

黄土高原8种树种蒸腾速率与日蒸散量比较

郭红艳¹, 王百田¹, 靳新红²

(1. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京市水利规划设计研究院 北京 100044)

摘 要:以侧柏、华北落叶松、油松、新疆杨、臭椿、核桃、枣树、榆树为研究对象, 在2006年7月, 对供试苗木进行定时的称重、蒸腾观测。一天中, 其平均蒸腾速率的大小为: 新疆杨>臭椿>华北落叶松>侧柏>榆树>油松>核桃>枣树, 日蒸散量的大小依次为新疆杨>侧柏>臭椿>华北落叶松>油松>核桃>枣树>榆树, 蒸腾速率大者蒸腾耗水不一定大, 反之亦然。新疆杨、臭椿的耗水量较大, 侧柏、落叶松和油松耗水量较少、抗旱性较强; 榆树、枣树和核桃, 耗水量居中, 应大力提倡种植, 且作为经济树种可增加当地群众的收入。

关键词:黄土高原; 造林树种; 蒸腾速率; 蒸散量

中图分类号: S715.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0136-03

Studies on Transpiration Rate and Evapotranspiration of 8 Tree Species in the Loess Plateau

GUO Hong-Yan¹, WANG Bai-Tian¹, JIN Xin-Hong²

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Institute of Hydraulic Engineering Planning, Design & Research, Beijing 100044, China)

Abstract: The dissertation chose *Patycladus orientalis*, *Larix prinapiam-rupprechtii*, *Pinus tabulaeformis*, *Populus bolleana*, *Ailanthus altissima*, *Zizyphus jujube*, *Ulmus pumila* and *Juglans regia* on the Loess Plateau to be our subjects. In July of 2006, we had their transpiration rate and other factors. The results show; in one day, the decreasing orders of average transpiration rate of the eight tree species is *Populus bolleana* > *Ailanthus altissima* > *Larix prinapiam-rupprechtii* > *Patycladus orientalis* > *Ulmus pumila* > *Pinus tabulaeformis* > *Juglans regia* > *Zizyphus jujube*. But the decreasing orders of average daily evapotranspiration is *Populus bolleana* > *Patycladus orientalis* > *Ailanthus altissima* > *Larix prinapiam-rupprechtii* > *Pinus tabulaeformis* > *Juglans regia* > *Zizyphus jujube* > *Ulmus pumila*. So we can see that the average transpiration rate and the average daily evapotranspiration of the eight tree species is not consistent, when the former was high, the later maybe very low, just so so. The results also show that the *Populus bolleana* and the *Ailanthus altissima* consume more water than other species, *Patycladus orientalis*, *Larix prinapiam-rupprechtii* and *Pinus tabulaeformis* consume lower water, the *Ulmus pumila*, *Zizyphus jujube* and *Juglans regia* don't consume lots of water and have economic benefit to local people, so they are precede to other tree species.

Key words: the Loess Plateau; main afforestation tree species; transpiration rate; evapotranspiration

1 研究区概况

试验地位于山西省吕梁山西麓的方山县圪洞镇国营苗圃, 该地属黄土丘陵沟壑区, 位于北纬 37°36'58", 东经 111°02'55", 海拔 1 200 m。属暖温带大陆性季风气候, 干燥度 1.3。冬春寒冷干燥, 秋季凉爽少雨, 夏季降雨集中, 据方山县气象站 1975—1992 年统计资料表明, 该区多年平均降雨量 416 mm, 且年内分配不均匀, 6—9 月的降水占全年的 60% 以上, 多年平均蒸发量达 1 857.7 mm, 最大蒸发量出现在 5—6 月, 具有典型春旱的特征, 年平均大气相对湿度为

50%; 年平均气温 7.3℃, 极端高温 35.6℃ (1980-05-29), 极端低温 -25.3℃ (1980-01-30), 多年平均 ≥10℃ 的活动积温为 2 819.7℃, 多年平均 ≥15℃ 的活动积温为 2 223.5℃, 年无霜期 140 d, 日照总时数 2 496 h; 全年平均风速 2~4 m/s, 以东北风为主。

2 研究方法

2.1 试验苗木与苗木处理

2005 年 10 月由方山县林业局苗圃提供长势良好, 无病虫害的侧柏 (*Patycladus orientalis*)、华北落叶松 (*Larix pri-*

收稿日期: 2007-06-05

基金项目: 国家自然科学基金项目 (3007063); 国家攻关项目 (2001 BA510B0304)

