

黄家二岔小流域不同树种蒸腾作用研究

贾志清¹, 孙保平², 刘涛¹, 李昌哲¹

(1. 中国林业科学院林业研究所, 北京 100091; 2. 北京林业大学水土保持学院 100083)

摘要: 在测定分析黄家二岔小流域内不同林种蒸腾强度日变化、季节变化特征的基础上, 研究并建立了光照、气温、相对湿度、风速和地温等环境因子对蒸腾作用影响的回归模型。结果表明: 该地区落叶松和刺槐林生长季节的蒸腾耗水量是同期降雨量的 107.9% ~ 119.5%, 土壤的降水输入量不能满足灌乔木林地的蒸腾消耗, 从而影响其正常生长。柠条、沙棘等灌木树种, 其蒸腾耗水量占同期降雨量的 61.66% ~ 66.1%, 土壤的降水输入量能满足灌木林地的蒸腾消耗。

关键词: 黄土丘陵沟壑区 树种 蒸腾作用

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)05-0012-04 中图分类号: Q945.172

Transpiration of Different Tree Species at Small Watershed of Huangjiaercha In Xiji County of Ningxia Province

JIA Zhi-qing¹, SUN Bao-ping², LIU Tao¹, LI Chang-zhe¹

(1. Institute of Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091, PRC;

2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, PRC)

Abstract The of daily variation and the seasonal variation of transpiration intensity of different trees are analyzed. The regression model that explains the influence of illumination, air temperature, relative humidity, wind velocity and ground temperature on trees transpiration is set up. The results indicated that the water consumption for trees transpiration in the growth season of larch and locust is 107.9% ~ 119.5% of the same term rainfall, the imported precipitation of the soil can not satisfy the needs of the consumption of the arbor, and hold up their normal growth. The water consumption for the transpiration of *Caragana Korshinskii* and *Hippophae rhemnoides* is 61.66% ~ 66.1% of rainfall in the same term, the imported precipitation of the soil can satisfy the needs of the consumption of shrub forest land.

Keywords loess hilly region; tree species; transpiration

植物蒸腾是土壤水分经植物吸收后, 由植物体的叶面气孔和林木树皮皮孔输送到大气过程, 是植物生理特征的主要指标, 也是植物体内水分平衡的主要环节。植物为了调节体内生理机制, 适应变化着的环境而进行蒸腾作用。植物蒸腾作用可使大量水分经植物根部吸收而向大气扩散, 使土壤中水分减少, 地下水位降低, 也可减少土壤表面的水分蒸发, 缩小植物叶肉细胞内水饱和和差与大气饱和差之间的梯度, 缓解植物水分的缺乏, 保证植物体内水分的有效利用。在干旱半干旱的黄土丘陵沟壑区, 水分是植物林种分布和生产力的主要因素之一, 因此, 研究不同林种体内的水分变化(不同林种的蒸腾和蒸腾耗水量特征)具有重要的水

收稿日期: 1999-03-18

资助项目: “八五”国家攻关课题: 西吉丘陵沟壑区小流域综合治理与农业生态经济系统开发研究

作者简介: 贾志清, 女, 1968年生, 汉族, 北京市, 副研究员, 博士, 1996年毕业于北京林业大学, 研究方向为水土保持与土地荒漠化

文学和生态学意义,可为选择抗旱造林树种,尽快恢复植被提供科学的依据

黄家二岔小流域位于宁夏西吉县的西部,面积 5.7 km^2 。地貌属黄土丘陵沟壑区;多年平均降雨量 402.2 mm ,降水年际差异较大;多年平均气温 5.8°C ,属于半干旱气候。长期以来一直作为黄土高原综合治理典型试验示范区。

