

晋西黄土区沙棘与冰草蒸腾耗水规律研究

冯愿楠, 朱清科, 毕华兴

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治国家重点实验室, 北京 100083)

摘 要:在沙棘与冰草生长季的典型阴、晴天, 通过对其叶片蒸腾速率、光强、气孔扩散阻力的测定, 探讨晋西黄土区典型灌草植被沙棘、冰草的蒸腾耗水规律。结果表明: 研究区内沙棘与冰草在生长季典型阴、晴天蒸腾速率日变化曲线均呈单峰曲线; 阴、晴天光强对沙棘、冰草蒸腾速率的影响均大于扩散阻力的影响; 阴天单株沙棘、冰草的日蒸腾量分别为 2 427.81, 6.99 g, 晴天分别是 2 521.19, 13.41 g。这些结果为提高该地区林木水分利用率提供了理论基础。

关键词:沙棘; 冰草; 蒸腾速率; 光强; 扩散阻力

中图分类号: Q945.172; S715.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0180-04

Study on Transpiration and Water Consumption of *Hippophae rhamnoides* and *Agropyron cristatum* in the Loess Area of Western Shanxi Province

FENG Yuan-nan, ZHU Qing-ke, BI Hua-xing

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Control, Beijing 100083, China)

Abstract: The typical vegetation, such as *Hippophae rhamnoides*, *Agropyron cristatum*, were selected in the Loess area of western Shanxi province. And the transpiration, light intensity, stomatic resistance of the vegetation were observed and analyzed. The results showed as follows: diurnal course of transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* and *Agropyron cristatum* are single-peak type curve, the max transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* is higher than that of *Agropyron cristatum* in cloudy day but is lower in sunny day. In different weather condition, the influence of light intensity on the transpiration is bigger than stomatic resistance. The daily transpiration amount of *Hippophae rhamnoides* is smaller than that of *Agropyron cristatum*. Above the results will be provide the science basis of improving forest water use efficiency for the Loess area.

Key words: *Hippophae rhamnoides*; *Agropyron cristatum*; transpiration rate; light intensity; stomatic resistance

沙棘(*Hippophae rhamnoides*)是黄土高原大面积营造的灌木, 但目前在该地区营造沙棘林仍存在育苗成活率低、保存率低、成林后的沙棘林生产力较低等问题^[1], 其原因是水分限制该地区植物生长。冰草(*Agropyron cristatum*)是该区典型的草本, 耐旱能力强^[2], 以往对于冰草的研究, 多侧重于分类、生物学特性及栽培等方面(谷安琳等, 1994; 云锦凤等, 1989; 耿本仁, 1983), 对其蒸腾特性的研究不多。因此研究了沙棘、冰草的蒸腾速率日变化, 进一步分析了蒸腾速率与其影响因子的相关关系, 旨在提高黄土区林木水分利用效率提供理论基础。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区蔡家川流域位于山西省黄土高原西南部的吉县境内, 地理位置介于 110°27'—111°07'E, 35°53'—36°21'N。

属典型的梁峁状残塬沟壑区, 土壤类型为碳酸盐褐土。沟壑密度达 0.8 km/km², 流域海拔为 904~1 592 m, 相对高差为 688 m。气候属大陆性气候, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 3 357.9 $^{\circ}\text{C}$, 年降水量为 579.5 mm, 且集中于 7—9 月, 占全年降水量的 59.5%。年均蒸发量为 1 723.9 mm, 4—7 月蒸发量最大, 占全年蒸发量的 54%。各月蒸发量远大于降雨量, 而 4—6 月蒸发量是降雨量的 4~5 倍。

