

# 东北半干旱区主要农田防护林树种蒸腾速率研究

王宇<sup>1</sup>, 陈丽华<sup>1</sup>, 杨启红<sup>1</sup>, 毕广有<sup>2</sup>, 俞冬兴<sup>2</sup>, 李树森<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 黑龙江省森林与环境科学研究院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

**摘要:**以黑龙江省西部半干旱地区主要农田防护林树种为研究对象,采用快速称重法对樟子松、落叶松、小黑杨和银中杨的蒸腾速率进行了研究。结果表明,各树种月蒸腾速率的变化不同,樟子松的蒸腾速率始终最小。樟子松蒸腾速率的月变化差异最小,各防护林树种的蒸腾速率均呈现抛物线变化趋势。农田防护林在多种环境因子的综合作用下,其蒸腾速率受大气温度和太阳总辐射的影响较大,并且蒸腾速率与大气温度、太阳总辐射和土壤水含量均表现出正相关,与相对湿度和风速均表现出负相关。

**关键词:**快速称重;农田防护林;蒸腾速率

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)04—0048—04

中图分类号: S715.4, S718.5

## Transpiration Rate of Main Tree Species for Farmland Shelterbelts in the Semi-arid Region of Northeast China

WANG Yu<sup>1</sup>, CHEN Li-hua<sup>1</sup>, YANG Qi-hong<sup>1</sup>, BI Guang-you<sup>2</sup>, YU Dong-xing<sup>2</sup>, LI Shu-sen

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Heilongjiang Academy of Forest and Environment Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161005, China)

**Abstract:** The transpiration rates of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv., *Larix gmelinii*, *Populus simonii* × *P. nigra*, and *Populus alba* × *P. berolinensis*, the main tree species of farmland shelterbelts in the semi-arid region in the west Heilongjiang Province of China, were studied by using the method of rapid weighting. Results showed that the monthly variations of the transpiration rates were different and the transpiration rate of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv. was the slowest. The monthly variation of the transpiration rate of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv. was the least and the transpiration rates of other structures showed a parabolic trend. The transpiration rate of farmland protection forest was seriously affected by atmospheric temperature and solar radiation in a variety of environmental factors in combination, and the transpiration rate showed the positive correlations with atmospheric temperature, solar radiation, and soil water content, but the negative correlations with relative humidity and wind speed.

**Keywords:** rapid weighting; farmland shelterbelt; transpiration rate

农田防护林是当前人类改善农区自然环境积极、有效且又力所能及的生物工程<sup>[1]</sup>,是适应农业生态系统健康发展的需要而建设的网络状树木群体,可改善区域气候环境、防止土壤侵蚀,并为野生动物提供栖息环境,增加农田系统的生物多样性<sup>[2]</sup>。大量研究表明,农田防护林在有效改善农业生态环境的同时也存在着林带树木与农作物争肥、争水的问题<sup>[3-5]</sup>。为降低农田防护林与农田争水情况的发生,选择蒸腾耗水少的树种就被提上研究日程。笔者通过对东北 4 种主要农田防护林树种的蒸腾速率进行了深入细致的

研究,以期筛选节水农田防护林树种提供科学的理论依据。

### 1 试验区自然概况

试验地点位于黑龙江省松嫩平原西部,在行政区划上隶属于黑龙江省齐齐哈尔市甘南县音河镇山湾村,处在北纬 47°50′—48°02′和东经 123°30′—123°46′范围内,属于寒温带半干旱大陆性季风气候。年平均气温在 1.1 ~ 4.2 之间,无霜期 110 ~ 140 d,年降水量 380 ~ 460 mm,雨量多集中在夏季,年平

收稿日期:2008-04-02

修回日期:2008-05-22

资助项目:北京市科委 2006 年度科技计划重大项目“生态涵养带农业节水技术模式研究”(D0706007040191-07);黑龙江省林业厅项目“嫩江沙地节水型防护林营建技术研究”(200509)资助