1 试验方法

1.1 蒸腾观测

在流域内选取不同树种(柠条、刺槐、沙棘、落叶松、云杉)进行了蒸腾观测。每种树种间隔 10 d 测 1 次,每次从 7 h 到 19 h,每隔 2 h 测 1 次,每次 3 个重复。测定采用“快速称重法”,即剪下枝后立即称重,然后间隔 3 min,再第 2 次称重,然后把叶立即去掉,将枝条称重(表 1)。与此同时测定了有关的气象数据^[1]。

$$\text{蒸腾强度计算公式为: } T_r = \frac{(a - b) \times 20}{(a - c)}$$

式中: T_r ——蒸腾强度(即 1 g 鲜叶在 1 h 内蒸腾消耗水分的克数); a ——第 1 次所称重量;
 b ——第 2 次所称重量; c ——第 3 次所称重量; $(a - b)$ ——蒸腾耗水量; $(a - c)$ ——鲜叶重量。

表 1 不同树种、叶量月动态变化 g/m^2

| 植 被 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 柠条(阴) | 26.06 | 89.49 | 155.02 | 187.89 | 190.91 |
| 沙棘(阴) | 39.75 | 145.88 | 214.19 | 267.45 | 275.41 |
| 刺槐(阴) | - | 133.40 | 289.35 | 348.29 | 348.29 |
| 刺槐(阳) | - | 145.23 | 265.30 | 345.14 | 345.18 |
| 云杉(阴) | 82.80 | 169.34 | 282.38 | 282.38 | 282.38 |
| 落叶松(阴) | 165.23 | 387.02 | 464.15 | 464.15 | 514.02 |

1.2 林分调查

根据选择标准地的原则,我们在小流域内选择了 6 块标准地。这 6 块标准地基本包括了现有林种。每块标准地采用 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 的样方。在选定标准地内对植物种、植物生长情况、地上地下生物量等进行了详细的调查和测定,最后选一棵代表树进行叶量测定。

2 结果与分析

2.1 蒸腾强度日变化特征

根据测定结果,我们得出了不同树种的蒸腾强度典型日变化曲线,从这些曲线中我们得出,不同树种蒸腾强度日变化的共同规律是:清晨较小,随着气温、光照等的升高,蒸腾强度逐渐增大,至 13 点时达当日蒸腾强度最高值(有时最高值出现在 11 点),下午随着气温下降,光照减弱,蒸腾强度又逐渐降低,整个日变化曲线为单峰。

2.2 蒸腾强度季节性变化特征

从表 1、表 2 及图 1 可以看出除阳坡刺槐外,所有树种蒸腾强度均在 8 月份达最高值,该月正值林木结实成熟期,因营养和生殖生长较迅速,需水量大,所以蒸腾强度较高。阳坡刺槐在 7 月份达峰值与其林龄及所处立地条件等有关。沙棘在整个生长季节出现 2 次峰值,第 1 次出现在 5 月份,第 2 次出现在 8 月份,这与沙棘的生物学特性有关。

2.3 环境因子对蒸腾强度的影响

为了研究光照、气温、相对湿度、风速和地温等环境因子对蒸腾作用的影响,我们把蒸腾强度与上述诸因子进行了多元回归分析,发现蒸腾强度的日变化规律与光照、气温、地温、湿度、风速的变化有显著相关作用,复相关系数达到了显著性水平,并符合:

$$Y = B_0 X_1^{B_1} \cdot X_2^{B_2} \cdot X_3^{B_3} \cdot X_4^{B_4} \cdot X_5^{B_5}$$

不同树种的回归方程 复相关系及 F 显著性检验见表 3, 其显著性 F 皆大于 $F_a 0.10$

表 2 植被蒸腾耗水量占同期降雨量百分比

%

| 植 被 | 占同期降雨量 | 植 被 | 占同期降雨量 | 植 被 | 占同期降雨量 |
|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 柠条(阴) | 61.66 | 沙棘(阴) | 66.1 | 刺槐(阴) | 118.7 |
| 刺槐(阳) | 107.9 | 云杉(阴) | 32.3 | 落叶松(阴) | 119.5 |

