

几种沙漠植物蒸腾作用特性及其环境响应机制的研究

格日乐¹,乌仁陶德²,张 力³,吉米斯⁴,刘 军⁵

(1. 内蒙古农业大学生态环境学院,呼和浩特 010019;2. 内蒙古大学,呼和浩特 010021;3. 华北科技学院,河北 三河 101601;
4. 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗林业局,鄂尔多斯 017400;5. 内蒙古自治区林木种苗站,呼和浩特 010051)

摘 要:对库布齐沙漠 2、3、4 年生人工梭梭、4 年生人工沙枣、柠条以及天然植物油蒿,进行了蒸腾速率与相关环境因子气温、大气相对湿度和 0~160 cm 土层的土壤含水率的测定。结果表明:不同植物种其蒸腾特征各异;气温和大气湿度与蒸腾速率日进程的变化趋势总体表现出随着气温的升高(或大气相对湿度的降低),蒸腾速率亦呈升高的趋势。几种植物蒸腾速率的季节变化总体表现出随着土壤含水率的增加而增加,降低而降低。蒸腾速率与土壤含水率季节变化的相关性因植物种而异。几种植物中油蒿 10~100 cm 层土壤含水率和 2 年生梭梭、3 年生梭梭 0~130 cm 层土壤含水率与蒸腾速率呈直线相关,相关系数分别为 0.811、0.694 和 0.955 ($P=0.05$),而沙枣、柠条和 4 年生梭梭的蒸腾速率与土壤含水量的相关性不显著。这表明,在天然降水条件下,植物蒸腾作用的季节变化趋势不仅受土壤水分的影响,还与植物自身生长节律和生理调控等其它因素有关。

关键词:沙漠植物;蒸腾作用;环境响应机制

中图分类号:X171.1;Q945.172

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)01-0184-03

The Study on Transpiration of Several Desert Plants and Environment Responding Mechanism

GErile¹, WUrentaode², ZHANG Li³, JImisi⁴, LIU Jun⁵

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019;
2. Inner Mongolia University, Huhhot 010021;3. North China Institute of Science and Technology, Sanhe, Hebei 101601;4. Hangjinqi Forestry Bureau of Inner Mongolia, Eerduosi 017400;
5. Inner Mongolia Autonomous Region Forest Seedling Station, Huhhot 010051, China)

Abstract: Evapotranspiration rate of four plants 2, 3, 4-year-old *Haloxylon ammodendron*, *Carragana korshinskii*, 4-year-old *Elaeagnus angustifolia* and regional *Artemisia ordosica* in Kubuqi desert were measured in different seasons. In addition, air temperature, soil water, relative moisture and so on were measured at the same time. As a result, transpiration rates vary greatly with the change of seasons for different species. With the increase of temperature, the evapotranspiration rate is increased. however, the seasonal changes of evapotranspiration rate are dependent on the changes of soil moisture. The relationship between evapotranspiration rate and seasonal soil water content are different in plants. Transpiration rate was correlated in linearity with soil water content of different layers. The correlation of linearity were observed to *Artemisia ordosica* and 2, and 3-year *Haloxylon ammodendron*, the correlation coefficient are 0.811, 0.694 and 0.955 ($P=0.05$) respectively. In the contrast, there are no significant correlation between soil moisture and evapotranspiration rate of *Elaeagnus angustifolia*, *Carragana korshinskii* and 4-year-old *Haloxylon ammodendron*. These results suggest that under the natural condition, the seasonal changes of evapotranspiration rate is not only dependant on the effluence of edaphic moisture but also the other factors such as growth rhythm of plant itself and physiological regulation etc.

Key words: desert plant; evapotranspiration; environment responding mechanism

蒸腾是植物生理特性之一,关于植物蒸腾的研究有不少报道^[1-6],但植物蒸腾不仅受气候和土壤水分的影响,而且还受植物种类等多种因子的制约,致使不同地区植物群落表现出不同的特征,而关于库布齐沙漠人工梭梭、柠条、沙枣、油蒿等固沙植物蒸腾作用与环境因子关系的研究鲜有报道。鉴于此,本文采用快速称重法测定库布齐沙漠不同立地、不同年龄的人工梭梭以及乡土植物沙枣、柠条和天然油蒿的蒸腾速率及气温、大气相对湿度和土壤含水率的动态过程,从微观角度分析蒸腾与植物个体、环境因子之间的关系,从而深入探讨植物对干旱的适应性及调节能力。

