

岷江上游辽东栎与川榛在模拟 降雨过程中蒸散特征研究^{*}

常志勇^{1,2}, 包维楷², 何其华², 杨以翠¹, 李芳兰²

(1. 广西泰能工程咨询有限公司, 南宁 530023; 2. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041)

摘要: 采用密封瓶称重的方法分别在 2006 年 6 月下旬和 8 月下旬对灌丛地的辽东栎和川榛两优势种进行了室内枝叶蒸腾模拟实验, 分析了解岷江上游次生落叶阔叶灌丛在降雨过程中蒸散量, 以了解这些次生灌丛水文生态效益及涵养水源的能力。结果表明: 6 月辽东栎和川榛枝叶平均蒸腾速率均高于 8 月枝叶蒸腾速率, 分别是 8 月的 1.6 倍和 1.5 倍。两个物种枝叶蒸腾速率均随枝叶含水率的增加而减小, 但是辽东栎枝叶蒸腾速率小于相同含水率条件下的川榛的蒸腾速率。两物种枝叶蒸腾速率均与枝叶含水率呈幂函数趋势。枝叶蒸腾速率与周围环境因素和枝叶生物量等特征密切相关, 枝叶蒸腾速率随风速的增大而增加; 此外叶片数、叶面积、枝条粗细、长短均对枝叶蒸腾速率具有显著影响。

关键词: 辽东栎; 川榛; 蒸腾速率; 枝叶含水率; 水源涵养

中图分类号: S715.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0078-06

Evapotranspiration Simulation of *Quercus liaotungensis* and *Corylus heterophylla* var. *sutchuenensis*. Franch During Rainfall Process in the Upper Reaches of Minjiang River

CHANG Zhing-yong^{1,2}, BAO Wei-ka², HE Qi-hua², YANG Yi-cui¹, LI Fang-lan²

(1. Guangxi T-energy Engineering Consulting Co., LTD, Nanning 530023, China; 2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: In order to explore evapotranspiration of hypo-vegetal defoliate and broad-leaved shrubs during rainfall process in the Upper Reaches of Minjiang River, an experiment had been conducted to investigate transpiration rate of the two preponderant shrub species, *Quercus liaotungensis* and *Corylus heterophylla* var. *sutchuenensis*. Franch both in June and August. The results showed that two species had higher average transpiration rate (Tr) in June than that in August, which was 1.6 and 1.5 fold in *Q. liaotungensis* and *C. heterophylla* var. *sutchuenensis*. Franch respectively. Tr decreased with increasing water content of branches and leaves in two species. However, *Q. liaotungensis* with a less Tr than that of *C. heterophylla* var. *sutchuenensis* at the same level water content of branches and leaves. The relationships of Tr to water content of branches and leaves were fitted with the power regression equations. Additionally, Tr was closely related to microclimatic factors and biomass of branches and leaves. It increased with increases of wind speed.

Key words: *Quercus liaotungensis*; *Corylus heterophylla* var. *sutchuenensis*. Franch; transpiration rate; water content of branches and leaves; water preserving capability

林地蒸散量由林木蒸腾和土壤蒸发两部分组成^[1]。由于研究区域植被郁闭度几乎为 100%, 在降雨过程中, 土壤蒸发量非常小, 可忽略不计, 因此可近似认为在降雨条件下本区域林地蒸散量为林木

^{*} 收稿日期: 2008-06-25

基金项目: 中国科学院野外台站基金; “西部之光”人才计划共同资助

作者简介: 常志勇 (1981-), 男, 硕士生, 从事水土保持、森林水文研究。E-mail: changzy@cib.ac.cn

通信作者: 包维楷 (1968-), 男, 四川省广汉市人, 博士, 研究员, 主要研究方向为生态恢复理论与技术方法、多样性保育生态学、苔藓生态学等。E-mail: baowk@cib.ac.cn