作者简介: 郭红艳 (1982—), 女, 硕士研究生, 主要从事生态环境工程研究。E-mail: guohongyan1024@163.com

通信作者: 王百田 (1958—), 男, 教授, 硕士, 主要从事林业生态工程、水土保持研究。E-mail: wbaitian@bjfu.edu.cn

napiam-rupprechtii)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、新疆杨(*Populus bolleana*)、臭椿(*Ailanthus altissima*)、枣树(*Zizyphus jujuba*)、榆树(*Ulmus pumila*)、核桃(*Juglans regia*)幼树,其中各树种苗木的株高基本一致。将其移入口径30 cm,高50 cm的塑料桶内,事先在试验地附近取土过筛,装入桶中做压实处理,使容器内土壤容重接近自然状态,栽植苗木后充足浇水,使之成活并正常生长。桶栽苗木放置在搭建的防雨大棚内(长20 m,宽6 m,高2 m),每天傍晚或降雨前用防雨透明塑料将桶栽苗木遮好,待凌晨收好,下雨时也

用防雨透明塑料遮雨;白天及非雨天露天生长。

2.2 指标测定

2006年7月使用LI-1600阔叶稳态气孔仪对桶栽苗木的蒸腾速率进行测定。每天从8:00—18:00每隔2 h测定一次,选择每株幼树中上部,能完全接触到阳光的健康、完整的3个叶片进行测量,每次测量取得3个稳定数值,并取其平均值。日蒸散量采用早晚称重法进行测定,使用仪器为SR 64000精密天平。土壤重量含水量采用烘干法测定。

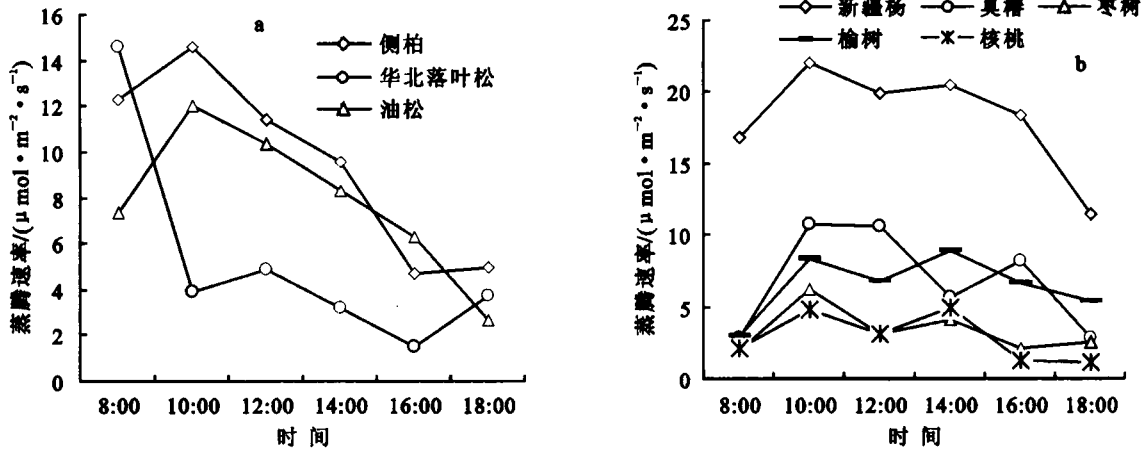


图1 蒸腾速率比较

3 分析与讨论

3.1 蒸腾速率比较

从图1(a)可以看出8:00时华北落叶松的蒸腾速率最大,为 $14.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其次是侧柏的为 $12.30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,油松的最小为 $7.33 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,10:00时,侧柏和油松的分别增大为 $14.62 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $11.99 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,12:00以后3个针叶树种的蒸腾速率均呈下降趋势,华北落叶松的变化比较缓慢,侧柏的变化速率大于油松,华北落叶松蒸腾速率一天的最大增幅为 $13.13 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,侧柏的为 $9.97 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,油松的为 $9.30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。从图1(b)阔叶树的蒸腾速率比较,新疆杨各个时刻的蒸腾速率明显高于其他树种,而另外4种阔叶树的蒸腾速率日变化趋势基本一致,早晨8:00,新疆杨的最高为 $16.86 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其次为臭椿的为 $8.8 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而枣树、榆树和核桃的都很小,大约在 $2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右,到10:00,新疆杨的蒸腾速率继续增大为 $22.04 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,臭椿的增幅也很大变为 $18.11 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,其他3个树种也有不同程度的变动,枣树的最大,增幅为 $18.7 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,12:00后,都呈下降趋势,在16:00时臭椿的蒸腾速率有一定的升高,18:00时,还是新疆杨的蒸腾速率最大,为 $11.39 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,榆树的次之为 $5.43 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,臭椿和枣树的分别为 $2.80 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $2.58 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,核桃的最小为 $1.21 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。这5个树种的增幅从大到小依次为臭椿 $15.20 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,榆树 $11.1 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,核桃 $10.77 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,新疆杨 $10.65 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,枣树 $4.20 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。综合起来,蒸腾速率增幅为臭椿>华北落叶松>榆树>核桃>新疆杨