表 3 坡地不同树种蒸腾回归模型

| 植 被 | 坡向 | 坡位 | 蒸腾回归模型 | 复相关系数 | F 检验 |
|-----|----|----|---|--------------|--------|
| 落叶松 | 阴坡 | 坡中 | $Y = 0.0480X_1^{-0.8418} X_2^{-0.014} X_3^{-0.2435} X_4^{0.9872} X_5^{0.5000}$ | $R = 0.8547$ | 41.22 |
| 云 杉 | 阴坡 | 坡上 | $Y = 0.0210X_1^{-0.5081} X_2^{-0.051} X_3^{-0.9141} X_4^{0.8880} X_5^{0.4714}$ | $R = 0.8007$ | 28.95 |
| 柠 条 | 阴坡 | 坡中 | $Y = 0.0076X_1^{-0.0912} X_2^{-0.0884} X_3^{-0.1752} X_4^{0.1820} X_5^{0.8092}$ | $R = 0.8201$ | 24.33 |
| 沙 棘 | 阴坡 | 坡中 | $Y = 0.0350X_1^{-0.0506} X_2^{-0.007} X_3^{-0.1168} X_4^{0.1268} X_5^{0.6628}$ | $R = 0.8597$ | 51.04 |
| 刺 槐 | 阴坡 | 坡中 | $Y = 0.0095X_1^{-0.2055} X_2^{-0.358} X_3^{-0.3268} X_4^{0.0788} X_5^{0.5849}$ | $R = 0.8354$ | 31.90 |
| 刺 槐 | 阳坡 | 坡中 | $Y = 0.0096X_1^{-0.1602} X_2^{-0.1208} X_3^{-0.2093} X_4^{0.4154} X_5^{0.3186}$ | $R = 0.8148$ | 27.98 |

注: X_1 —地温; X_2 —风速; X_3 —气温; X_4 —湿度; X_5 —光照(照度)

为了便于分析, 我们进一步对各气象因子进行了逐步回归分析, 结果如下:

$$\text{落叶松: } Y = -0.08993X_1^{-0.01171} \cdot X_4^{0.03729} \cdot X_5^{0.715} \quad R = 0.738$$

$$\text{云 杉: } Y = -0.1552X_1^{0.01653} \cdot X_4^{0.00041} \quad R = 0.734$$

$$\text{柠 条: } Y = -0.22612X_1^{-0.085} \cdot X_4^{0.01347} \cdot X_5^{0.0009} \quad R = 0.766$$

$$\text{沙 棘: } Y = -0.03587X_4^{0.01333} \cdot X_5^{0.00068} \quad R = 0.870$$

$$\text{阴刺槐: } Y = -0.16735X_1^{-0.0973} \cdot X_3^{0.01565} \cdot X_5^{0.00073} \quad R = 0.849$$

$$\text{阳刺槐: } Y = 0.03472X_2^{0.11242} \cdot X_3^{0.01854} \cdot X_5^{0.00025} \quad R = 0.727$$

2.4 蒸腾耗水量分析

2.4.1 蒸腾耗水量计算方法 蒸腾耗水量是植物消耗水分的多少, 它是水分平衡中水分输出的重要指标, 是蒸腾时间的函数, 其计算公式为: $E_w = E_x \cdot W_x \cdot T_x \cdot 10^{-3}$

式中: E_w —月蒸腾耗水量 (mm); E_x —蒸腾强度 ($g/g^\circ h$); W_x —叶量 (g/m^2); T_x —蒸腾时间 (h), 扣除降雨时间。

2.4.2 蒸腾耗水量分析 从表 2 及图 2 可以看出: 林种不同, 蒸腾耗水量的季节变化趋势也不同, 但是它们却有 1 个共同特征: 在整个生长季中, 生长初期, 由于叶量小, 气温较低, 蒸腾强度也较小, 故通过蒸腾散失的水分也较少, 随着植株的增长, 叶量增加, 蒸腾失水也随之增大, 各树种均在 8 月份达蒸腾耗水量峰值, 此时期各树种叶量达高值, 加之蒸腾强度也较大, 蒸腾耗水量也较高。整个生长期中, 以阴坡落叶松和阴坡刺槐蒸腾耗水量为最大, 蒸腾耗水量达 385.39 mm 和 313.33 mm, 这与该流域内落叶松和刺槐长势最好以及刺槐、落叶松本身的生物学特性有关。落叶松和刺槐均属乔木树种, 它们生长迅速, 根系发达, 且分布范围广, 特别是毛根多, 根幅一般大于冠幅, 因此, 在生长期需水量也必然大^[2]。落叶松和刺槐的蒸腾耗水量分别是同期降水量的 119.5% 和 118.7%, 即总降水输入不能满足落叶松和刺槐的蒸腾消耗。各树种中以云杉的蒸腾耗水量最小, 为 149.27 mm, 这与云杉在该流域内长势及云杉本身的生物学特性有关, 云杉幼年生长缓慢, 根性浅, 特别是地下根量很少, 根系分布

