

农田防护林混交对林木蒸腾速率的影响

崔建国¹, 王宇¹, 毕广有², 俞冬兴², 李树森²

(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、落叶松和小黑杨纯林, 小黑杨和樟子松混交林, 小黑杨和落叶松混交林中的各树种蒸腾速率进行了比较研究。结果表明: (1) 与小黑杨混交的樟子松和樟子松纯林蒸腾速率日变化差别不大, 蒸腾速率的月变化差异最小, 各结构防护林树种的蒸腾速率均呈现抛物线变化趋势。(2) 与小黑杨混交的落叶松在整个生长季的月平均蒸腾速率为落叶松纯林的 76.96%, 与落叶松混交的小黑杨的蒸腾速率比小黑杨纯林低 17.43%, 小黑杨与落叶松混交林能够有效地降低这两个树种的蒸腾速率。(3) 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、太阳总辐射和土壤含水量均表现出正相关, 与相对湿度和风速均表现出负相关。

关键词: 黑龙江省西部地区; 农田防护林; 混交林; 蒸腾速率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)04-0093-05

中图分类号: S715.4, S718.5

Effects of Mixed Trees of Farmland Shelterbelts on Transpiration Rate

CUI Jian-guo¹, WANG Yu¹, BI Guang-you², YU Dong-xing², LI Shu-sen²

(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: As the main tree species of farmland shelterbelts in North China, the transpiration rates of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv., *Larix gmelinii*, *Populus simonii* × *P. nigra*, and *Populus alba* × *P. berolinensis* were studied comparatively by the method of rapid weighting. Results showed that (1) the diurnal variation of transpiration rate of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv. mixed with *Populus simonii* × *P. nigra* and *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv. was of little difference, monthly variation of transpiration rate for them was the slowest, and the transpiration rates of other structures showed a parabolic trend. (2) Monthly averaged transpiration rate of *Larix gmelinii* mixed with *Populus simonii* × *P. nigra* accounted for 76.96% of *Larix gmelinii* and the averaged transpiration rate of *Populus simonii* × *P. nigra* mixed with *Larix gmelinii* was 17.43% lower than that of *Populus simonii* × *P. nigra*. The structure mixed with *Populus simonii* × *P. nigra* and *Populus simonii* × *P. nigra* could decrease the transpiration rate of the two tree species. (3) The transpiration rate of farmland protection forest was seriously affected by atmospheric temperature and solar radiation in a variety of environmental factors in combination. The transpiration rate showed the positive correlation with atmospheric temperature, solar radiation, and soil water content, but negative correlation with relative humidity and wind speed.

Keywords: west of Heilongjiang Province; farmland shelterbelt; mixed forest; transpiration rate

农田防护林是当前人类改善农区自然环境的积极、有效且又力所能及的生物工程^[1], 具有改善农田小气候、护田增产、增强抗御自然灾害等功能^[2]。

已有的研究表明^[3], 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田作物争肥、争水的问题, 为了降低农田防护林树木与农田作物争水情况的发生, 如何选择蒸腾耗水少的树种已被众多学者所关注。

当前, 很多学者都进行了有关树木蒸腾耗水方面的研究^[4-5], 在单木蒸腾耗水和整个林分蒸腾耗水方面都取得了大量的研究成果^[6-8], 但通过对比纯林和混交林对树种蒸腾速率的影响方面的研究还鲜有报道, 本研究通过对东北 3 种主要农田防护林树种在纯林结构以及它们相互之间的混交结构下树种的蒸腾速率进行了对比研究, 以期对构建节水型农田防护林体系提供科学依据。

收稿日期: 2008-12-29

修回日期: 2009-03-06

资助项目: 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)

作者简介: 崔建国(1974—), 男(汉族), 黑龙江省牡丹江市人, 讲师, 主要研究方向为工程绿化、林业生态工程。E-mail: epoluo@126.com。