>侧柏>油松>枣树,本次试验土壤水分条件均能满足植株的正常生长,因此幼树的蒸腾速率主要受气象因子的影响,有些树种也同时受叶水势的影响,不同种幼树的蒸腾速率受各因子的影响程度不同,而太阳有效辐射的影响处于显著地位。各树种日蒸散量的大小依次为新疆杨>侧柏>臭椿>华北落叶松>油松>核桃>枣树>榆树,从中可以看出蒸腾速率大的,蒸腾耗水不一定大,反之亦然,即蒸腾速率低的树种不一定就不耗水,耗水量还与蒸腾叶面积和叶量有关。具体确定一个树种是否为耗水树种,须考虑蒸腾速率、叶面积和叶量的综合作用结果。一般同一树龄苗木,耗水多寡主要取决于植株总叶面积的大小。

3.2 蒸散量比较

通过对侧柏、华北落叶松、油松、新疆杨、臭椿、核桃、枣树、榆树8树种各影响因素对蒸散量的研究,得出主要影响因素依次为蒸腾速率、土壤重量含水量、气孔导度、太阳有效辐射、叶温、空气相对湿度。有研究表明,植物在新陈代谢活动中实际消耗的水分大约占其所吸收水分的1%^[1],故大约有99%的水分通过叶面蒸腾散失掉。因此,叶面蒸腾往往对土壤水分蒸散的贡献率最大。苗木耗水量实际是蒸散耗水量,包括植株蒸腾耗水和土壤蒸发两部分。其中,土壤蒸发是苗木蒸散耗水中最为重要的部分,虽然在植物生长过程中土壤蒸发属于无效水分损耗,但却是无法避免的。所以为合理分配林地有效水资源,应采取积极措施有效控制土壤表层蒸发,是黄土高原干旱半干旱地区生态建设中必须重视的关键。持续的土壤蒸发过程,须具备3个条件:能量、水汽输送和土壤供水。前两个条件是由气象因素决定的,一般指太阳辐射、空气湿度、气温和风速等,这些因子综合在一起,统

称为潜在蒸发力(或大气蒸发力),表示在表土得到充分水源前提下,能被大气夺走的最大水量;第 3 个条件由土壤性质决定,这主要指土壤的导水率。由此可见,土面蒸发的强度实质上是由潜在蒸发力和土壤导水率两个方面所制约。当能满足第 3 个条件时,蒸发强度就由潜在蒸发力所决定;反之,如果土壤没有足够的水分供给蒸发,或者它的导水率很低,再强的潜在蒸发力也无济于事,这时的蒸发强度主要由土壤性质所决定。在本试验中,各树种的平均土壤重量含水量基本一致为 15%~20%,叶温为 30.37~33.56℃,空气相对湿度为 57.02%~63.90%,太阳有效辐射为 904.75~1 043.94 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,从图 1 可以看出其平均蒸腾速率的大小为:新疆杨>臭椿>华北落叶松>侧柏>榆树>油松>核桃>枣树,通过分析认为土壤重量含水量与幼树的日蒸散量有重大关系,即土壤含水量是影响幼树日蒸散量的主要因子之一,所以水分条件还是制约黄土高原植被生长的关键问题。蒸腾速率是计量蒸腾作用强弱的一项重要指标,其强弱因植物种类而不同,并受外界因素如光照、温度、湿度等影响。新疆杨的日均蒸腾速率最大,其次是臭椿和华北落叶松,最小的是枣树,蒸腾速率大,说明树体的保水力相对较差,对土壤水分的要求较高。树种的平均气孔导度,阔叶树的高于针叶树的,太阳有效辐射和叶温也是影响蒸散量的两个主要因子,当地有较好的热条件,而在一定程度上,生长季干旱高温的气候条件,也限制了植株的生长,在造林初期,影响造林的成活率。