作者简介:王宇(1981—),男(汉族),黑龙江省齐齐哈尔市人,在读博士,主要研究方向为林业生态工程及水土保持。E-mail:epoluo@126.com。

均蒸发量 1 400 ~ 1 800 mm,春旱极为严重。土壤结冻时间较长,一般在 10 月中旬开始结冻,次年 3 月底至 4 月初解冻,全年结冻日数在 160 d 左右。全区处于高纬度地带,光照充足,太阳年总辐射量为 27.0 ~ 28.7 kJ/cm<sup>2</sup>,年平均日照 2 700 ~ 2 900 h。受地势、水文、气候条件综合影响,该区土壤主要有风沙土、盐碱土、黑钙土、沼泽土 4 大土类。树种以蒙古柞 (*Quercus mongolica*) 为主,其次有山杨 (*Populus davidiana*)、黑桦 (*Betula dahurica*)、枫桦 (*Betula costata*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 等。

## 2 试验材料和研究方法

### 2.1 试验材料

本试验以黑龙江省西部地区常见的 4 种农田防护林树种为研究对象,包括樟子松 (*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)、落叶松 (*Larix gmelinii*)、小黑杨 (*Populus simonii* × *P. nigra*) 和银中杨 (*Populus alba* × *P. berolinensis*)。试验材料详见表 1。

### 2.2 研究方法

在各农田防护林林带内选择林龄、造林方式、水分条件均相同、长势良好、冠幅适中的 30 株树,测量

其平均胸径,然后从中选择 3 株胸径相同,并与上述平均胸径相近的树木作为标准株<sup>[6]</sup>。

蒸腾速率采用快速离体称重法,用快速天平在田间防风罩内进行。在 6—9 月份,每月分别在上、中、下旬各选择 3 个典型天气(晴朗无云)连续进行测定。用高枝剪分别从标准木树冠的上、中、下部摘叶,称质量后悬挂 2 m 高处,间隔 2 min 再称质量,以单位鲜叶的失水量表示蒸腾速率,每个位置重复 2 次,从早 6:00 到晚 18:00,每间隔 2 h 测定一组数据<sup>[7-9]</sup>。蒸腾速率计算公式如下

$$E = \frac{W_1 - W_2}{W_3 \times (T_2 - T_1)} \times 3600$$

式中:  $E$ ——蒸腾速率 [g/(g·h)];  $W_1$ ——刚剪下来的枝叶重(g);  $W_2$ ——间隔时间为 2 min 时的枝叶重(g);  $W_3$ ——枝重(g);  $T_1$ ——开始称重时的时间;  $T_2$ ——称重结束时的时间。

用 HOBO 自动气象站测定林带内的大气温度、相对湿度、风速、总辐射。气象因子观测时间与蒸腾测定时间一致,从早上 6:00—18:00,连续记录。用 HOBO 自动气象站测定降雨量。土壤含水率采用烘干法测定<sup>[10]</sup>。

表 1 试验材料情况

结构	学名	树高/m	胸径/cm	冠幅/m <sup>2</sup>	株行距/m <sup>2</sup>	保存率/%	树龄/a
1	樟子松	3.66	5.57	1.98 × 1.98	6.0 × 1.0	94	18
2	落叶松	5.56	6.30	2.05 × 2.05	1.0 × 1.5	68	17
3	小黑杨	9.92	14.51	3.48 × 3.85	1.0 × 1.0	33	18
4	银中杨	11.15	18.37	3.35 × 3.23	4.0 × 4.0	90	17

## 3 结果与分析

### 3.1 蒸腾速率的日变化

在研究区天气晴朗的条件下,采用快速离体称重法对所选林木的蒸腾速率进行测定。由于夜间测试存在较多不便,特别是当进入夜间后,多数时间叶片上都会凝结有露水,对植物蒸腾速率的影响较大,不能反映植物蒸腾作用的真实情况,故对于蒸腾速率的测定时间,安排在早晨 6:00 至晚上 18:00 之间。在生长季不同,树种不同的条件下蒸腾日进程各不相同,各树种的蒸腾速率日变化趋势也不一样。但从测定结果可以看出,不同树种呈现相似的变化规律:清晨和傍晚的蒸腾速率最小。