幅度小。对于同一林种(如刺槐)不同坡向来说, 阴坡树种蒸腾耗水量较大, 高出阳坡 10% (28.37 mm), 这与阴坡树种长势优越、水分条件好有关。各林种蒸腾耗水量及占同期降水量百分比见表 1、2

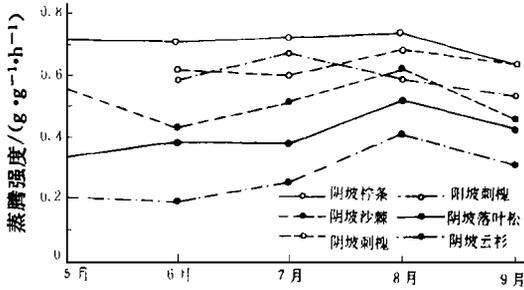


图 1 林地蒸腾强度季节性变化曲线

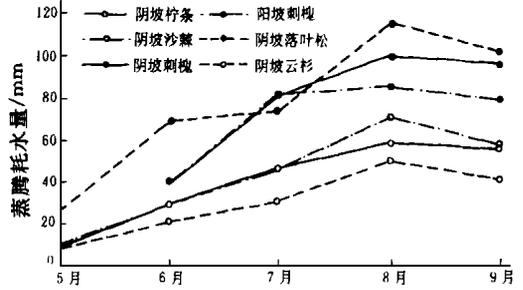


图 2 林地蒸腾耗水量季节动态变化图

3 结 论

(1) 在黄土丘陵沟壑区不同树种的蒸腾作用的变化受光照、气温、相对湿度、风速和地温等环境因子影响, 其中尤以湿度和照度正向影响程度最大。蒸腾强度与上述因子符合: $Y = B_0 \cdot X_1^{B_1} \cdot X_2^{B_2} \cdot X_3^{B_3} \cdot X_4^{B_4} \cdot X_5^{B_5}$ 的模型。

(2) 不同树种日变化曲线呈单峰曲线, 在生长期 1d 内蒸腾高峰出现在 13 点左右。

(3) 不同植被蒸腾强度的季节性变化受不同植被的生物生态学特性、生长发育节律、气候条件及立地条件等的综合影响, 除阳坡刺槐外, 所有树种蒸腾强度均在 8 月份达最高值, 正值林木结实成熟期。

(4) 林地蒸腾耗水量具有生长初期小, 8 月达到最高的特点, 树种不同, 其蒸腾耗水量不同, 不同立地条件下的同一树种, 其蒸腾耗水量也不同。一般而言, 柠条、沙棘等灌木树种, 其蒸腾耗水量占同期降雨量的 61.66% ~ 66.1%, 可称之为低耗水植物。乔木中除云杉 (32.3%) 外, 一般在 107.9% ~ 119.3%, 可称之为中等耗水植物。生长在阴坡的树种比阳坡同一树种约多耗水 10%。

(5) 从对植物的蒸腾耗水量的研究成果看, 在干旱半干旱的黄土丘陵沟壑区, 植物种的选用应以低耗水植物为主, 对于中等或高耗水植物应少造。当必须选择时则应配合集水措施, 以免由于持续种植高耗水植物形成的土壤干化, 导致植物衰退或更新困难。

参 考 文 献

[1] 王孟本, 李洪建. 柠条林蒸腾状况与土壤水分动态研究 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 85-86.
 [2] 云南大学植物生理生态学教研组. 植物生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1984.