1.2 研究方法

在试验区选择一典型坡面, 并分别选取具有代表性的沙棘、冰草各 3 株, 测定时间为 6:00—18:00, 每隔 2 h 测定一次。测定沙棘时, 分上、下 2 层测定, 每一层在东、南、西、北 4 个方向选取样叶进行连体测定; 测定冰草时, 选不同生长方向的两片叶进行测定。测定仪器为 LI-1600 稳态气孔计, 测定项目包括叶片蒸腾速率($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)、气孔扩散阻力(s/cm)、叶室环境温度($^{\circ}\text{C}$)、叶片温度($^{\circ}\text{C}$)、叶室相对湿度

收稿日期: 2007-07-08

基金项目: 黄土区农林复合系统可持续经营技术研究(2006BAD03A0503)

作者简介: 冯愿楠(1983—), 女, 贵州思南人, 硕士研究生, 主要从事数字流域与数字水文研究。E-mail: fyhappy-ever@163.com

(%)、光照强度($\mu\text{mol}/\text{s} \cdot \text{m}$)。

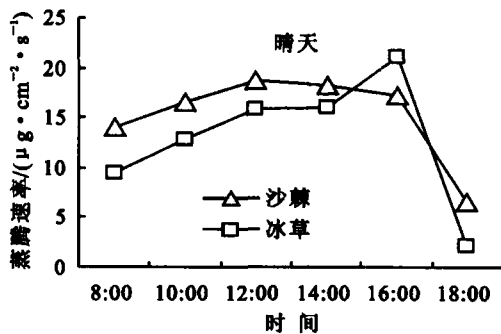
本实验在每株沙棘、冰草上选择样本叶,然后将样叶固定在方格纸上,拍照后用 Photoshop 计算样叶面积,计算公式为:样本叶面积=已知背景方格面积 \times 叶所占像素/(叶所占像素+已知背景方格所占像素),最后乘以每株叶数进而推算出全株总叶面积^[3]。

单株沙棘、冰草日蒸腾量的计算公式为:日蒸腾量(μg)=日平均蒸腾速率($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) \times 时间(s) \times 面积(cm^2)

2 结果与分析

2.1 蒸腾速率的日变化规律

将晴、阴天 3 株沙棘、冰草的蒸腾数据分别平均,其日变化规律见图 1。从图 1 可以看出,晴天,沙棘的蒸腾速率在 12:00 达最大值 18.69 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,并在 12:00—16:00 内



都呈较高的蒸腾速率;冰草在 16:00 达到最大值,其最大值 21.05 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,大于沙棘的最大值。阴天沙棘、冰草蒸腾速率分别在 12:00,8:00 时到最大值,沙棘的最大值为 22.15 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 大于冰草的最大值 8.36 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

沙棘晴、阴天蒸腾速率日变化趋势相同,从清晨起随着光照的不断增强,气孔受光线的影响而张开,气孔扩散阻力不断减小,在 12:00 蒸腾速率达峰值,此后因气温升高增大了叶内外水汽压梯度,强烈蒸腾下叶水势降低引起气孔扩散阻力增大,蒸腾因之减弱;而冰草晴、阴天蒸腾速率日变化趋势则不同,特别是阴天,在 8:00 即已经呈现较高的蒸腾速率,这和天气状况有关,阴天在 8:00 时光照比 9:00,10:00 时要充足,而且因为阴天气强变化不大,所以蒸腾速率也变化不大。

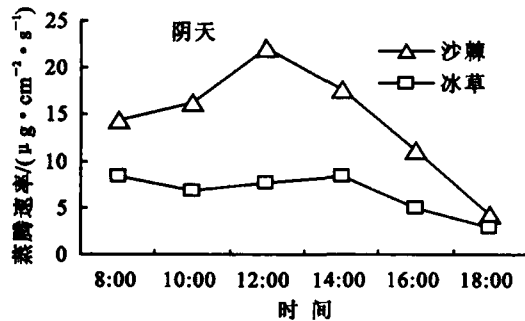


图 1 沙棘与冰草蒸腾速率日变化对比

由以上分析可知,沙棘与冰草一天中蒸腾速率最大值出现的时间是不同的,阴、晴天对这两种植物蒸腾速率的影响也是不同的。

2.2 蒸腾速率、光强、扩散阻力日变化规律对比分析

影响林木蒸腾速率的主要因子是太阳辐射强度、大气温度、大气相对湿度、大气 CO_2 浓度、土壤水分状况等。气孔扩散阻力反映了气孔开启的变化^[4],它直接影响到植物叶片的蒸腾作用。光强是影响植物蒸腾速率的外部因子,气孔扩散阻力为自身因子,选取光强、扩散阻力这两种表示内、外部影响因子的日变化与蒸腾速率的日变化进行对比。