蒸腾量,即湿林冠蒸腾量。国内外在湿林冠蒸腾方面研究报道相对较少^[2-3],然而湿林冠的蒸腾对降雨截留及森林生态系统水分循环又具有重大贡献,因而深入开展特定区域湿林冠蒸腾研究,将会为此生态系统的水源涵养、植被恢复提供更为可靠的依据。植被在降雨中的蒸散过程比较复杂,除受气象条件显著影响外,还受区域地貌条件、植被物种组成、群落结构与功能发育、降雨强度与降雨过程等综合影响。揭示降雨过程中植被蒸散强弱是有效评估生态系统水分涵养能力的基础和前提,但相关研究十分有限,尚没有成熟的研究方法和可靠的手段。

本研究以中国科学院茂县山地生态系统定位研究站为依托,选择岷江上游典型落叶阔叶灌丛为对象,采用模拟手段和经典的密封瓶称重方法,设计了针对落叶阔叶灌丛优势种在降雨过程中的蒸腾量及其变化过程的监测研究实验,目的是认识枝叶在保湿状态下的蒸腾过程及其特点,揭示优势种在不同降雨量降雨历时过程中的蒸腾量及其与枝叶特征的关系,为了解次生灌丛生态系统在降雨事件下蒸散量,并为涵养水源能力综合评估提供借鉴和参考。

1 研究区概况

研究地点位于岷江上游左岸一级支流大沟流域中段,年平均温度 8.9℃,年降水量 945.3 mm,年蒸发量为 842.6 mm,年日照时数 1 139.8 h。属暖温带气候。地带性植被原系落叶阔叶林,由于长期破坏而退化为落叶阔叶灌丛,主要种类为辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、榛树(*Corylus* SPP.)、蔷薇(*Rosa* SPP.)、栒子(*Cotoneaster* SPP.)、鬼灯檠(*Rodgersia aesculifolia* Batal.)、蓼(*Polygonum* SPP.)、莎草(*Polygonum sphaerostylum*)等。土壤为千枚岩残坡积物发育的山地棕壤,土层浅薄^[4]。

监测地位于 103°53′33″E、31°41′41″N,的平均海拔为 1 867 m,坡度分别为 33°,坡向为 NE2.5°,土壤为棕壤。具体的定位监测对象是次生落叶阔叶灌丛,密度为 171 600 株/hm²,郁闭度达 98% 以上,优势种为辽东栎和川榛(*Corylus heterophylla* var. *sutchuenensis*, Franch),其数量占灌木总数量的 64.7%,其中辽东栎约占 38.5%,川榛约占 26.2%。辽东栎的平均高度为 1.61 m,平均地径 1.82 cm,平均冠幅 0.13 m²,川榛的平均高度为 1.05 m,平均地径 0.88 cm,平均冠幅 0.07 m²;草本盖度为 38.1%,优势种为西南鬼灯檠(*Rodgersia aesculifolia* Hemsl);凋落物盖度为 76.5%,厚度 2.8 cm。

2 材料与方法

2.1 实验材料

根据次生灌丛样地植被情况,选择辽东栎、川榛两优势物种作为研究对象,进行模拟实验。

2.2 枝叶浸泡含水率及蒸腾速率的测算方法

采用密封瓶称重的方法进行植物蒸腾模拟实验进行研究^[5]。

由于枝叶蒸腾速率与枝叶本身生长部位、健康状况关系密切,另外还与气候因子有很大关联,考虑以上因素,为了再现降雨条件下植物蒸腾的真实情况,选择阴雨天气来模拟,参考刘奉觉^[5-7]关于剪枝称重实验过程及实验中误差处理方法来设计实验,完善实验中由于枝叶离体后蒸腾速率发生上升或下降的改变。

蒸腾速率(T_r)模拟实验取样方法:分别于 6 月下旬和 8 月下旬分批进行采样(6 月、7 月植物处于生长旺盛期,在 6 月下旬采样可充分代表这个阶段植物生长情况,而 8 月、9 月植物处于生长中后期,在 8 月下旬采样同样也更能表达此生长阶段植物特征,另外选择的这两个时期正处于雨季,因此,采样期既代表了植物生长特征的两个典型阶段也利于实验的顺利开展)。实验天气的选择上,选择阴雨天气。在实验枝叶的选择上,基于样地植被类型中占绝对优势的辽东栎和川榛枝叶做为研究对象的条件下,根据两优势种径级的分布特点,分别选取大、中、小三个径级的植物来剪枝,每个物种每个径级选 10 株,每株树体剪取上、中、下部位上具有普遍性特征的枝叶,每个部位剪 1 枝,即每个物种剪 90 根枝叶,同时给每根枝叶挂防水标签,用铅笔在标签上按照取样时间、物种、径级、剪取部位做详细的标记。枝叶剪下后,迅速将枝叶的切口端放入盛水的水桶中以防止空气从茎基切口进入枝条导管束,然后立即带回进行室内枝叶蒸腾模拟实验。模拟实验操作步骤:

