

黄土丘陵沟壑区乔灌木植物系数计算与适应性评价

吴元芝^{1,2,3}, 黄明斌^{1,2}, 韩世涛⁴

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中科院水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 4. 宁夏贺兰县气象局, 宁夏 贺兰 750200)

摘要: 利用长期定位试验资料, 研究了黄土高原丘陵沟壑区乔木和灌木植物系数的计算方法, 比较了两种代表性乔木(榆树和小叶杨)和两种代表性灌木(柠条和沙棘)的实际蒸散量和生育期土壤平均含水量的差异, 分析了土壤含水量变化对植物根系吸水和土壤水分有效性的影响。结果发现:该地区灌木的实际蒸散量小于乔木, 但同类植物的实际蒸散量没有显著差异;土壤含水量柠条最高, 沙棘最低;榆树植物系数最小, 柠条其次, 沙棘最大, 但榆树和小叶杨的土壤水分有效性高, 耗水量大, 所以灌木较适于该区生长。

关键词: 潜在蒸散; 实际蒸散; 植物系数; 黄土丘陵沟壑区

中图分类号: S 152.7⁺⁵ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0144-06

作物系数 (K_c), 是指一定时段内水分充分供应的农作物实际蒸散量 (ET_o) 与生长茂盛、覆盖均匀、高度一致 (8~15 cm)、土壤水分供应充足的开阔草地蒸散量的比值。Penman 将上述草地的蒸散量定义为潜在蒸散量 (PET), 并给出了详细的计算公式 (Penman 公式)。Penman 公式提出后, 在世界各地得到广泛应用, 并被不断修改和完善, 作物系数也因此成为计算大田作物需水量的重要参数, 被大量研究和应用。到目前为止, 已有 73 种植物的 K_c 值及其在生育期的变化规律被报道^[1], 成为指导农田灌溉的有用工具。

20 世纪 90 年代以后, 随着经济、社会和生态环境可持续发展研究的不断深入, 生态用水研究逐步受到重视。尤其是我国西北地区, 水资源短缺, 国民经济需水与生态环境需水成为水资源开发利用的焦点。植被生态需水量常采用参考植物的潜在蒸散量和作物系数来计算, 因此有必要将作物系数的概念扩展到整个植物系统, 定义为植物系数 (K_p)。

用植物系数和潜在蒸散量计算植被生态需水量的方法虽有报道^[2~4], 但是对多年生乔、灌木的植物系数研究较少, 远不能满足复杂生态系统生态需水量的计算要求, 特别是在黄土高原地区。为此, 本文将考虑黄土高原丘陵沟壑区植被分布的实际情况, 选择 4 种代表性植物, 利用修正 Penman 公式计算潜在蒸散量, 利用水量平衡公式计算实际蒸散量, 并考虑土壤含水量对植物生长的限制作用, 计算 4 种植物的 K_p 值, 研究结果对于准确计算黄土高原

丘陵沟壑区典型植被的生态需水量有重要意义, 同时也可作为选择耐旱、低耗水植物品种的参考。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

试验区位于黄土高原西部丘陵沟壑区, 海拔 1 650~1 850 m, 东经 105°58'~106°57', 北纬 35°34'~36°38', 面积 10 413.75 km², 是黄土高原水土流失重点地区之一。该区年均气温 6°C~7°C, ≥10°C 积温 2 100°C~3 200°C, 平均年降雨量 429 mm (1985~2005 年), 其中 7~9 月降水量占年降水量的 65%~75%, 年潜在蒸散量 1 330~1 640 mm。试验地土壤是黄绵土, 其颗粒组成和主要水分参数如表 1 所示。植被类型是森林草原向典型草原的过渡型, 主要以草灌为主。另外, 受六盘山体垂直带的影响, 温带针叶林 [如油松林 (*Pinus tabulaeformis*) 和华山松林 (*Pinus armandii*)]、温带落叶阔叶林如辽东栎林 (*Quercus liaotungensis*)、山杨林 (*Populus davidiana*) 等) 和温带落叶阔叶灌丛 [如沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、山桃 (*Prunus davidiana*) 等] 在该区也有分布, 植物生长期为 5~10 月。