1 试验区概况

试验地点位于黑龙江省西部半干旱地区,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 $47^{\circ}50' - 48^{\circ}02'$ 和东经 $123^{\circ}30' - 123^{\circ}46'$ 范围内,属于寒温带半干旱大陆性季风气候。年平均气温在 $1.1 \sim 4.2^{\circ}\text{C}$ 之间,多年平均有效积温 $2\,598^{\circ}\text{C}$,无霜期 $110 \sim 140\text{d}$,多年平均无霜期为 128d 。年降水量 $380 \sim 460\text{mm}$,空间分布上从南向北递增,时间分布上差异较大,雨量多集中在夏季。年平均蒸发量 $1\,400 \sim 1\,800\text{mm}$,蒸发量为降雨量的 $3 \sim 4$ 倍,春旱极为严重。土壤冻结时间较长,一般在 10 月中旬开始冻结,次年 3 月底至 4 月初解冻,全年冻结日数在 160d 左右,冻结深度 $1.8 \sim 2.3\text{m}$ 。全区处于高纬度地带,光照充足,太阳年总辐射量为 $27.0 \sim 28.7\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。年平均日照 $2\,700 \sim 2\,900\text{h}$ 。植物生长季节日照时数平均 $1\,295.6 \sim 1\,303.9\text{h}$,占全年 65% 。植物生长季节(6—10 月份)太阳总辐射量 $15.5 \sim 15.7\text{kJ}/\text{cm}^2$,占总辐射量 60% 。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 3 种农田防护林树种为研究对象(表 1),包括樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、落叶松(*Larix gmelinii*)和小黑杨(*Populus simonii* × *P. nigra*),其中小黑杨纯林的初植密度较大,使得单株冠幅较小,现仍然不到后两种混交林中小黑杨冠幅的 65% ,另外由于人为毁坏,导致当前保存率仅为 33% ,但这并不影响对单株树木耗水速率的定性比较。

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^[9]。

表 1 试验材料情况

结构	林分	树高/m	胸径/cm	冠幅/ m^2	株行距/ m^2	保存率/%	树龄/a
1	樟子松	3.66	5.57	1.98×1.98	6.00×1.00	94	18
2	落叶松	5.56	6.30	2.05×2.05	1.00×1.50	68	17
3	小黑杨	9.92	14.51	3.48×3.85	1.00×1.00	33	18
4	樟子松 A	8.30	14.89	3.80×3.80	5.00×1.00	95	23
	小黑杨 A	10.50	11.76	4.30×4.80	1.50×1.50	90	19
5	落叶松 B	10.70	9.48	3.80×3.80	2.25×2.25	43	24
	小黑杨 B	12.30	12.52	4.30×4.80	1.50×1.50	93	17

注:结构 1,2,3 分别为樟子松、落叶松和小黑杨的纯林带;结构 4 是由樟子松与小黑杨混交的林带 A;结构 5 是由落叶松与小黑杨混交的林带 B。

蒸腾速率采用快速离体称重法,用天平在田间防风罩内进行。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 2m 高处,间隔 2min 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 2h 测定一组数据^[10-12]。蒸腾速率计算公式如下:

$$E = \frac{W_1 - W_2}{W_3 \times (T_2 - T_1)} \times 3\,600$$

式中: E ——蒸腾速率 [$\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$]; W_1 ——刚剪下来的枝叶重(g); W_2 ——间隔时间为 2min 时的枝叶重(g); W_3 ——枝重(g); T_1 ——开始称重时的时间(s); T_2 ——称重结束时的时间(s)。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 $6:00 - 18:00$ 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^[13]。

3 结果与分析

3.1 林木混交对树种蒸腾速率日变化的影响

在每个月的上、中、下旬各选择一典型天气(天空晴朗、无云或云量极少),采用快速离体称重法对所选树木的蒸腾速率进行测定,将每个测定时间段的数值取平均值作为该月日变化测定时间的平均值。测定时间在早晨 $6:00$ 至晚上 $18:00$ 之间。

图 1 为相同农田防护林树种在不同结构下蒸腾速率日变化比较图。由图 1a 中可以看出,6 月份 3 种结构下的小黑杨蒸腾速率日进程均为单峰曲线,除每日的蒸腾速率峰值的出现时间不同外,总的变化趋势是基本相同的。纯林结构下的小黑杨蒸腾速率的峰值远大于混交结构下的小黑杨;樟子松在纯林和混交结构下蒸腾速率变化不明显,蒸腾速率最大值均在午后 $14:00$ 出现;而落叶松在纯林结构下的蒸腾速率

均快于混交结构下的蒸腾速率,而且在混交结构中蒸腾速率由纯林结构的双峰变成了单峰曲线。从图中可知,6月份日平均蒸腾速率排序为:(1)小黑杨>小黑杨 A>小黑杨 B;(2)樟子松>樟子松 A;(3)落叶松>落叶松 B。