由图 1a 可见,双峰曲线仅有 1 条,是落叶松的蒸腾速率变化曲线,两个峰值出现在 12:00 和 16:00,其余 3 条曲线均为单峰曲线,其中小黑杨和银中杨的蒸

腾速率最大值都在中午 12:00 时出现,而樟子松的最大蒸腾速率则出现在下午 2:00。根据图 2,6 月份的平均蒸腾速率大小依次为:小黑杨 > 落叶松 > 银中杨 > 樟子松。

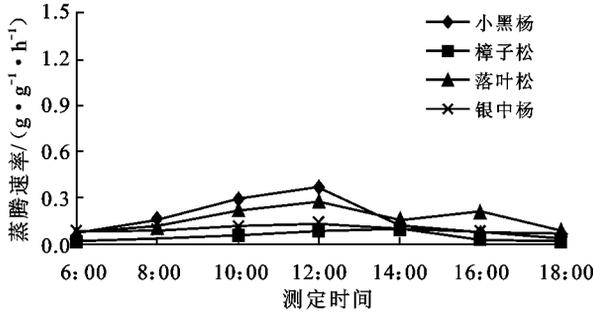
在图 1b 中,4 条曲线均为单峰曲线。对比图 1a,1b 两图发现银中杨的最大蒸腾速率由中午 12:00 变成下午 14:00,且增大近 10 倍。7 月份的日平均蒸腾速率大小见图 2,依次为:银中杨 > 小黑杨 > 落叶松 > 樟子松。

8 月份该地区气温较高,如果降水量少将极易引发干旱,将给当地的农业生产带来严重的影响。将图 1c 结合图 1a 和 1b,可以很明显看出,各结构农田防护林树种的峰值均达到最大,并且蒸腾速率的变化趋势也有很大改变,其中双峰型曲线增加到 2 条,分别是小黑杨、落叶松。小黑杨的 2 个峰值分别出现在上午 10:00 和下午 16:00,落叶松蒸腾速率的 2 个峰值

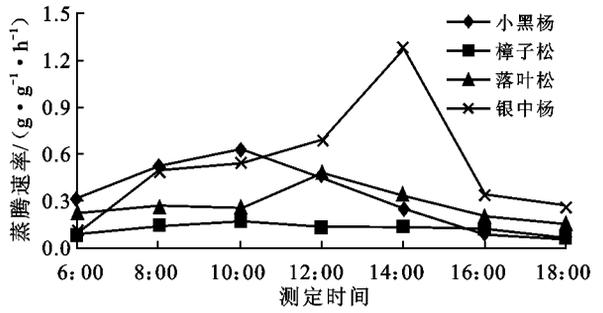
则出现在 10:00 和 14:00。8 月份的日平均蒸腾速率大小见图 2,依次为:银中杨 > 落叶松 > 小黑杨 > 樟子松。

进入 9 月份,气温逐渐变凉,树木的蒸腾耗水量也逐渐减少,蒸腾速率的变化与 8 月份相比较也有较明显的变化,从图 1d 中很明显看出,各农田防护林树

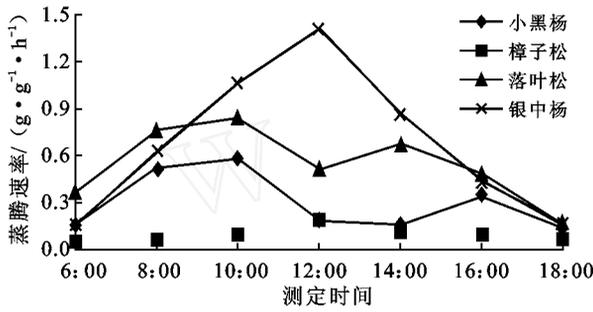
种的蒸腾速率均大幅度回落。从曲线类型来看,双峰曲线仍然是 2 条,还是落叶松、小黑杨,但是小黑杨的蒸腾速率的峰值出现时间发生变化,由 8 月份的上午 10:00 和下午 16:00 变成现在的 12:00 和下午 16:00。9 月份的日平均蒸腾速率大小见图 2,依次为:银中杨 > 落叶松 > 小黑杨 > 樟子松。