2.2.1 蒸腾速率与光强、扩散阻力日变化趋势对比分析

沙棘、冰草蒸腾速率、光强、气孔扩散阻力日变化趋势见

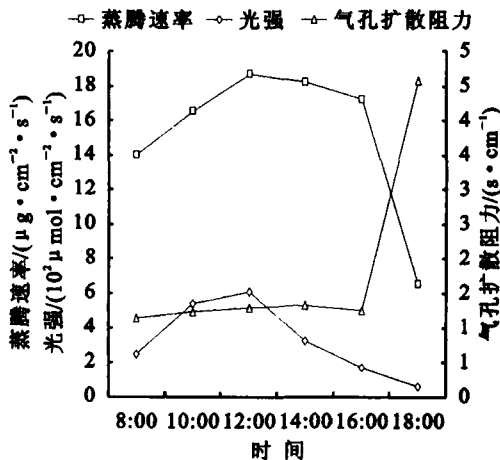


图 2 沙棘晴天日变化

图 2—5。从图 2、图 4 可以看出,晴天、阴天沙棘光强、蒸腾速率都在 12:00 达到最大值,分别为 $6.08 \times 10^2 \mu\text{mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 、18.69 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 和 $7.84 \times 10^2 \mu\text{mol}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 、22.15 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,沙棘阴、晴天光强与蒸腾速率的变化趋势相同,随着时间推移光强、蒸腾速率增加,在 12:00 达到一个最大值然后下降,而冰草阴、晴天蒸腾速率、光强的变化趋势不同。气孔扩散阻力反映了气孔开启的变化^[5],它直接影响到植物叶片的蒸腾作用,叶片气孔是水分出入的通道,植株 80%~90% 的水分由气孔散失^[14],气孔阻力越大,蒸腾速率越小,由图 4 可看出阴天沙棘气孔扩散阻力与蒸腾速率日变化趋势相反,从图 5 可以看出,阴天冰草蒸腾速率与扩散阻力日变化趋势相反。