1.2 试验方法

本试验于 1985~2005 年在中国科学院水利部水土保持研究所固原生态试验站进行, 研究对象有榆树 (*Ulmaceae propinqua*)、小叶杨 (*Populus simonii*)、柠条 (*Caragana korshinskii*) 和沙棘, 这 4 种植物在黄土高原丘陵沟壑区有广泛分布, 是该区代表

收稿日期: 2007-07-20

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET); 国家自然科学基金 (40471062)

作者简介: 吴元芝 (1982-), 女, 山东济南人, 硕士研究生, 主要从事生态水文研究。E-mail: wyzrendong@tom.com

性乔木和灌木。

4 种植被类型都建有径流小区,面积 20 m × 10 m,径流桶收集降水流量,雨量筒观测次降水量。采用人工土钻取土烘干法测定土壤含水量,生育期 5~10 月每月测定 1 次,三次重复取平均值。测定

深度 0~500cm,其中 0~100cm 土层每隔 10cm 采集土样,100~500cm 土层每隔 20cm 采集土样,考虑深度和含水量的变化计算剖面平均含水量,并计算土壤剖面储水量,部分观测资料见文献 [5]。

表 1 土壤颗粒组成及主要水分参数

Fig. 1 Partide size distribution and important water parameters of the soil

土壤颗粒组成 (%) Soil partide size distribution						质地 Text ure	容重 Bulk density (g/cm ³)	凋萎含水量 Wilting coefficient (cm ³ /cm ³)	田间持水量 Field capacity (cm ³ /cm ³)
1~ 0.25 mm	0.25~ 0.05 mm	0.05~ 0.01 mm	0.01~ 0.005 mm	0.005~ 0.001 mm	<0.001 mm				
0.6	14.9	58.6	6.9	8.5	10.5	壤土 Loam soil	1.25	0.079	0.268

忽略深层渗漏与毛管上升水,生育期实际蒸散量用如下水量平衡方程计算:

$$ET_a = P - R + (\Delta S_5 - \Delta S_{10}) \quad (1)$$

式中,ET_a 为生育期实际蒸散量(mm);P 为生育期降水量(mm);R 为生育期降雨产流量,在黄土高原丘陵沟壑区林地土壤几乎可使全部降雨就地入渗^[9],因此可将产流量忽略;ΔS₅、ΔS₁₀ 分别为生育期初(5 月)和生育期末(10 月)剖面土壤储水量(mm)。

利用修正的 Penman 公式计算 PET 所需要的气象资料来源于固原市气象局,包括月平均气温、平均相对湿度、平均水汽压、平均风速和平均实际日照时数。

2 植物系数 K_p 的计算

2.1 潜在蒸散量 (PET) 的计算

目前,计算潜在蒸散量的公式有很多,本文采用修改后的 Penman 公式计算 PET,时间步长为月。修正的 Penman 公式^[7]的表达式如下:

$$PET = \frac{(\frac{P_0}{P})(\frac{\Delta}{\gamma})\frac{1}{L}(R_n - G) + E_a}{(\frac{P_0}{P})(\frac{\Delta}{\gamma}) + 1.0} \quad (2)$$

式中,PET 为参考植物潜在蒸散量(mm/d);Δ 为饱和水汽压与温度曲线的斜率(kPa/°C);R_n 为植物冠层表面净辐射[MJ/(m²·d)];G 为土壤热通量[MJ/(m²·d)];γ 为干湿表常数(kPa/°C);L 为蒸发潜热(2.45 × 10³ MJ/m³);E_a 为干燥力(mm/d);P₀ 为海平面大气压强(kPa);P 为计算地点大气压强(kPa)。