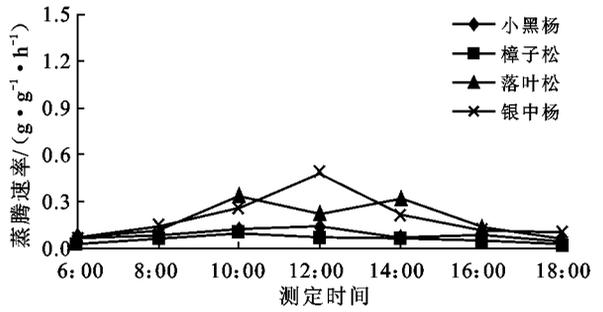
a 6月份蒸腾速率日变化



b 7月份蒸腾速率日变化



c 8月份蒸腾速率日变化



d 9月份蒸腾速率日变化

图 1 农田防护林各月份蒸腾速率日变化

### 3.2 蒸腾速率的月变化

林木的蒸腾速率与其所处的小气候环境有很大关系,并且不同树种在不同结构下的表现也不相同,伴随着季节的变化,蒸腾速率也明显发生改变。

由图 2 中可见,各结构农田防护林树种的月平均蒸腾速率均呈现出抛物线的变化趋势。樟子松的蒸腾速率在 7—9 月成阶梯状缓步下降;落叶松 8 月份的蒸腾速率几乎为 7 月的 2 倍,而 6 月和 9 月的蒸腾速率较为接近;小黑杨的蒸腾速率在 7 月份达到最大值,8 月份略有下降,降幅不明显;从图 2 中还能很明显地看出,银中杨的蒸腾速率无论在 7 月份还是在 8 月份都是 4 个树种中最大的。

### 3.3 蒸腾速率与环境因子的关系

蒸腾作用是植物以蒸汽的形式散失水分的过程。水分从植物叶子散失是一个包括物理学机理和叶子生态学特性的过程。水分从叶子蒸腾到环境中去一定要有可利用的水分和使液态水变成水蒸汽的某些环境条件。对蒸腾作用有重要影响的环境因子,通常认为有太阳辐射、大气温度、大气湿度、风速、土壤水分等。本文以 HOBO 自动气象站测得的环境因子,分析整个生长季

### 4 种农田防护林蒸腾速率与各个环境因子的关系。

由表 2 可以看出,在整个生长季樟子松的蒸腾速率与太阳总辐射呈显著相关;落叶松的蒸腾速率与大气温度呈显著相关,与其它因子无明显相关性;小黑杨的蒸腾速率与太阳总辐射成正相关;银中杨的蒸腾速率均与大气温度呈显著相关性,与其它环境因子相关性不明显。从表 2 的整体看,各防护林树种蒸腾速率与环境因子有相似的规律,即蒸腾速率与大气温度、太阳总辐射和土壤含水量都呈正相关,而与相对湿度和风速都呈负相关。

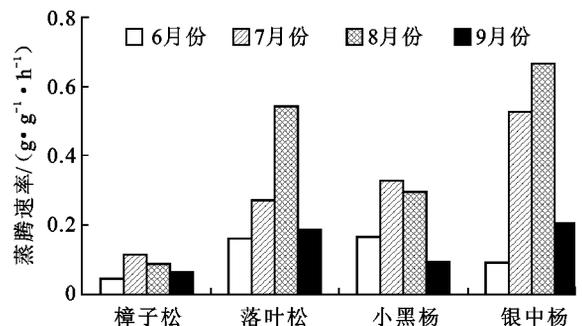


图 2 不同农田防护林月平均蒸腾速率

表2 各农田防护林树种蒸腾速率与环境因子之间的相关系数

结构	林型	大气温度	相对湿度	太阳总辐射	风速	土壤水含量
1	樟子松	0.530	-0.174	0.957**	-0.289	0.856
2	落叶松	0.953**	-0.496	0.869	-0.870	0.940
3	小黑杨	0.876	-0.189	0.968**	-0.603	0.589
4	银中杨	0.902*	-0.110	0.430	-0.670	0.854

