


图 2 r_c 日变化曲线

Fig. 2 Daily variations of r_c

由图 2 可知,3 种计算方法得到的参考作物冠层阻力日变化趋势基本相同。早上 8:00 时左右达到最大值,之后逐渐减小,到中午 14:00 时、15:00 时左右降为最小,15:00 时以后冠层阻力开始升高,日落前后 18:00 时左右冠层阻力增大最为剧烈。3 种公式计算的日变化过程图形均呈“U”型,日变化的最大值普遍高于 100 s/m,最小值出现在中午。这与

有关研究结果相一致^[8]。Allen^[1]也证实了这一点。这是由于中午光强增强,气孔开度增加,冠层阻力减少;早晨及晚间,光强减弱,冠层中、下部叶片及叶片背光面气孔逐渐关闭导致气孔开始收缩,冠层阻力增大。

比较 3 种计算方法得到的冠层阻力值可以看出它们的日变化值大小不一。以波文比能量平衡法得

到的 r_{c-BREB} 为基准,由图2可知,①日变化 r_{c-BREB} 值均高于 r_{c-T_c} 值。原因为:白天波文比 $\beta > 0$, 并且由试验数据可知,当参考作物处于土壤水分饱和状态条件下冠气温差 ($T_c - T_a$) 基本呈现负值,即 $T_a >$

$$T_c, r_{c-BREB} - r_{c-T_c} = \frac{\Delta \beta}{\gamma} T_a + \frac{\rho C_p [e_a(T_a) - e_a(T_c)]}{LE}$$

> 0 , 所以有 $r_{c-BREB} > r_{c-T_c}$ 。②对比 r_{c-BREB} 和 r_{c-LAI} 可以看出,利用单叶气孔阻力结合作物群体叶面积指数的空间垂直分布计算所得冠层阻力 r_{c-LAI} 值表现出阶段性差异,14:00 时之前的 r_{c-LAI} 值均比 r_{c-BREB} 值略低,而在 14:00 时之后 r_{c-LAI} 值均高于 r_{c-BREB} 值。原因为:14:00 时之后随太阳辐射减弱,蒸腾速率减缓,气孔阻力增大,导致这一时期 r_{c-LAI} 值均高于 r_{c-BREB} 值。上述分析表明,各种公式计算的结果虽然有差异,但参考作物冠层阻力日变化趋势基本呈现“U”型,早晚较高,中午较低。

3 小 结

1) 在我国半湿润易旱杨凌地区,参考条件下苜蓿冠层阻力 r_c 随着作物生育期的延长,呈递增趋势。生育初期和发育期 r_c 小于 Penman-Monteith 设定值 70 s/m,生于中期 r_c 基本围绕在 70 s/m 上下波动,生育末期 r_c 高于 Penman-Monteith 设定值 70 s/m。

2) 参考条件下苜蓿冠层阻力日变化趋势呈现“U”型,最低点出现在中午,低于 50 s/m,最高点出现在早晨 8:00 时和傍晚 18:00 时,普遍高于 100 s/m。基于冠层温度推算的冠层阻力比基于波文比能量平衡法推算的偏低;采用单叶气孔阻力和 LAI 合成的冠层阻力 r_{c-LAI} 值受单叶气孔阻力测定和 LAI 的影响较大,叶片气孔阻力在中午 14:00 时后随太阳辐射减弱而增大,导致了在这一时期 r_{c-LAI} 值均高于 r_{c-BREB} 值。

3) 在我国半湿润易旱杨凌地区,经过试验验证,可知,Penman-Monteith 公式所设定的冠层阻力为 70 s/m,代表的是整个生育期的一个平均值。这使我们对 ET_0 计算公式设定条件有了一个新的认识。

本研究仅就紫花苜蓿冠层阻力在半湿润易旱杨凌地区的变化规律进行了初步探讨,由于试验结果的地区性以及试验期限较短,造成试验基础的薄弱以及局限性。本试验的结果仅为一个初步的探讨。研究工作还应在更多不同的气候区对连续几年的参考作物进行补充试验研究,以求得到更精确的试验结果。

参 考 文 献:

- [1] Allen R G, William O, Pruitt, et al. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ET_0 by the FAO 56 Penman-Monteith method [J]. *Agricultural Water Management*, 2005.
- [2] 苏春宏,陈亚新,张富仓,等. ET_0 计算公式设定条件下冠层阻力的实验率定研究[J]. *水利学报*, 2007, 10(增刊): 269—275.
- [3] Malek E, Bingham G E, Mc Curdy G D. Continuous measurement of aerodynamic and alfalfa canopy resistances using the Bowen ratio-energy balance and Penman-Monteith methods[J]. *Boundary Layer Meteorol*, 1992, 59: 187—194.
- [4] American Society of Civil Engineers. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation[R]. *Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers*, 2005.
- [5] 徐炳成,山 仑,黄占斌,等. 黄土丘陵区柳枝稷与白羊草光合生理生态特征的比较[J]. *中国草地*, 2003, 25(1): 1—4.
- [6] Idso S B, Jackson R D, Pinter P J, et al. Normalizing the stress degree day for environmental variability [J]. *Agricultural Meteorology*, 1981, 24: 45—55.
- [7] 赵 晨,罗 毅,袁国富,等. 作物水分胁迫指数与土壤含水量关系探讨[J]. *中国生态农业学报*, 2001, 9(1): 34—36.
- [8] Alves I, Perrier A, Pereira L S. Aerodynamic and surface resistances of complete cover crops: How good is the “big leaf”? [J]. *Transactions of the ASAE*, 1998, 41(2): 345—351.

Experimental study on alfalfa's canopy resistance and its variation under reference condition

QIANG Xiao-man^{1,2}, CAI Huan-jie¹, ZHOU Xin-guo², WANG Jian¹

(1. Key Laboratory for Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area of Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Farmland Irrigation Research Institute, CAAS, Xinxiang, He'nan 453003, China)

Abstract: Canopy resistance, an important parameter for calculation formula of reference crop evapotranspiration, has momentous significance for accurate calculation of reference crop evapotranspiration and diagnosing Crop-Water Stress. With the presumed conditions of ET_0 equation by FAO as a starting point, this article studies alfalfa's canopy resistance with measured data. The results show that the variation of canopy resistance increases with growth proceeding. The diurnal variation curve of canopy resistance takes the shape of “U”, whose minimum point appears at noon (lower than 50 s/m) and maximum point appears at 8:00 and 18:00 (higher than 100 s/m).

Keywords: reference crop evapotranspiration; canopy resistance; alfalfa