在图 1b 中,通过对比分析可知,3 种结构下的小黑杨蒸腾速率均比 6 月份有大幅度增加,而且峰值也都提前,其中增幅最大的是与樟子松混交的小黑杨 A;樟子松 A 蒸腾速率的峰值已经超过了樟子松;而落叶松的变化体现在和 6 月份相比,落叶松纯林的蒸腾速率变成了单峰,其整日蒸腾速率仍远远高于落叶松 B。7 月份日平均蒸腾速率排序为:(1)小黑杨 A>小黑杨>小黑杨 B;(2)樟子松>樟子松 A;(3)落叶松>落叶松 B。

同样,进入 8 月份可以发现小黑杨的蒸腾速率日进程变化明显,纯林的双峰曲线变成了单峰,两个峰值分别出现在上午 10:00 和下午 16:00,小黑杨 A 的

蒸腾速率略大于小黑杨 B;樟子松 A 的蒸腾速率逐渐超过樟子松纯林;落叶松的蒸腾速率仍然是纯林大于混交林,且纯林的蒸腾速率日进程又由单峰变回了双峰(图 1c)。8 月份日平均蒸腾速率排序为:(1)小黑杨 A>小黑杨 B>小黑杨;(2)樟子松 A>樟子松;(3)落叶松>落叶松 B。

该地区进入 9 月份,气温逐渐变凉,树木的蒸腾耗水量也逐渐减少,蒸腾速率与 8 月份相比较就有了很明显的变化,所有结构下的树种蒸腾速率均开始下降。前 3 个月中,小黑杨 B 的蒸腾速率日进程均为单峰曲线,在 9 月份转为双峰曲线,峰值分别出现在上午 10:00 和下午 16:00;两种结构下的樟子松蒸腾速率的峰值提前到上午 10:00;落叶松的蒸腾速率变化最为明显,在 4 个月的生长季节里,混交的落叶松蒸腾速率首次超过落叶松纯林的蒸腾速率(图 1d)。9 月份日平均蒸腾速率排序为:(1)小黑杨 A>小黑杨>小黑杨 B;(2)樟子松 A>樟子松;(3)落叶松 B>落叶松。