¹ 将每次剪回的枝叶放入水中浸泡。根据近几年降雨资料中的降雨历时,把浸泡时间划分为 10 个时段,分别为 4, 6, 8, 12, 16, 24, 28 h。首先把树体上取回的枝叶按照每个物种 3 个径级 3 个剪取部位的 9 根枝叶分为一组,两个物种共分 20 个组,然后将每组枝叶根据划分的 10 个时段对应浸泡,即第一组浸泡 0.5 h,第二组浸泡 1 h,依次类推,将浸泡好后的枝叶进行每枝称重(保留切口处水滴附着),按组记录下每个枝叶的重量 $W_{xj}(g)$ (x 表示组号, $x = 1, 2, 3 \dots 10$, j 枝叶编号数, $j = 1, 2, 3 \dots 9$),接下来将每组枝叶切口端朝下插入预先装水的已知相同重量 $W_m(g)$ 的细口

聚乙烯塑料瓶中, 确保切口端没入水面以下, 为防止塑料瓶之间相互混淆, 在瓶子上贴上纸制标签, 记录内容和枝叶上挂的标签保持一致。最后在塑料瓶口用纱布密封, 防止水面暴露于空气中直接蒸发。枝叶插入水中的同时开始计时, 计时时段为当天上午 9: 00 - 23: 00, 共计 12 h;

④为了尽最大限度的保证室内气候条件和室外气候的一致性, 实验在通风条件良好的走廊进行, 为保持枝叶时刻处于湿润状态, 用装有自来水的喷雾器每间隔 1 h 喷洒枝叶一次, 同时记录实验期间温度、湿度、风速、气压等环境参数;

④使用精度为 0. 01 g 的天平分别称量每组枝叶经过 0. 5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 h 等 10 个不同时段 $Ti(h)$ (i 表示 10 个不同时段, $i= 1, 2, 3 \dots 10$) 的瓶内水重量 $Wxn(g)$ (x 表示同上, n 表示塑料瓶编号数, $n= 1, 2, 3 \dots 9$);

¼ 将经历完 12 h 蒸腾过程的 10 组枝叶取出, 测定枝条长度、枝叶茎基切口端粗细、叶片数、叶面积等参数; 分枝在烘箱内烘干称重, 记录每根枝叶的烘干重 $Mxj(g)$ (x 表示同上, j 同上)。

表 1 经历 10 个不同浸泡时间的枝叶平均蒸腾速率和含水率

川榛				辽东栎			
6 月枝叶平均蒸腾速率/ ($g \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$)	6 月枝叶平均含水率/ %	8 月枝叶平均蒸腾速率/ ($g \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$)	8 月枝叶平均含水率/ %	6 月枝叶平均蒸腾速率/ ($g \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$)	6 月枝叶平均含水率/ %	8 月枝叶平均蒸腾速率/ ($g \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$)	8 月枝叶平均含水率/ %
0. 0740	185. 00	0. 0645	41. 10	0. 0250	110. 00	0. 0180	39. 10
0. 0690	198. 00	0. 0530	53. 20	0. 0230	120. 00	0. 0150	43. 20
0. 0630	207. 00	0. 0510	72. 10	0. 0211	125. 00	0. 0130	60. 50
0. 0602	213. 60	0. 0442	81. 50	0. 0199	147. 72	0. 0125	75. 10
0. 0592	216. 46	0. 0435	97. 80	0. 0158	182. 24	0. 0100	81. 10
0. 0550	255. 95	0. 0315	119. 00	0. 0152	190. 23	0. 0091	95. 20
0. 0529	341. 66	0. 0280	132. 10	0. 0148	270. 80	0. 0089	103. 20
0. 0515	358. 94	0. 0243	148. 50	0. 0145	271. 88	0. 0080	118. 30
0. 0503	364. 77	0. 0242	179. 90	0. 0144	281. 52	0. 0080	148. 30
0. 0500	365. 50	0. 0239	222. 50	0. 0143	285. 00	0. 0079	169. 10