其中:

$$R_n = R_a(1-r)(a' + b' \frac{n}{N}) - \delta T^4 (0.56 - 0.079$$

$$\sqrt{e_a})(0.1 + 0.9 \frac{n}{N}) \quad (3)$$

式中,R_a 为天文辐射[MJ/(m²·d)];r 为地表反射系数;n 为实际日照时数(h);N 为最大可能日照时数(h);δ 为斯蒂芬-玻尔兹曼常数 等于 4.903 × 10⁻⁹ MJ/(K⁴·m²·d);e_a 为实际水汽压(hPa);T_k 为绝对温度(K);a'、b' 是根据日照时数估算太阳总辐射的系数,分别取 0.255、0.525^[9]。天文辐射和最大可能日照时数来自于联合国粮农组织的公布的资料^[1]。

一般逐时、逐旬计算时段潜在蒸散量时土壤热通量可以忽略不计,但是以月为时段计算时,特别是当地温随季节变化时,土壤热通量相对于净辐射 R_n 值较大,不能予以忽略,可用以下公式计算^{1,9}:

$$G = 0.07(T_{month,i+1} - T_{month,i-1}) \quad (4)$$

式中,T_{month,i+1} 为第 i + 1 月平均温度(°C);T_{month,i-1} 为第 i - 1 月平均温度(°C)。

$$E_a = 0.26(e_s - e_a)(1 + \alpha \cdot u_2) \quad (5)$$

式中,e_s 为饱和水汽压(hPa);e_a 为实际水汽压(hPa);α 为风速修正系数(0.54);u₂ 为 2 m 高处平均风速(m/s),可按气象站风标处风速乘以 0.75 得到。

$$\Delta = \frac{4098 \left[0.6108 \exp \left(\frac{17.27T}{237.3 + T} \right) \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (6)$$

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} P \quad (7)$$

$$P = 101.3 \left[\frac{293 - 0.0065Z}{293} \right]^{5.26} \quad (8)$$

式中,T 为摄氏温度(°C);Z 为海拔高度(m)。

2.2 实际蒸散量 (ET_a) 的计算

考虑到土壤供水状况和植物本身性状对实际蒸散的影响,在由潜在蒸散量估算实际蒸散量时常用如下公式^{7,19}:

$$ET_a = K_p \cdot f(\theta) \cdot PET \quad (9)$$

式中, K_p 为植物系数; $f(\theta)$ 为土壤水分限制因子; θ 为土壤体积含水量(cm^3/cm^3)。

在农田中, 水分限制因子与土壤有效含水量关系密切, 计算常采用经验函数^[7,10~13], 常用函数形式有线性关系^[7,13] 和非线性关系^[10~13]。鉴于乔木和灌木的凋萎湿度显著区别于农作物, 而且很少有研究结果报道, 故本文选择如下水分修正函数:

$$f(\theta) = \begin{cases} (\frac{\theta}{\theta_c})^c & (\theta < \theta_c) \\ 1 & (\theta \geq \theta_c) \end{cases} \quad (10)$$

式中, θ_c 为田间持水量(cm^3/cm^3); c 为拟合参数。由式(10)可知, 当根系层土壤平均含水量大于或者等于田间持水量时, $f(\theta) = 1$, 植物生长不受水分限制。

2.3 植物系数的计算

结合公式(9)和(10), 利用一系列实测土壤含水量、植物生育期实际蒸散量和计算的参考植物潜在蒸散量的资料, 采用多元回归分析的方法, 可求得植物系数 K_p 和参数 c 。本研究中, 由于未考虑植物叶面积(LAI)在生育期内的变化, 计算的 K_p 值是相应植物全生育期内的平均值。 K_p 在植物生育期内的变化有待进一步研究。

3 结果与讨论

3.1 4种植物生育期实际蒸散量和平均土壤含水量的年际变化

根据公式(9)可知, 特定植物生育期内实际蒸散量主要受大气蒸发能力(潜在蒸散量)和土壤含水量的影响, 在干旱的黄土丘陵沟壑区, 植物生育期内的潜在蒸散量数倍于实际蒸散量(表2、图1a和图1b), 潜在蒸散量大时植物实际蒸散反而小, 大气蒸

发能力不是影响植物实际蒸散量的决定因素, 图1中实际蒸散量的升降与降水量的波动一致, 说明实际蒸散量取决于降水量。该区无灌溉、无地下水补给, 年际降水量的丰欠决定了土壤含水量的高低, 所以植物的实际蒸散量主要受土壤含水量的制约。