注: \*表示在0.05水平显著; \*\*表示在0.01水平显著。

## 4 结果与讨论

采用快速称重法测定蒸腾速率只是反映了农田防护林的耗水能力,是一个瞬时值,而蒸腾作用是一个复杂的生理过程,受树种、结构、环境、时间等多种因素的控制,而且树种蒸腾速率的日变化幅度较大,同时受到研究方法、仪器设备等人为因素的影响,使得观测结果容易产生误差。

(1) 不同农田防护林的蒸腾速率日变化表现为:6月份蒸腾速率大小依次为:小黑杨>落叶松>银中杨>樟子松;7月份,银中杨>小黑杨>落叶松>樟子松;8月份,银中杨>落叶松>小黑杨>樟子松;9月份:银中杨>落叶松>小黑杨>樟子松。因此,若仅从蒸腾速率大小的角度考虑,樟子松是最适宜在当地推广的节水型农田防护林树种。

(2) 在测定的樟子松、落叶松、小黑杨和银中杨4个农田防护林树种过程中发现,樟子松蒸腾速率的月变化差异最小,各防护林树种的蒸腾速率均呈现抛物线变化趋势。

(3) 林木的蒸腾速率与其所处的小气候环境有很大关系,并且不同树种,不同结构的表现也不相同,伴随着季节的变化,蒸腾速率也明显发生改变。其中变化最大是银中杨,从6月份的0.089暴涨到7月份的0.67,上涨了668%。在9月份大部分树种的蒸腾速率开始大幅度下降,平均降幅达到60%。

(4) 农田防护林在多种环境因子的综合作用下,其蒸腾速率表现出明显的差异性,不同树种的农田防护林蒸腾速率受环境因子的影响也有差别,但基本受大气温度和太阳总辐射的影响较大,其中落叶松、银中杨的蒸腾速率与大气温度显著相关,樟子松、小黑杨的蒸腾速率与太阳总辐射呈显著相关,并且蒸腾速

率与大气温度、太阳总辐射和土壤水含量均表现出正相关,与相对湿度和风速均表现出负相关。

(5) 蒸腾速率仅仅反映了树种耗水速率的大小,可以为节水型农田防护林体系的构建提供基础数据,但不能仅以此为标准来判定某一地区应全部推广蒸腾速率最小树种,在实际生产生活中,要确定某一地区适宜的节水树种,应考虑综合因素,如当地降水量,整个林分的蒸腾耗水量,混交林的优势等。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 孙国吉,黄夏银,张金池,等.徐淮平原主要农田防护林树种的水分蒸腾胁迫机理[J].南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(3):31—34.
- [2] 范志平,曾德慧,冀晓燕,等.农田防护林生态系统经营管理研究[J].北京林业大学学报,2004,26(4):81—84.
- [3] 周长瑞.树木在农田生态系统中的地位和作用[J].山东林业科技,1991(4):14—17.
- [4] 孟平,张劲松.农林复合模式蒸散耗水研究[J].林业科学研究,1996,9(3):221—226.
- [5] 黄宗文,孙凤华,肖立国.农田防护林胁迫机理分析与调控[J].林业科技,2002,27(2):18—21.
- [6] 刘静,布和,贾俊生.河套灌区节水型农田防护林建设与节水潜力[J].内蒙古林学院学报:自然科学版,1999,21(3):29—32.
- [7] 刘奉觉,郑世铠.杨树人工幼林的蒸腾变异与蒸腾耗水量估算方法的研究[J].林业科学,1987,23(营林专辑):35—44.
- [8] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995:19—21.
- [9] 贾志清,孙保平,刘涛,等.黄家二岔小流域不同树种蒸腾作用研究[J].水土保持通报,1999,19(5):12—15.
- [10] 关继义,陈喜全.森林土壤试验教程[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1992:30—32.