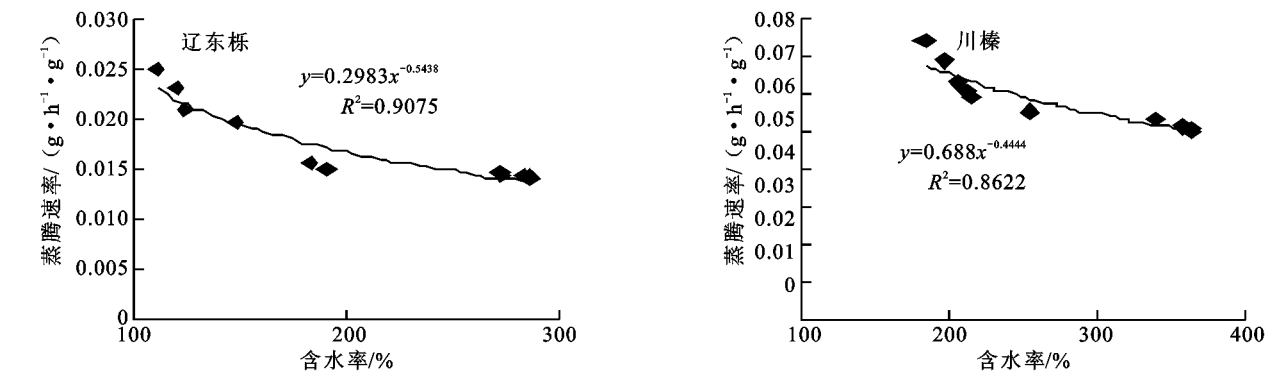


图 1 6 月枝叶蒸腾速率与枝叶含水率的关系

每 x 组枝叶含水率 $Wxl = 1/9 \sum_{j=1}^9 [(Wxj - Mxj)/Mxj \times 100\%]$;

½ 每 x 组枝叶的平均蒸腾速率计算方法: $Txr = 1/90 \sum_{i=1}^{10} [(Wm - Wxn)/(Mxj \times Ti)]$, Txr —— 枝叶平均蒸腾速率 $g/(h \cdot g)$ 。

根据天气情况, 分别在 6 月 22 日、23 日、24 日、26 日、27 日和 8 月的 22 日、23 日、24 日、28 日、29 日进行采样, 每次采样 2 组。

2. 3 数据处理方法

运用 Excel 工具, 分别统计出在 6 月和 8 月辽东栎、川榛各 10 组枝叶经历 10 个不同时段浸泡后每组枝叶的平均含水率, 做出含水率所对应的枝叶蒸腾速率的散点分布图, 根据散点分布进行曲线拟合, 观察枝叶含水率和蒸腾速率的关系; 用 SPSS11. 5 软件, 采用曲线拟合统计出每组枝叶经历 10 个不同时段蒸腾速率方程, 对两树种枝叶在相同含水率下蒸腾速率的差异性进行 Oneway ANOVA 检验, 采用相关分析方法, 分析枝叶蒸腾速率与枝叶生物学特征和环境参数的关系。