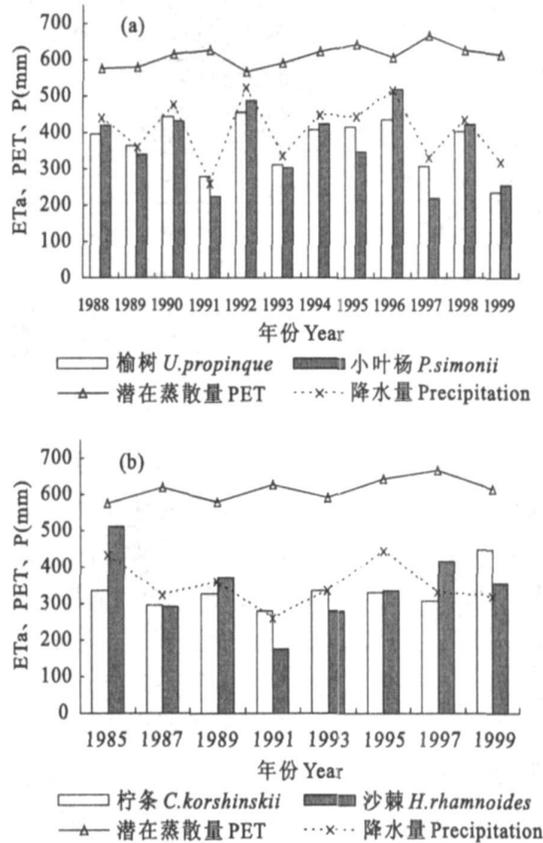


图 1 4种植物生育期实际蒸散量与降水量、潜在蒸散量的对照

Fig. 1 Actual evapotranspiration, precipitation and potential evapotranspiration during the growing season of four kinds of plants

表 2 生育期内降雨量与潜在蒸散量历年变化情况 (mm)

Table 2 Annual variation of the precipitation during the growing season and the potential evapotranspiration

年份 Year	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
降雨量 Precipitation	432.1	300.2	324.6	438.6	358.3	475.3	259.7	521.5	335.3	447.4	443.2	514.9	332.0	433.7	319.1
潜在蒸散量 Potential evapotranspiration	572.5	611.7	618.7	573.9	578.8	615.8	626.8	565.4	589.1	624.1	640.7	605.5	664.7	624.5	612.5

由图1可以看出, 受降水量波动的影响, 4种植物生育期的实际蒸散量年际变化较大。以榆树为例, 1999年生育期实际蒸散量只有236.1 mm, 同期降水量为319.1 mm; 1992年生育期实际蒸散量是454.9 mm, 同期降水量是521.5 mm。对于乔木, 在整个试验期内, 小叶杨生育期平均实际蒸散量是366.2 mm, 榆树是370.7 mm, 经 T 检验证实二者

实际蒸散量无显著差异($P > 0.05$); 对于灌木, 在整个试验期, 柠条生育期平均实际蒸散量是332.4 mm, 沙棘是341.6 mm, 同样经 T 检验证实二者也无显著性差异($P > 0.05$)。然而, 乔木和灌木比较, 乔木的实际蒸散量明显大于灌木。另外, 4种植物实际蒸散量年际变化: 柠条 < 榆树 < 小叶杨 < 沙棘, 变异系数分别为: 0.15 0.19 0.27 0.29, 说明柠条