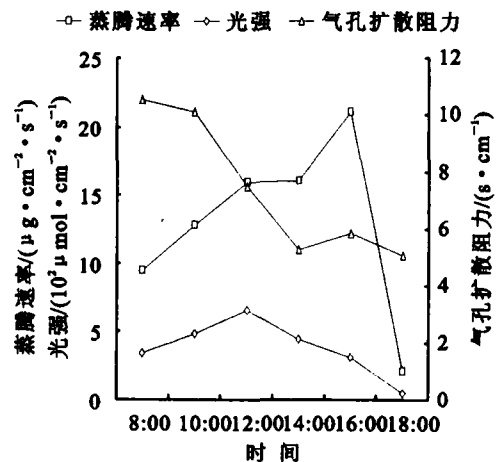


图 3 冰草晴天日变化

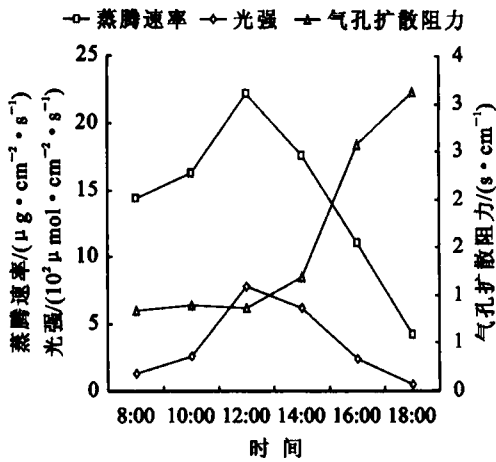


图 4 沙棘阴天日变化

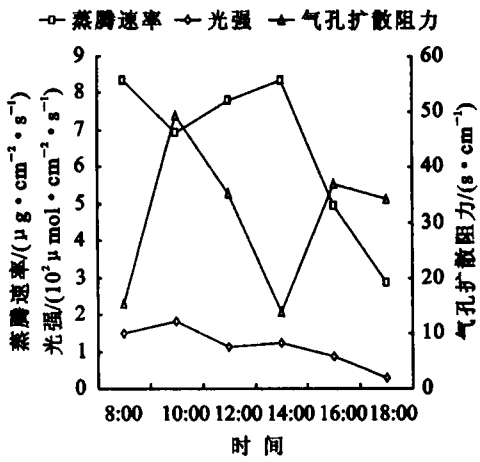


图 5 冰草阴天日变化

2.2.2 蒸腾速率与影响因子的关系分析

用 Excel 对蒸腾速率、光强、气孔扩散阻力进行相关性

分析,结果如图 6—9。

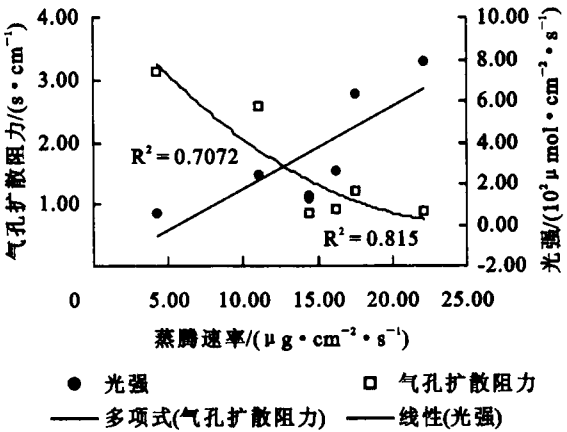


图 6 阴天沙棘的关系分析

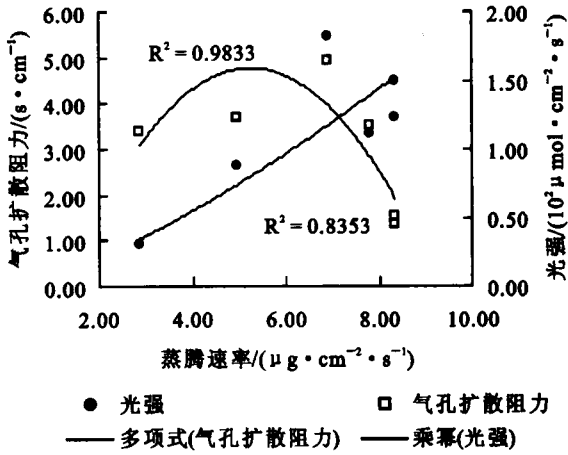


图 7 阴天冰草的关系分析

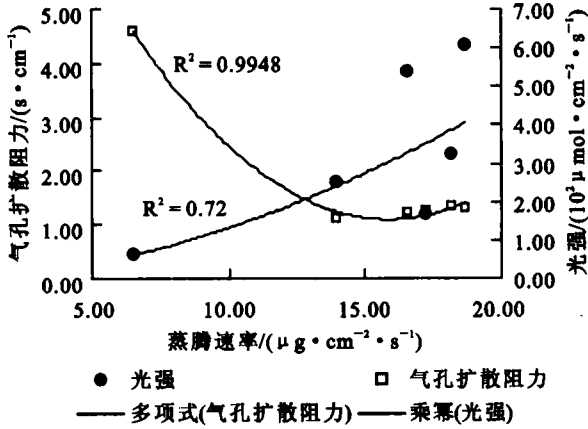


图 8 晴天沙棘的关系分析

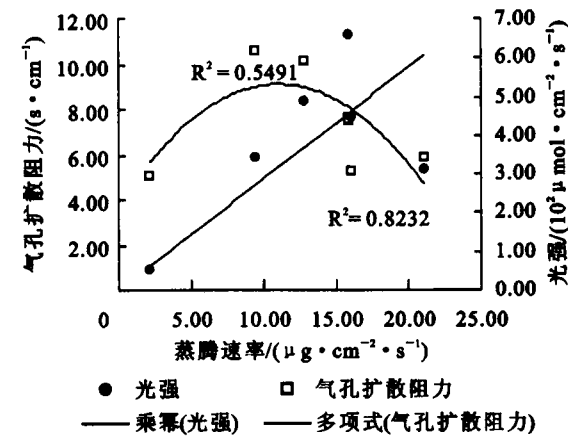


图 9 晴天冰草的关系分析

表 1 单株沙棘、冰草在生长季典型阴、晴天日蒸腾量

植物名称	单株叶片 总面积/ cm ²	阴天		晴天	
		单位面积 日蒸腾量 校正值/ (g·cm ⁻²)	日蒸 腾量/ g	单位面积 日蒸腾量 校正值/ (g·cm ⁻²)	日蒸 腾量/ g
沙棘	9337.73	0.26	2427.81	0.27	2521.19
冰草	58.3	0.12	6.99	0.23	13.41

由图 6—9 可知,除晴天冰草蒸腾速率与气孔扩散阻力的相关系数平方为 0.549 1 外,说明晴天冰草气孔扩散阻力对蒸腾速率的影响不大,其余的相关系数的平方值均大于 0.7,说明蒸腾速率与光强、气孔扩散阻力的相关性显著,光强、气孔扩散阻力对蒸腾速率有较大影响。

2.3 沙棘、冰草单株的日蒸腾耗水量