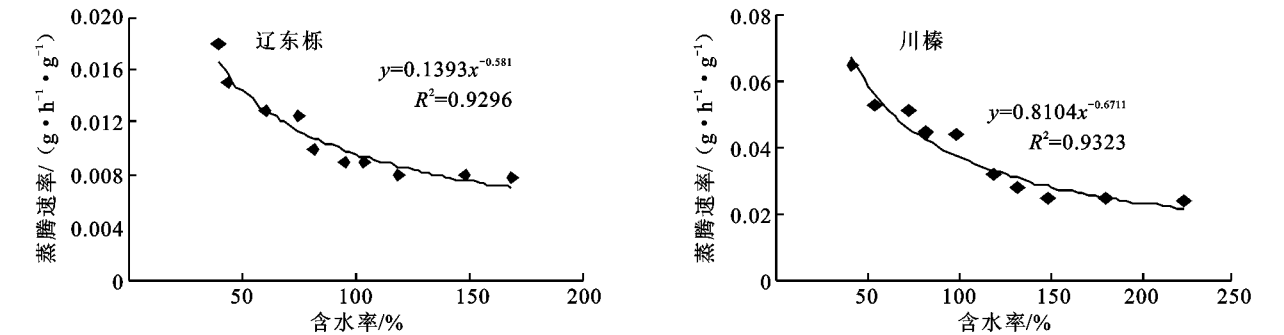


图 2 8 月枝叶蒸腾速率与枝叶含水率的关系

3 结果与分析

3.1 枝叶蒸腾速率与枝叶含水率关系

分两次各通过对 10 组辽东栎和川榛在不同含水率下枝叶的蒸腾速率可以看出(图 1, 2), 枝叶含水率越低, 其蒸腾速率越大, 随着枝叶含水率的增大, 其蒸腾速率逐渐降低, 最后趋于稳定。观测发现经相同时间浸泡处理过的 6 月份的枝叶, 其含水率高于 8 月份的含水率, 两月份枝叶蒸腾速率在相同含水率下差异性显著(sig= 0. 01< 0. 05), 6 月份植物枝叶蒸腾速率明显高于 8 月份的蒸腾速率。6 月份, 辽东栎枝叶在最小含水率 110% 单位时, 其蒸腾速率能达到 0. 025 g/(h · g), 而后其枝叶蒸腾随含水率增大而下降, 在含水率为 180% 左右时, 其蒸腾速率便逐渐趋于稳定, 表现出一个明显的拐点; 川榛也表现出相同的趋势, 当枝叶含水率大于 340% 后,

其蒸腾速率基本不在下降, 趋于稳定。8 月份这两种植物枝叶蒸腾速率也同样表现出随含水率增加而减小的趋势, 最终趋于稳定的拐点, 辽东栎拐点出现在枝叶含水率为 110% 左右, 而川榛在 140% 左右。通过对两物种枝叶在相同含水率下蒸腾速率差异性分析发现, 其蒸腾速率差异性显著, 川榛枝叶蒸腾速率远大于辽东栎蒸腾速率。总体来看, 植物由生长旺盛期转入生长中后期, 其枝叶蒸腾速率会显著降低, 辽东栎枝叶蒸腾速率明显的小于川榛枝叶的蒸腾速率。

3.2 枝叶蒸腾速率与间隔时间的关系

为了解植物枝叶蒸腾速率随时间改变的变化情况及植物枝叶生理特征对时间响应, 减小实验误差, 对枝叶插入瓶中后进行了 10 个不同时段蒸腾速率的监测方法。表 2 是两个物种各 10 组枝叶经历 12 个小时后蒸腾速率和蒸腾时间的关系函数。