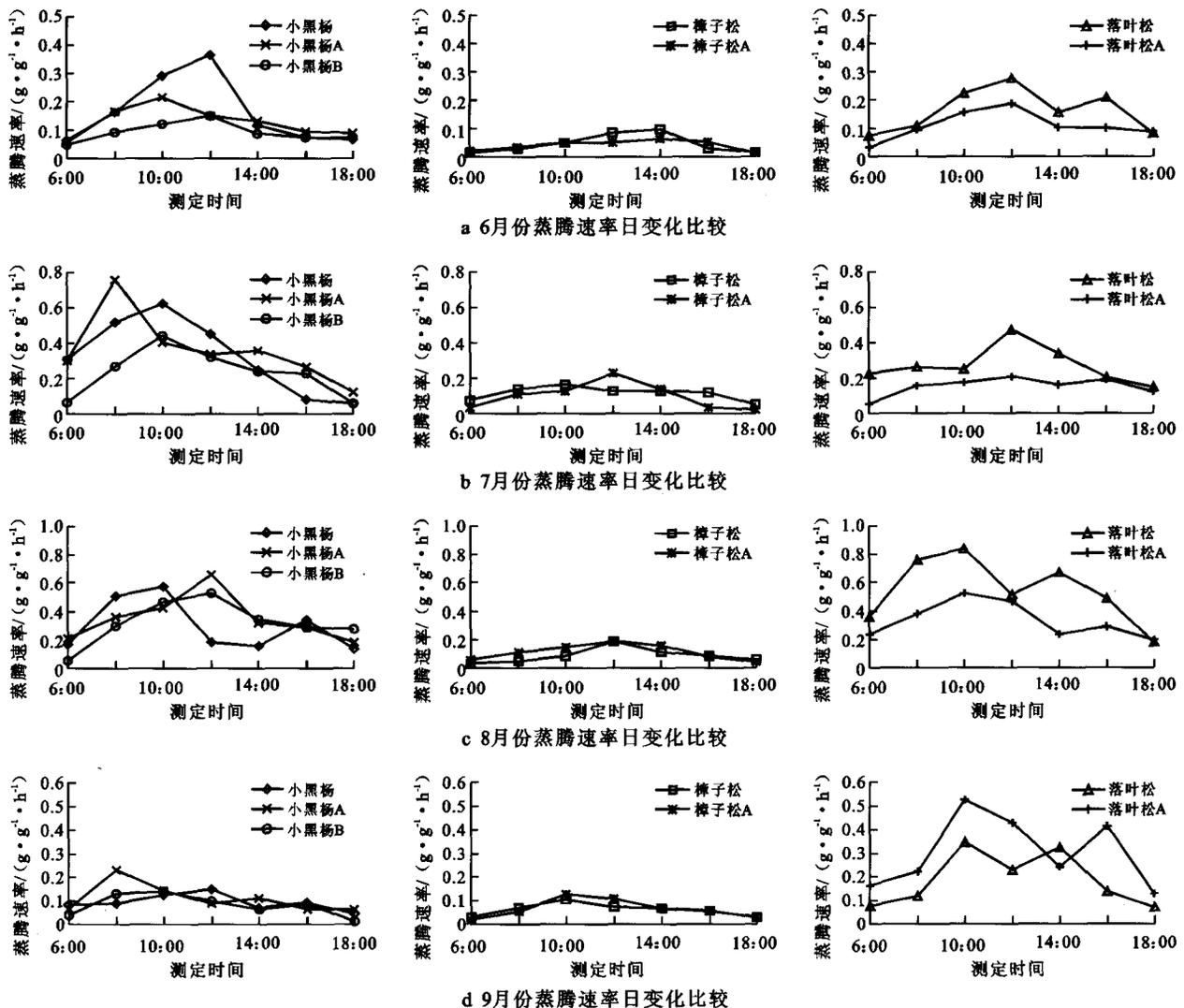


图 1 相同农田防护林树种在不同结构下蒸腾速率日变化比较

3.2 不同结构农田防护林树种蒸腾速率月变化的比较

在每个月的上、中、下旬各选择一典型天气进行测定,将 3 d 的蒸腾速率平均值作为该月该树种的月平均蒸腾速率。

林木混交后其小气候环境与纯林下小气候环境相比较必然发生改变,这也将影响同一树种在不同结构下的蒸腾速率,不同树种蒸腾速率的变化趋势并不相同。由图 2 可以看出,3 种结构的小黑杨、两种结

构的樟子松和两种结构的落叶松在整个生长季的蒸腾速率均呈抛物线状变化。

小黑杨纯林和小黑杨 A 的月蒸腾速率最大值都出现在 7 月,小黑杨 B 的蒸腾速率最大值出现在 8 月,且 3 种结构的小黑杨在 6 月份的蒸腾速率均大于 9 月份的蒸腾速率;樟子松纯林的最大值出现在 7 月,樟子松 A 的蒸腾速率最大值出现在 8 月;落叶松和落叶松 B 的蒸腾速率最大值均在 8 月出现。

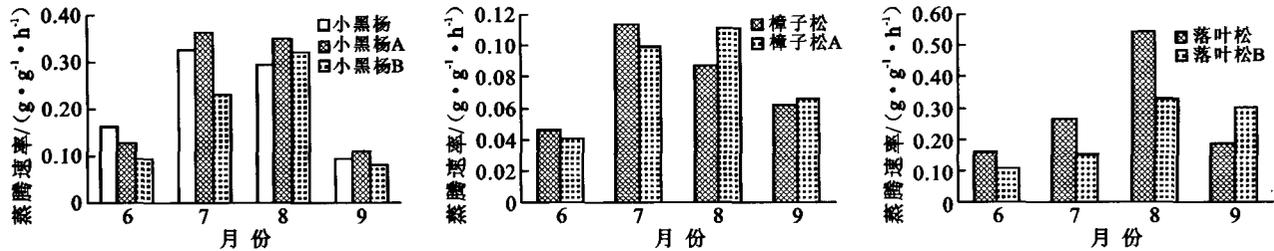


图 2 相同农田防护林树种在不同结构下月平均蒸腾速率比较

在测定的樟子松、落叶松、小黑杨 3 个农田防护林树种中,与小黑杨混交的落叶松 B 的蒸腾速率在 6—8 月这 3 个月均远低于落叶松纯林,在整个生长季的平均蒸腾速率为落叶松纯林的 76.96%;与小黑杨混交的樟子松 A 和樟子松纯林的生长季平均蒸腾速率分别为 0.079 和 0.077 g/(g·h),差别不大;而小黑杨的两种混交林则呈现不同的变化趋势,与樟子松混交的小黑杨 A 的蒸腾速率比小黑杨纯林高 8.2%,与落叶松混交的小黑杨 B 的蒸腾速率则比小黑杨纯林低 17.43%。整个生长季中月蒸腾速率排序:(1) 小黑杨 A>小黑杨>小黑杨 B;(2) 樟子松 A>樟子松;(3) 落叶松>落叶松 B。