受降雨的影响最小,沙棘受降雨的影响最大。

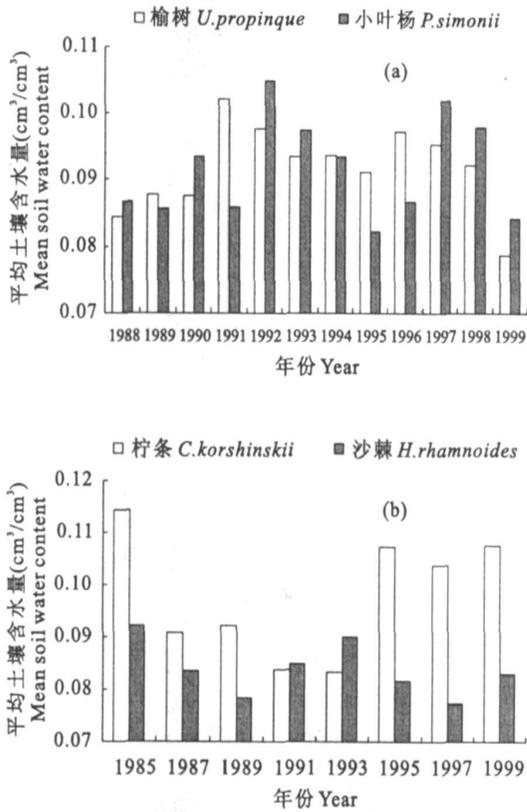


图 2 4 种植物生育期土壤平均含水量历年变化
Fig. 2 Annual variation of mean soil water content of four kinds of plants

由图 2 可以看出,试区乔、灌木生育期土壤平均含水量普遍偏低,不足田间持水量的 50%,个别植物个别年份甚至低于凋萎湿度(0.079 m³/m³),过低的土壤含水量限制了植物根系吸收水分,从而限

制植物蒸腾和植物正常生长。在整个试验期内,榆树生育期的平均土壤含水量是 0.092 m³/m³,小叶杨是 0.092 m³/m³,柠条是 0.098 m³/m³,沙棘是 0.084 m³/m³。相比较而言,沙棘更能充分利用土壤储水,有较强的抗旱能力,柠条耗水量少,根系生长有较好水分环境。因此,在以草灌为主的干旱地区,植被恢复应该选择抗旱能力强、耗水量低的灌木。

3.2 4 种代表性植物的植物系数

植物系数的计算结果见表 3,4 种植物中,榆树的植物系数最小(0.9189),其次是柠条(0.9389),沙棘的植物系数最大(1.1346)。因而,在相同的气候和适宜的土壤含水量条件下,沙棘生育期的蒸散量最大,榆树最小;而前面分析知道在相同的大气蒸发力和降水条件下,柠条耗水量最少,土壤含水量最高,而榆树耗水量最大,含水量中等,所以在 4 种植物中,柠条最适宜该区生长。沙棘的土壤含水量最低,实际蒸散量较柠条多,但较乔木少,说明水分明显限制了沙棘的蒸散。因此植物系数大小并不能完全说明植物耗水特性,必须考虑土壤水分的限制性。

植物系数,是植物水分生理特性(如气孔导度、根系吸水特性等)和植物生态特性(如叶面积形状、大小及冠层密度等)的宏观反映^[4],体现了植物对环境适应能力,即植物在干旱胁迫条件下,可通过气孔调节、叶片的大小、数量和形状等调节,减少蒸腾耗水,增加抗逆能力。因此,植物系数可用作植物抗旱能力的评价指标,但还须考虑土壤水分对其限制作用。

表 3 4 种植物的 K_p 值计算结果

Table 3 Calculating results of the K_p of four kinds of plants

植物种类 Plant species	样本 Samples	植物系数 K _p Plant coefficients	<i>c</i>	均方根误差 Mean square root	显著水平 Marked levels
榆树 <i>Ulmaceae propinque</i>	12	0.9189	0.3900	80.8734	<i>P</i> <0.0001
小叶杨 <i>Populus simonii</i>	12	0.9601	0.4452	114.1100	<i>P</i> <0.0001
柠条 <i>Caragana korshinskii</i>	7	0.9389	0.5472	56.5668	<i>P</i> <0.0001
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	7	1.1346	0.6140	113.6543	<i>P</i> =0.0005

3.3 土壤水分对植物根系吸水的影响

水分修正函数 公式(10) 可以反映土壤水分对植物生长的有效性和对根系吸水的限制作用。当土壤含水量大于田间持水量时,*f*(θ) = 1,植物根系吸水不受水分限制,土壤含水量对植物同等有效;而

当含水量小于田间持水量后,*f*(θ) < 1,土壤含水量限制根系吸水,土壤水分对植物的有效性随含水量的降低而下降,但下降幅度主要取决于植物根系吸水特性,体现在*c* 值的大小上。不同植物对应的*c* 值见表 3,*f*(θ) 变化形式见图 3。由图 3 可见,随着含水