表 2 枝叶蒸腾速率与蒸腾时间间隔的关系

项目	辽东栎		川 榛	
	6 月	8 月	6 月	8 月
第一组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0036X + 0. 018$ ($R^2 = 0. 803$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0049X + 0. 0091$ ($R^2 = 0. 797$)	$Y= - 0. 0005X^2 + 0. 0066X + 0. 0602$ ($R^2 = 0. 928$)	$Y= - 0. 0006X^2 + 0. 0074X + 0. 0503$ ($R^2 = 0. 869$)
第二组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0037X + 0. 0162$ ($R^2 = 0. 791$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0045X + 0. 0062$ ($R^2 = 0. 791$)	$Y= - 0. 0005X^2 + 0. 0065X + 0. 0565$ ($R^2 = 0. 960$)	$Y= - 0. 0005X^2 + 0. 0064X + 0. 0412$ ($R^2 = 0. 877$)
第三组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0039X + 0. 0136$ ($R^2 = 0. 835$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0041X + 0. 0056$ ($R^2 = 0. 801$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0044X + 0. 0547$ ($R^2 = 0. 871$)	$Y= - 0. 0005X^2 + 0. 0064X + 0. 0390$ ($R^2 = 0. 848$)
第四组	$Y= - 0. 0002X^2 + 0. 0029X + 0. 0144$ ($R^2 = 0. 826$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0043X + 0. 0045$ ($R^2 = 0. 804$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0051X + 0. 0502$ ($R^2 = 0. 933$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0038X + 0. 0370$ ($R^2 = 0. 819$)
第五组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0031X + 0. 0098$ ($R^2 = 0. 818$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0034X + 0. 0035$ ($R^2 = 0. 821$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0051X + 0. 0487$ ($R^2 = 0. 949$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0047X + 0. 0345$ ($R^2 = 0. 791$)
第六组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0035X + 0. 0084$ ($R^2 = 0. 806$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0036X + 0. 0020$ ($R^2 = 0. 863$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0045X + 0. 0459$ ($R^2 = 0. 880$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0037X + 0. 0253$ ($R^2 = 0. 801$)
第七组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0037X + 0. 0074$ ($R^2 = 0. 831$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0033X + 0. 0021$ ($R^2 = 0. 800$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0047X + 0. 0443$ ($R^2 = 0. 840$)	$Y= - 0. 0004X^2 + 0. 0043X + 0. 0198$ ($R^2 = 0. 853$)
第八组	$Y= - 0. 0002X^2 + 0. 0029X + 0. 0094$ ($R^2 = 0. 794$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0033X + 0. 0016$ ($R^2 = 0. 817$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0041X + 0. 0437$ ($R^2 = 0. 920$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0035X + 0. 0172$ ($R^2 = 0. 828$)
第九组	$Y= - 0. 0002X^2 + 0. 0029X + 0. 009$ ($R^2 = 0. 791$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0036X + 0. 0008$ ($R^2 = 0. 816$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0038X + 0. 0430$ ($R^2 = 0. 922$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0033X + 0. 0179$ ($R^2 = 0. 856$)
第十组	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0035X + 0. 0074$ ($R^2 = 0. 866$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0035X + 0. 0009$ ($R^2 = 0. 870$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0037X + 0. 0429$ ($R^2 = 0. 776$)	$Y= - 0. 0003X^2 + 0. 0032X + 0. 0177$ ($R^2 = 0. 859$)

注: Y 表示枝叶蒸腾速率, X 表示间隔时间。

表 3 枝叶蒸腾速率与对应的环境因子

日期/ (月-日)	风速/ (m·s ⁻¹)	温度/ ℃	气压/ hPa	相对湿度/ %	川榛平均蒸腾速率/ (g·h ⁻¹ ·g ⁻¹)	辽东栎平均蒸腾速率/ (g·h ⁻¹ ·g ⁻¹)
6-22	0.43	14.59	814.04	77.17	0.0503	0.0144
6-22	0.43	14.59	814.04	77.17	0.0500	0.0143
6-23	0.43	14.51	815.10	72.33	0.0550	0.0152
6-23	0.43	14.51	815.10	72.33	0.0529	0.0148
6-24	0.77	14.20	815.18	69.25	0.0630	0.0211
6-24	0.77	14.20	815.18	69.25	0.0592	0.0158
6-26	0.45	14.14	813.17	72.92	0.0602	0.0199
6-26	0.45	14.14	813.17	72.92	0.0515	0.0145
6-27	1.04	14.60	812.04	67.83	0.0740	0.0250
6-27	1.04	14.60	812.04	67.83	0.0690	0.0230
8-22	0.70	17.47	814.82	83.46	0.0435	0.0100
8-22	0.70	17.47	814.82	83.46	0.0315	0.0091
8-23	0.83	15.50	815.31	83.33	0.0510	0.0130
8-23	0.83	15.50	815.31	83.33	0.0442	0.0125
8-24	0.48	16.53	816.10	86.35	0.0242	0.0080
8-24	0.48	16.53	816.10	86.35	0.0239	0.0079
8-28	0.62	18.71	813.45	85.75	0.0280	0.0089
8-28	0.62	18.71	813.45	85.75	0.0243	0.0080
8-29	0.82	19.99	811.59	82.75	0.0645	0.0180
8-29	0.82	19.99	811.59	82.75	0.0530	0.0150

通过表 2 发现,无论是 6 月还是 8 月的实验,两种植物均表现出枝叶蒸腾速率与蒸腾时间关系密切,呈现 2 次函数曲线关系。同时还显现出枝叶在刚插入水中的 1~ 2 h 内,其蒸腾速率较小,随后随时间推移逐渐增大,而后又出现下降趋势,蒸腾速率与蒸腾时间呈似抛物线关系。