其计算结果见表 1。由于仪器条件引起的系统偏差,可用校正系数予以订证,该仪器的校正系数为 0.5,校正值见表 1,校正后的值相当于自然条件下的蒸腾耗水量。由表 1

日蒸腾量的平均值可知,阴、晴天沙棘的蒸腾量相差不大,而冰草晴天的蒸腾量却比阴天高出很多。影响植物蒸腾量的因素有外在环境因素(气温、相对湿度、光强等)和内在生理因素(气孔扩散阻力等),且后者还要受前者影响,因此影响植物蒸腾量的因素是复杂的,同一种植物单位面积日蒸腾量不同,说明了外在环境因子对植物蒸腾的影响,灌木沙棘晴、阴天单位面积日蒸腾量之差要小于草本冰草,说明不同天气状况对冰草的影响要大于对沙棘的影响。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)沙棘在晴天、阴天的蒸腾速率日变化曲线均呈明显的单峰型。晴天沙棘蒸腾速率最大值为 $18.69 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,阴天最大值为 $22.15 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,最大值出现的时间均在 12:00;冰草在晴天、阴天的蒸腾速率日变化曲线也呈单峰型,晴天冰草蒸腾速率最大值为 $21.05 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,阴天最大值为 $8.36 \mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

(2)沙棘和冰草在生长季典型阴、晴天蒸腾速率和光强、扩散阻力的关系很明显,一般是随着光强的增加而增大,随着扩散阻力的增大而减小。阴、晴天光强对沙棘、冰草蒸腾速率影响均大于扩散阻力对蒸腾速率的影响。

(3)阴天单株沙棘、冰草的日蒸腾量分别为 2427.81 , 6.99 g ,晴天分别是 2521.19 , 13.41 g 。不同天气状况下,灌木沙棘单位面积日蒸腾量之差要小于草本冰草。