1 研究地概况

研究地位于库布齐沙漠西北端的流动沙地上, N:39°26'89", E:107°23'85", 在行政区划上属于杭锦旗。研究区所属的杭锦旗地处温带干旱草原、荒漠草原过渡带,属半干旱大陆性季风气候区,据杭锦旗气象站资料分析,该区年平均气温 5.7℃,1 月平均气温 -12.6℃,7 月平均气温为 21.7℃,最低气温 -32.1℃,最高气温 36.3℃。年平均降水量 286.3 mm,年变率大,可达 47.6%,雨热同期,降水量多集中于 7~9 月,年平均蒸发量 2 000~2 700 mm,蒸发量可达降水量的 7~16

* 收稿日期:2006-03-15

基金项目:内蒙古农业大学博士基金(K73629)

作者简介:格日乐(1970-),女,博士,副教授,主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究工作。

倍。杭锦旗风多、风大,风沙灾害频繁,3~5 月尤盛。年平均风速 4.4 m/s,最大风速 24 m/s,年平均大风日数 15~40 天。研究区地下水受黄河干渠影响,埋深较浅,1~3 m。

2 研究材料和方法

在晴朗无风日选择在相同立地条件的沙丘外部平沙地上的同龄的 4 年生人工梭梭、柠条、沙枣及天然油蒿和丘间平沙地上的 3 年生梭梭,固定沙丘上的 2 年生梭梭进行蒸腾速率的测定,每次选择生长正常植株标准株,剪取中上部阳面的当年生新枝,采用离体枝快速称重法,测定 5 min 内的失水量,而后计算每小时每克鲜重的失水量作为蒸腾速率($\text{mg/g} \cdot \text{h}$)。每天从 6:00 左右开始,每隔 2 h 测定一次,至晚 18:00 (或 19:00) 结束,每个测定重复 3 次,并以三个测定值的平均值作为该时刻的测定值。测定从 2004 年 6 月份植物的功能叶发育完全后开始,到 9 月叶片脱落前结束。所有的测定尽量都选在无风晴天进行。每月月中旬左右测定蒸腾速率日进程的同时,采用阿斯曼通风干湿表测定气温和大气相对湿度,0~160 cm 土层内的土壤含水率采用 105 °C 烘干法测定。

3 结果与分析

3.1 气温和空气相对湿度对蒸腾速率日变化的影响

以 7 月 20 日的测定为例,说明气温和空气相对湿度对蒸腾速率日变化的影响。从图 1 可知,试验区的气温变化表

现为早晨和傍晚低,15:30 min 左右达到最高的单峰型,即气温从 6:30 min 左右开始升高,在 15:30 min 左右达到峰值,之后气温逐渐下降。气温和蒸腾速率的日进程变化趋势总体表现出随着气温的升高,蒸腾速率也呈升高的趋势,并且在中午前后达到最高,而后随着气温的下降蒸腾速率也随之下降。这可能是因为气温升高,导致叶片温度升高和叶片内外温差的增大,促使植物以较大的蒸腾速率来降低叶温,同时温差增大导致叶片周围的水汽压差值增大,加快了叶片水分的散失^[1]。但是,由于气温和大气相对湿度的日变化均滞后于光照^[7],因此,气温日变化与蒸腾速率日变化的趋势并不完全一致,蒸腾速率的峰值总是提前于气温的峰值(或大气相对湿度的谷值)。大气相对湿度的日变化与气温的日变化正好相反,并且其变化趋势同样出现偏离。

空气相对湿度是通过影响叶片与空气的饱和水汽压差来影响蒸腾的。一般地,相对湿度越低,饱和水汽压差越大,蒸腾越剧烈。从图 1 可知,空气相对湿度的日进程也是单峰型,但其日进程曲线与蒸腾速率日进程曲线相反,即在早晨最大,然后下降达最低值,在午间(12:00~16:00)这段时间里非常低,平均只有 30%,可见午间的高温是和低湿相联系的,午间较低的空气相对湿度增大了叶片与大气之间的水势差,使蒸腾速率提高,而此时的土壤水分满足不了植物的高蒸腾耗水,植物水势降低,气孔阻力增大,从而导致蒸腾的降低。