3.3 枝叶蒸腾速率与环境因子的关系

通过对 10 组枝叶蒸腾速率和环境因子的相关分析可知,枝叶蒸腾速率与测定时的风速、湿度关系密切,呈现出显著相关性,与气温、气压关系不明显(表 4)。实验观测发现枝叶蒸腾速率呈现出随风速增大而增大,随相对湿度增大而减小,风速对枝叶蒸腾影响较大,如当风速由 6 月 23 日的 0.43 m/s 转变到 6 月 24 日的 0.77 m/s 时,无论是辽东栎还是川榛,它们的蒸腾速率均有较大幅度的提高,其中川榛蒸腾速率提高明显,提高了近 20%。在风速比较一致的气候条件下对两次蒸腾速率进行比较,结果发现,8 月两种植物的蒸腾速率比 6 月均有所降低,川榛降低了近 50%。

3.4 枝叶蒸腾速率与枝叶生物学特征的关系

通过表 5 可以看出,枝叶叶片数量越多,枝条越粗,长度越长,其单位时间的耗水量越大。同时通过对辽东栎和川榛各 10 组枝叶生物量指标与每组枝叶单位时间内所对应的蒸腾量进行相关分析知,无论是

辽东栎还是川榛,其枝叶单位时间内蒸腾量均与叶片数量、枝条粗细、枝条长度、枝叶干重呈显著正相关,甚至有些呈极显著相关(表 6)。8 月枝叶蒸腾速率与枝叶生物量同样呈显著相关,在本文中未列出此次实验枝叶蒸腾速率与生物量的相关数据。

表 4 枝叶蒸腾速率与环境因子的相关分析

项目	风速	气温	气压	相对湿度
6 月川榛	0.916* *	0.089	- 0.551	- 0.859* *
6 月辽东栎	0.843* *	0.079	- 0.614	- 0.751*
8 月川榛	0.867* *	0.286	- 0.567	- 0.882* *
8 月辽东栎	0.867* *	0.286	- 0.567	- 0.882* *

注: * * 表示 0.01 水平显著, * 表示 0.05 水平显著。

4 讨 论

辽东栎和川榛虽然分属于不同的物种,但两者枝叶含水率与蒸腾速率均表现出蒸腾速率随枝叶含水率的增大而降低的幂函数关系,表现出此种关系除了和植物本身生理特征有关外,还与测定时间有关。从实验观察看,白天枝叶用于蒸腾的水量较大,而夜晚则较小。这和植物水分蒸腾主要靠气孔散失有关,因为白天植物叶片气孔张开,利于蒸腾,而晚上叶片气孔闭合,因此昼夜枝叶蒸腾量差异明显。这和郭柯等人在沙棘等植物研究结果基本一致^[8-9]。而两种植物在枝叶蒸腾速率上的差异,主要原因可能和植物本身

生态学特征和生物特征有很大关系^[8]。此外,当枝叶含水率增大到一定量时,其蒸腾速率便不再随含水率的增加而减小,出现明显的拐点,此趋势和于红博^[10]在雨天对沙棘的测定一致。

表 5 6 月份辽东栎和川榛 10 组枝叶的生物学特征及蒸腾量

辽东栎枝叶					川榛枝叶				
叶片数/ 片	枝直径/ mm	枝长度/ cm	干重/ g	单位时间耗 水量/(g·h ⁻¹)	叶片数/ 片	枝直径/ mm	枝长度/ cm	干重/ g	单位时间耗 水量/(g·h ⁻¹)
30	5.44	48.1	18.30	0.46±0.10	41	5.2	70.1	11.21	0.83±0.22
50	5.88	55.3	21.36	0.49±0.12	38	4.6	56.2	9.88	0.68±0.30
65	7.02	65.2	26.53	0.56±0.08	29	4.1	47.9	7.21	0.45±0.11
40	7.10	60.1	20.45	0.41±0.16	35	4.6	56.5	7.14	0.43±0.15
54	6.88	50.4	23.58	0.37±0.07	36	5.1	73.7	9.86	0.58±0.08
24	6.72	43.0	16.48	0.25±0.11	26	4.1	53.0	6.67	0.37±0.10
21	4.50	22.7	6.66	0.10±0.02	17	3.8	32.7	4.13	0.22±0.03
18	4.24	22.0	5.67	0.08±0.01	17	3.9	38.0	3.25	0.17±0.03
41	4.64	36.7	8.79	0.13±0.05	29	4.9	33.4	6.98	0.35±0.07
44	4.89	39.0	7.99	0.11±0.02	22	4.7	34.0	6.51	0.33±0.11