3.2 讨论

水分利用效率是植物消耗单位重量水分所固定 CO_2 的数量,其决定于植物光合与蒸腾速率作用的比例,它对植被适应半干旱生态环境有重要意义。沙棘与冰草为黄土区典型植被,通过研究它们在典型天气蒸腾速率的日变化,可分析叶片气孔开度在不同时间的变化情况,再通过分析影响叶片气孔开度的原因,可探讨控制植物叶片气孔开度的措施,这为调节叶片蒸腾速率,从而提高林木的水分利用效率有重要的指导意义。研究半干旱地区林木的实际蒸腾量,对研究防护林密度调整、提高林木水分利用率及林分稳定有重要的理论意义。

(上接第 179 页)

4.4 加强管理,促进防灾网络发挥作用

监测责任人要组织监测小组,对地质灾害进行准确的监测,对监测资料进行记录整理,提供准确数据,及时反映到有关管理部门和专业部门,以便做出正确的预防措施,确定联系方法,保证信息迅速准确地上传下达,一有灾情发生,能迅速预警,让人民群众有条不紊地安全撤离险区;一旦灾害发生,地质灾害防治主要责任人要及时组织人员抢险救灾,治安保卫单位和医疗救护单位要进入工作状态,保证抢险救灾工作的正常秩序,保证灾区人民群众生命财产安全及灾后重建资金和物资能及时到达受灾区。

4.5 增加防灾投入,加快灾害防治

针对重大治理工程,应积极治理以防灾害对人民造成损失。自然因素诱发地质灾害,要积极争取国家地质灾害防治专项补助资金,以及地方政府地质灾害防治专项基金;因工

参考文献:

- [1] 火树华. 树木学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [2] 杜占池. 冰草叶片光合速率与生态因子的关系[J]. 草地学报,2000,8(3):155-163.
- [3] 白由路,杨俐苹. 基于图像处理的植物叶面积测定方法[J]. 农业网络信息,2004(1):36-38.
- [4] 王德利,王正文,张喜军. 羊草两个趋异类型的光合生理生态特征比较的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(6):838-843.
- [5] 陈山,刘起,等. 中国草地饲用植物资源[M]. 沈阳:辽宁出版社,1994.
- [6] 阮成江,李代琼. 黄土丘陵区沙棘的蒸腾特性及影响因子[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(4):327-331.
- [7] 刘奉觉. 树木蒸腾耗水量的测算方法[J]. 林业科技通讯,1991(1):27-29.
- [8] 王百田,竹内信治,角张嘉孝,等. 吉县人工刺槐、油松林生理蒸腾的初步研究[M]//中国黄土高原治山技术培训项目合作研究论文集. 北京:中国林业出版社,1994:210-220.
- [9] 巨关升,刘奉觉,郑世错. 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.
- [10] 谷安琳,云锦凤, Larry, Holworth. 冰草植物在内蒙古干旱草原的建植试验[J]. 中国草地,1994,(3):37-41.
- [11] 刘洪章,齐洁. 沙棘果实生长动态研究[J]. 沙棘,2006,19(2):1-3.
- [12] 贺康宁,田阳,张光灿. 刺槐日蒸腾过程的 Penman-Monteith 方程模拟[J]. 生态学报,2003,23(2):251-258.
- [13] Liang Z S, Li M, Wang J F. Study development on the physiological mechanism of drought-resistance of seabuckthorn[J]. Hippophae, 1998, 11(3):8-12.
- [14] Kramer P J. Water Relations of Plants[M]. New York: Academic Press, 1983:325-326.

程建设等人为活动引发的地质灾害,由责任单位承担治理责任资金;增加生态环境治理投入,选择合适的树种或草种,辅以坡改梯、水改旱、地表排水等措施,减少水土流失面积,增强斜坡稳定性,有效控制地质灾害的发生。

参考文献:

- [1] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策(总论)[M]. 北京:科学出版社,1994:5.
- [2] (美)弗兰克·普内斯,雷蒙德·西弗尔. 卢焕章等译. 地球[M]. 重庆:重庆出版社,1990.
- [3] 中国地质环境监测院. “县(市)地质灾害调查与区划基本要求”实施细则[R].
- [4] 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.