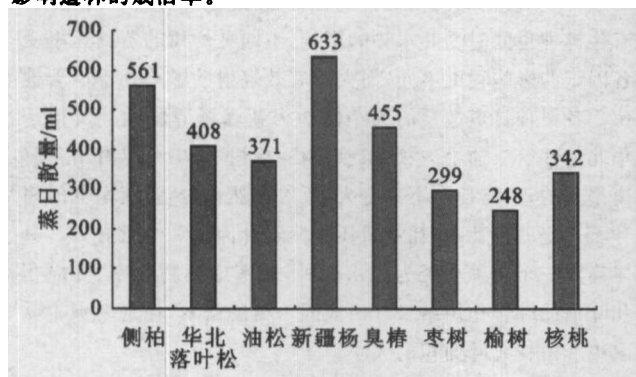


图 2 不同树种蒸散量比较

从图 2 不同树种日平均蒸散量比较看出,新疆杨>侧柏>臭椿>华北落叶松>油松>核桃>枣树>榆树,阔叶树种中:新疆杨>臭椿>核桃>枣树>榆树,针叶树种中:侧柏>华北落叶松>油松,植株在保持较低的蒸腾作用情况下,利

用有限水分进行较程度的光合作用,对树木的生长发育极为重要^[2]。针叶树种中油松的日平均蒸散量最小,在当地水分条件较好的阴坡,生长迅速,在全光条件下可以天然更新,而在土壤瘠薄和比较干旱的山地上,也能较好生长,并且常与栎类、山杨、白桦、侧柏等组成混交林,因此油松作为重要的用材和水土保持树种,在幼林期,应加强抚育管护,促进其生长发育成林。在黄土高原区,由于我国经济条件和人民的生产生活需要,只营造了相当比例的人工林,而树种多限于杨树和刺槐,其他树种如油松、侧柏、榆树以及经济树种枣树和核桃等相对较少。而杨树的许多品种要求较高的水肥条件,在立地条件差的山上造林存在一定的困难,难以取得应有的效益。而且,黄土高原土层深厚,除少量降水渗入深层补给地下水外,降水的大部分留在土体中形成土壤水,但是该区土壤水分状况受降水月际分配和蒸发过程的影响具有明显的差异,同时,在黄土高原造林后,土壤经常处于水分亏缺状态,出现土壤干层这一特殊的水文现象,干层是土壤水分通过物理蒸发和植物蒸腾作用,以水汽方式不断逸入大气之中,经过较长的时间序列,因土壤水分的负补偿效应在土体中某一深度所形成的厚度不等的低湿层,在这一低湿层中,水分的移动性和有效性明显降低,因而对林草植被生长产生不利影响^[3]。所以选择低耗水的树种进行造林至关重要,通过综合比较认为由于新疆杨的树种特性与当地的环境条件不统一,其中相当一部分形成了“小老头树”,例如山西的大同地区,所以栽植杨树应谨慎;种植枣树、核桃既有利于造林,又能提高当地人民的经济收益,而且核桃在山西的西北部栽培历史悠久,现已有大面积种植;油松、榆树在当地的面积少,且零星分布,虽然榆树是水土流失区的乡土树种,多为散木,造林效果普遍较差,人工油松林也多为低产林;华北落叶松、侧柏是较为耐旱和理想的植物。在造林时还应遵循“因地制宜,适地适树”的原则。

参考文献:

- [1] Norman J. Rosenberg. Microclimate: The Biological Environment[M]. John Wiley & Sons., 1974.
- [2] 吕一河,傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2096-2015.
- [3] 吴钦孝,杨文治. 黄土高原植被建设与可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 37-70.

(上接第 135 页)

线路长度和水土流失量及施工便道区水土流失量之间的关系,关系式分别为 $y=23x+209$, $R^2=0.9972$ 和 $y=12x+207$, $R^2=0.9919$ 。 R^2 均接近于 1,表明拟合结果较好。

(3)根据“因地制宜、因害设防”的原则,输变电建设应当依据水土流失预测结果,找准水土流失防治的重点,对位配置相应的防治措施,才能达到项目建设与生态环境同步进行的目标,实现可持续发展战略。

参考文献:

- [1] 孙厚才,赵永军. 我国开发建设项目水土保持现状及发

展趋势[J]. 中国水土保持, 2007(1): 50-51.

- [2] 张茂林,谢颂华,喻荣岗. 电厂建设项目土壤加速侵蚀系数测算研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(8): 172-179.
- [3] 袁春明,郎南军,等. 云南省水土流失概况及其防治对策[J]. 水土保持通报, 2003, 23(2): 60-62.
- [4] 万晔,韩添丁,等. 云南水土流失态势、分区区域特征研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 442-447.
- [5] 郑文杰,郑毅. 云南省水土流失概况及水土保持措施[J]. 湖北农业科学, 2005(6): 4-6.