表 6 6 月辽东栎和川榛枝叶蒸腾速率与枝叶构件的相关分析

项 目	辽东栎枝叶				川榛枝叶			
	叶片数	枝直径	枝长度	干重	叶片数	枝直径	枝长度	干重
单位时间蒸腾量	0.641*	0.758*	0.911**	0.947**	0.931**	0.737*	0.820**	0.970**

注: * 在 0.05 水平关系显著, ** 在 0.01 水平关系显著。

枝叶蒸腾速率和风速、相对湿度相关性密切,此结果和段华平^[11]在茶园蒸腾的研究结果上一致。虽然段华平所做的植物蒸腾研究是基于晴天而做,和本实验在取样时间和实验阶段天气状况方面均存在一定的差异,但植物蒸腾和气象因子却均有较好的相关性,这也说明了无论晴天还是阴雨天,气象因子均是影响植物蒸腾的重要因素之一。本实验中气温和枝叶蒸腾速率相关性不显著,风速对湿林冠蒸腾影响远大于太阳辐射影响。这和 Asdak C^[12]研究结论一致。

枝叶蒸腾速率和枝叶本身结构关系密切。叶面积越大,枝条越粗,其蒸腾量就相对较高,反之则较低。植物在生长旺盛期,自身新陈代谢速率加快,势必会造成植物体内水分循环速率提高,而在生长中后期,由于植物体内细胞活动缓慢甚至停滞,致使水分在体内运送速度减慢,因此导致植物在生长旺盛期的蒸腾速率要明显高于生长中后期的蒸腾速率。

致谢: 本文中植被调查部分由茂县生态站上李贵权、唐宗平、官福安等人协助完成,在此表示感谢。

参考文献:

[1] 刘绍民,李银芳. 箭杆杨林地蒸散的研究[J]. 干旱区研究, 1996, 13(2): 74-76.
[2] 杨万勤,王开运, Seppo Kellomki, 等. 川西亚高山三个森林群落的湿林冠蒸发速率[J]. 山地学报, 2004, 22

(5): 598-605.
[3] Stewart J B. Evaporation from the wet canopy of a pine forest[J]. Water Resource Research, 1977, 13: 915-921.
[4] 包维楷, 乔永康, 钱能斌. 清带造林技术评价研究[J]. 生态农业研究, 1998, 6(2): 44-47.
[5] 刘丰觉. 树木蒸腾耗水量的测算方法[J]. 林业科技通讯, 1991(1): 27-29.
[6] 巨关升, 刘丰觉, 郑世 锴. 选择树木蒸腾耗水测定方法的研究[J]. 林业科技通讯, 1998(10): 12-14.
[7] 刘丰觉. 杨树叶片离体前后蒸腾速率的变化[J]. 植物生理学通讯, 1990(1): 57-59.
[8] 郭柯, 董学军, 赵雨星, 等. 植物剪枝蒸腾速率变化规律的初步研究[J]. 植物学报, 1996, 38(8): 661-665.
[9] 杨劼, 高清竹, 李国强, 等. 皇甫川流域几种主要植物水分生态特征[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2387-2394.
[10] 于红博, 杨劼, 臧春鑫, 等. 皇甫川流域中国沙棘树干液流日变化及其相关因子[J]. 生态学杂志, 2008, 27(7): 1071-1076.
[11] 段华平, 谢小立, 王凯荣. 红壤坡地茶园蒸腾及其影响因素研究[J]. 农村生态环境, 2002, 18(2): 19-23.
[12] Asdak C, Jarvis P G, Gardingen P V. Evaporation of intercepted precipitation based on an energy balance in unlogged and logged forest areas of central Kalimantan, Indonesia[J]. Agricultural and Forest Meteorology. 1998(92): 173-180.