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。

本研究以 HOBO 自动气象站测得的环境因子,分析整个生长季 5 种结构下 3 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纯林的蒸腾速率与太阳总辐射呈显著相关,樟子松 A 与土壤含水量相关性最强,但没达到显著效果;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,落叶松 B 与太阳总辐射呈显著相关;小黑杨和小黑杨 B 的蒸腾速率与太阳总辐射成显著正相关,小黑杨 A 与大气温度呈现显著正相关性。

表 2 各结构农田防护林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	樟子松 A	0.699	-0.023	0.864	-0.870	0.940
	小黑杨 A	0.978*	-0.071	0.473	-0.653	0.743
5	落叶松 B	0.666	-0.298	0.955*	-0.152	0.630
	小黑杨 B	0.728	-0.271	0.963*	-0.165	0.493

注: * 表示 0.05 水平水差异显著, ** 表示 =0.01 水平上时差异显著。

4 结论与讨论

(1) 同一农田防护林树种在不同结构下,其蒸腾

速率日变化表现为:6 月份日平均蒸腾速率排序为:① 小黑杨>小黑杨 A>小黑杨 B;② 樟子松>樟子松 A;③ 落叶松>落叶松 B。7 月份日平均蒸腾速率

排序为:① 小黑杨 A>小黑杨>小黑杨 B;② 樟子松>樟子松 A;③ 落叶松>落叶松 B。8月份日平均蒸腾速率排序为:① 小黑杨 A>小黑杨 B>小黑杨;② 樟子松 A>樟子松;③ 落叶松>落叶松 B。9月份日平均蒸腾速率排序为:① 小黑杨 A>小黑杨>小黑杨 B;② 樟子松 A>樟子松;③ 落叶松 B>落叶松。

(2) 在测定的樟子松、落叶松、小黑杨 3 个农田防护林树种中,与小黑杨混交的落叶松 B 的蒸腾速率在 6—8 这 3 个月远低于落叶松纯林,在整个生长季的月平均蒸腾速率为落叶松纯林的 76.96%,同时与落叶松混交的小黑杨 B 的蒸腾速率也比小黑杨纯林低 17.43%,因此小黑杨与落叶松的混交林达到了降低单一树种蒸腾速率的目的,可在生产实践中逐步推广;小黑杨与樟子松混交后效果不好。

(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。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,不同结构下,同一农田防护林树种的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,其中落叶松和小黑杨 A 的蒸腾速率大气温度显著相关,樟子松、小黑杨和小黑杨 B 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、太阳总辐射和土壤含水量均表现出正相关,与相对湿度和风速均表现出负相关。

采用快速称重法研究同一树种在不同结构下的蒸腾速率大小是一次初步尝试,快速称重法受人为操作等因素的影响准确度有待提高。

此外,在选择本试验地点的过程中,由于没有同时栽种的农田防护林纯林和混交农田防护林,因此选择了林龄比较接近的林木,事实上最理想的试验设计应是从栽植初期就将纯林和混交林设置成相同的初

植密度以及相同的林龄后,再逐年进行对比研究,这有待今后作进一步深入研究。

[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] 王义弘.森林生态学实验方法[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1990.
- [3] 曹新孙.农田防护林学[M].北京:中国林业出版社,1983.
- [4] 张金池,胡海波.水土保持及防护林学[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [5] 王宇,陈丽华,余新晓,等.北京山区典型针叶林树种蒸腾特性比较研究[J].北京林业大学学报,2008,30(S2):182-187.
- [6] 李吉跃.太行山区主要造林树种耐旱特性的研究(IV):蒸腾作用与气孔调节[J].北京林业大学学报,1991,13(S2):240-250.
- [7] 刘奉宽,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] 韩蕊莲.黄土高原适生树种苗木的耗水特性[J].应用生态学报,1994,5(2):210-213.
- [9] 杨新兵,余新晓,鲁绍伟,等.基于土壤水动力学的树木根系吸水模型构建 I:单株[J].北京林业大学学报,2008,30(S2):197-200.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.