量的降低土壤水分对植物的有效性下降,根系吸水难度增大;土壤水分对植物的差异:沙棘 > 柠条 > 榆树 > 小叶杨,但 4 种植物间的差异并不十分明显 (SPSS 显著性检验 $P > 0.05$)。这说明在相同含水量条件下,土壤水分对植物生长的影响几乎相同,植物耗水特性的差异主要取决于植物系数的大小。但在黄土丘陵沟壑区土壤长期处于低水分含量条件下,乔木耗水量大于灌木,易加剧土壤干旱,所以灌木更适于该区生长。

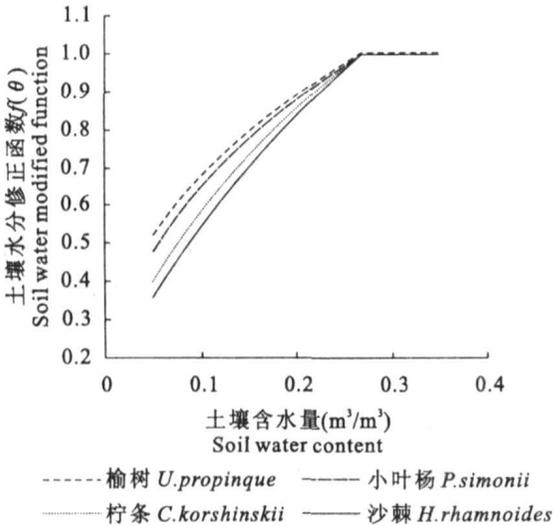


图 3 4 种植物土壤水分修正函数

Fig. 3 Soil water modified function of four kinds of plants

4 结 论

本文利用长期定位试验资料和计算的潜在蒸散量,研究了黄土高原西部丘陵沟壑区 4 种代表性植物的蒸散耗水特性和土壤含水量的演变,计算了 4 种植物的植物系数,分析了土壤水分对植物根系吸水的影响与有效性,结果发现同种类型的植物间(如乔木和乔木、灌木和灌木比较)生育期实际蒸散量没有显著差异,不同类型植物间(乔木与灌木比较)实际蒸散量差异较大,在干旱的黄土丘陵沟壑区,灌木的实际蒸散量小于乔木。柠条土壤含水量高,耗水量低,适于该区生长。比较 4 种植物的植物系数,发现植物系数:榆树 < 柠条 < 小叶杨 < 沙棘,随着土壤含水量下降,根系吸水速率与土壤水分对植物的有

效性都逐渐下降,但植物间没有显著差异。但对于黄土丘陵沟壑区,灌木较乔木利于土壤水分的保持,适于该区生长。上述研究结果可用于评价 4 种植物对干旱环境的适应能力,植物系数的计算方法可用于研究多年生植物生态需水量,为黄土高原丘陵沟壑区植被恢复与抗旱植物品种的选择提供科学依据。但是本文植物系数的计算忽略了植物生长过程叶面积指数的变化和不同植物间叶面积指数的差异,只反映了特殊环境条件植物生长过程中的一般情况,因此植物系数的研究尚需进一步深入探讨。

参 考 文 献:

- [1] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements [A]. FAO. Irrigation and Drainage Paper No. 56 [C]. Rome: FAO, 1998.
- [2] 陈丽华,王礼先.北京市生态用水分类及森林植被生态用水定额的确定[J].水土保持研究,2001,8(4):161-164.
- [3] 何永涛,李文华,李贵才,等.黄土高原地区森林植被生态需水研究[J].环境科学,2004,25(3):35-39.
- [4] 何永涛,闵庆文,李文华,等.森林植被生态需水量的确定和计算——以泾河流域为例[J].水土保持学报,2004,18(6):152-155.
- [5] 程积民,万慧娥.中国黄土高原植被建设与水土保持[M].北京:中国林业出版社,2002.208-340.
- [6] 刘贤赵,黄明斌.黄土丘陵沟壑区森林土壤水文行为及其对河川径流的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(2):72-75.
- [7] 雷志栋,杨诗秀,谢森传.土壤水动力学[M].北京:清华大学出版社,1998.185-214.
- [8] 钱允祺.农业气象学[M].西安:世界图书出版公司,1997.55.
- [9] 赵勇,王玉坤,多岩松.作物腾发量计算中的一些问题的探讨[J].南水北调与水利科技,2005,3(1):57-59.
- [10] 康绍忠,邵明安.作物蒸发蒸腾量的计算方法研究[A].西北水土保持研究所集刊编委.中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊(SPAC 中水分运行与模拟研究专集)[C].西安:陕西科学技术出版社,1991,13:66-74.
- [11] 罗毅,雷志栋,杨诗秀.根系层储水量对随机腾发响应特性的初步分析[J].水利学报,1998,(5):44-48.
- [12] 欧阳竹,罗毅,盖广明,等.一个预测冬小麦根系层储水量的概念性模型[J].地理科学进展,2002,21(6):593-599.
- [13] 胡庆芳,尚松浩,田俊武,等.FAO 56 计算水分胁迫系数的方法在田间水量平衡分析中的应用[J].农业工程学报,2006,22(5):40-43.
- [14] 雷志栋,罗毅,杨诗秀,等.利用常规气象资料模拟计算作物系数的探讨[J].农业工程学报,1999,15(3):119-122.

Plant coefficients calculation and adaptability evaluation of arbors and shrubs in the gully hilly region of Loess Plateau

WU Yuan zhi^{1,2,3}, HUANG Ming bin^{1,2}, HAN Shi tao⁴

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;

4. Meteorological Bureau of Helan Country in Ningxia Municipality, Helan, Ningxia 750200, China)

Abstract: Using the data getting from long term experiments in situ, the calculating method of plant coefficients for arbors and shrubs in gully hilly region of the Loess Plateau was studied in this paper, the actual evapotranspirations and mean soil water contents during the growing season for two representative arbors (*Ulmaceae propinque* and *Populus simonii*) and two representative shrubs (*Caraganna korshinskii* and *Hippophae rhamnoides*) were compared, and the impacts of soil water content fluctuations on plant roots absorbing soil water and soil water availability were analyzed. The results showed that, in this experimental region, the actual evapotranspirations of shrubs are less than that of arbors while there are no obvious differences between the same plant types. The plant coefficient of *Ulmaceae propinque* was the minimum among the studied plants, *Caraganna korshinskii*'s was the second and *Hippophae rhamnoides*'s was the maximum. The soil water availability to the four plants had no notable distinction. But both the plant coefficients and soil water restriction should be considered in calculation of vegetation ecological water requirement and selection of drought resistant plant variety in arid area.

Key words: potential evapotranspiration; actual evapotranspiration; plant coefficient; gully hilly region of the Loess Plateau

(上接第 133 页)

Study on allocation model of Shiyang River basin

WANG Xiao jun¹, CAI Huan jie^{1*}, ZHANG Xin¹, ZHANG Tong ze², WANG Jian¹, CHU Jian hua²

(1. College of Water Resources and Architecture Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Wuwei Hydraulic Engineering Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: According to the dynamic characteristics of water rights and the conditions of Shiyang River basin, the evolution of water rights is divided into historical water rights, present water rights and future water rights. By analyzing the formation of historical water rights, this paper used AHP method, combined with the principles of index screening and built an initial water rights allocation model in Shiyang river basin. The model involved many aspects such as society, economy, resources, technology, management etc. We developed a semi structure, multi layer and multi object index system of Shiyang River basin water rights allocation. The results from the model are approximately consistent with the distribution amount of Water by the Gansu Water Conservancy Department in 2005; it is feasible to allocate initial water rights of Shiyang river basin. Therefore, we use the model again, with the predicted results of indexes in Shiyang River basin in 2010, through the method of expert estimation, we can get future water rights allocation proportion and the distribution amount, this can be used as a guidance for basin sustainable development.

Key words: water resource; Shiyang River basin; initial water right allocation; AHP; evolution of water rights