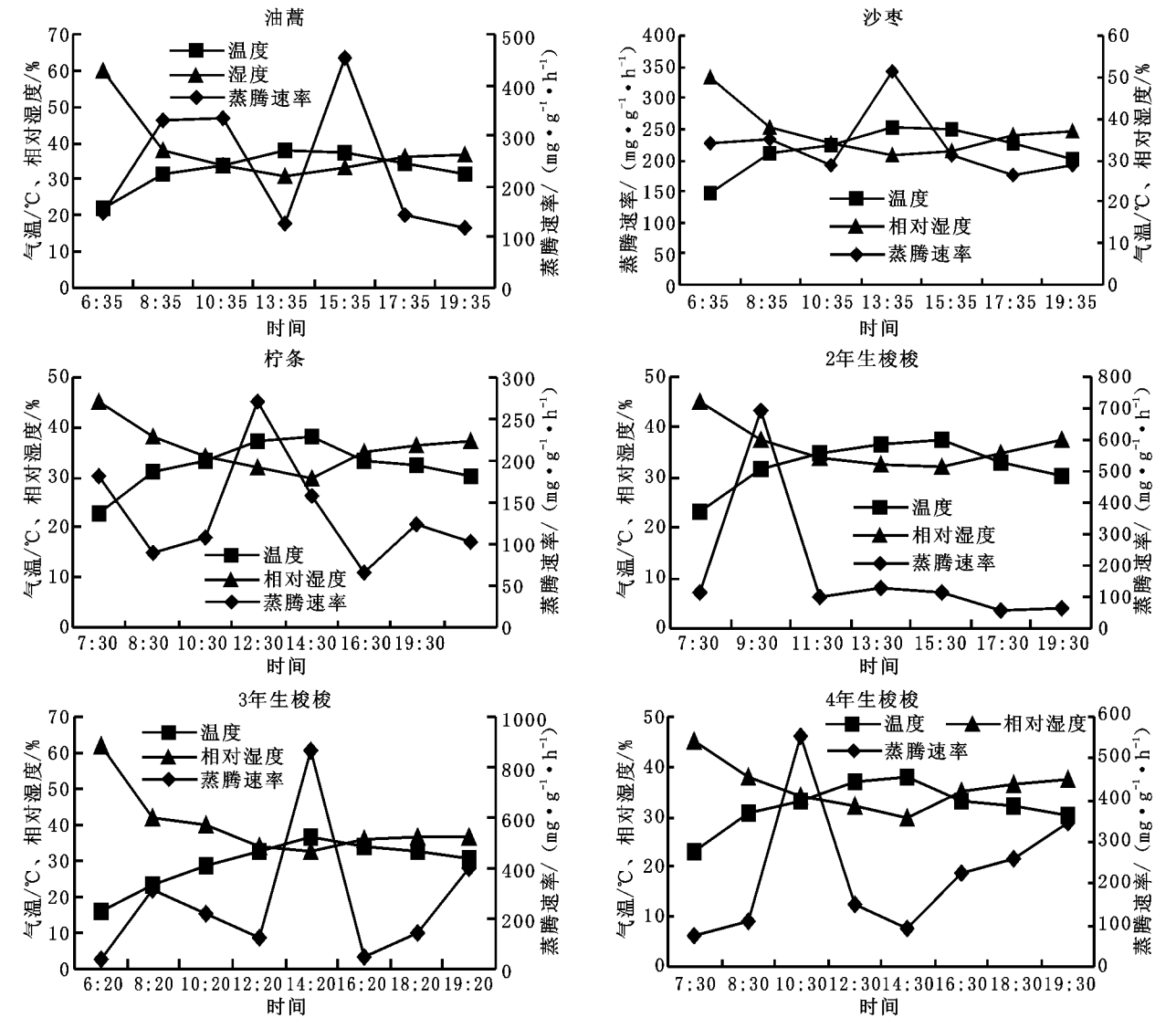


图 1 几种植物蒸腾速率与气温和空气相对湿度的日进程变化

3.2 土壤含水率对蒸腾速率的影响

植物的生理生态指标不仅呈现季节性的变化,且随生境

的干湿变化而表现出不同的特点^[2]。图 2 为几种植物蒸腾速率随土壤含水率的季节变化图。

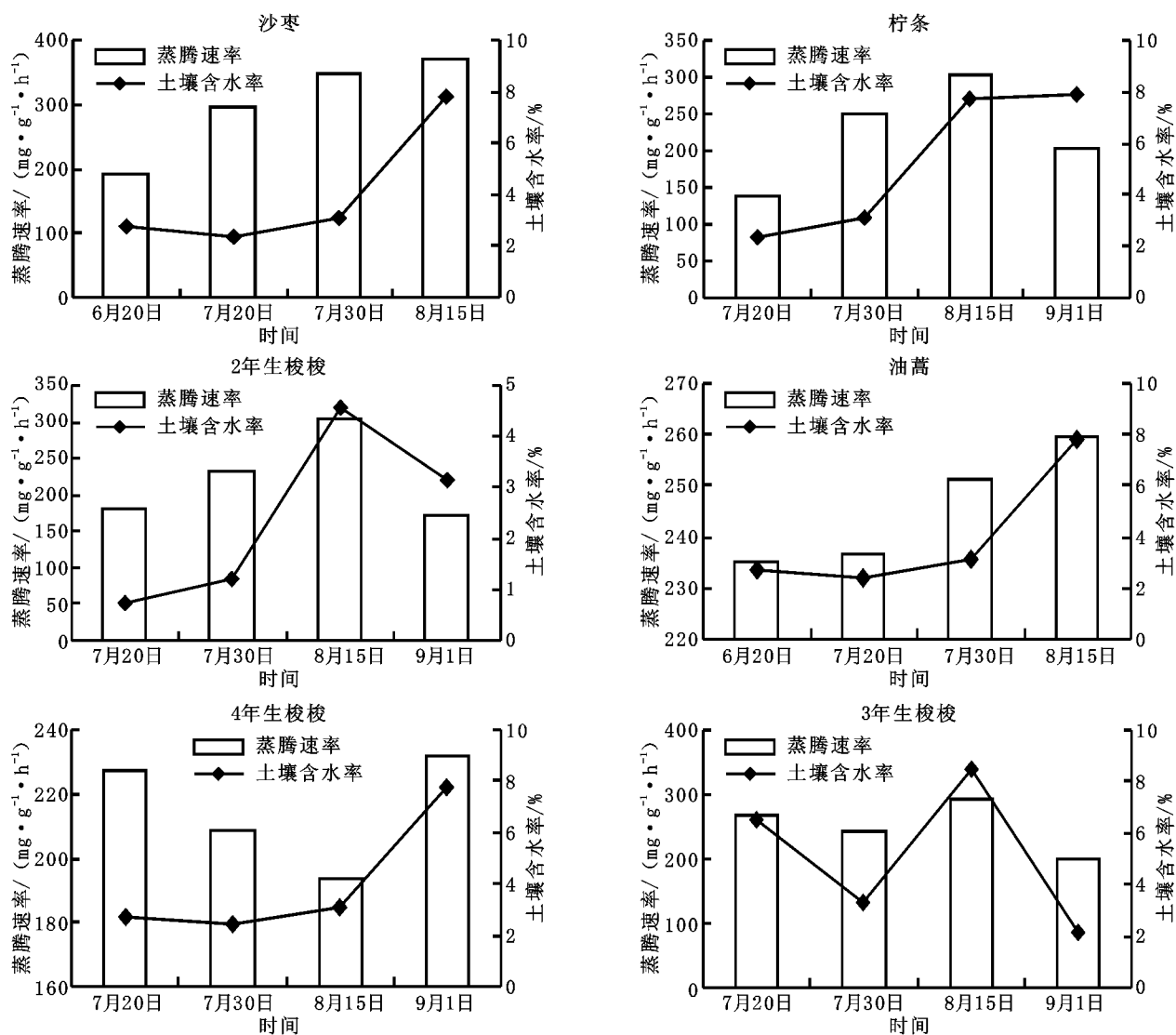


图 2 几种植物蒸腾速率随土壤含水率的季节变化

几种植物蒸腾速率的季节变化总体表现出随着土壤含水率的增加而增加,降低而降低。这是因为,土壤含水量高,则土壤有效水分多,即说明植物更容易从土壤中吸收水分用于蒸腾,而较低的土壤含量则会限制植物蒸腾。因此,一般认为随着土壤含水量的增加,土壤水势相应提高,有利于植物根系补充大量水分,用于蒸腾提高光合速率^[6]。吉川贤等^[8]指出生育期土壤水分条件影响叶含水量和气孔蒸腾速度;王林和等^[9]也指出相对蒸腾量有随土壤含水率的减少而下降的趋势。而我们的实测结果也证明了这一点。

蒸腾速率与土壤含水率季节变化的相关性因植物种而异。几种植物中油蒿 10~100 cm 层土壤含水率,2 年生梭梭和 3 年生梭梭 0~130 cm 层土壤含水率与蒸腾速率呈直线相关,相关系数分别为 0.811,0.694 和 0.955 ($P=0.05$),而柠条、沙枣和 4 年生梭梭月平均蒸腾速率与土壤含水量的相关性不显著,并不总是土壤含水量越低,蒸腾速率就越低。例如沙枣 7 月 20 日土壤含水率 (2.388%) 比 6 月 20 日 (2.732%) 低,而 7 月 20 日的蒸腾速率 (296.25 $\text{mg} / \text{g} \cdot \text{h}$) 却比 6 月 20 日 (193.26 $\text{mg} / \text{g} \cdot \text{h}$) 的高。4 年生梭梭 8 月 15 日的土壤含水率 (3.094%) 高于 7 月 30 日 (2.388%),而蒸腾速率 (193.5 $\text{mg} / \text{g} \cdot \text{h}$) 却低于 7 月 30 日 (208.74 $\text{mg} / \text{g} \cdot \text{h}$)。

这说明,在天然降水条件下,植物蒸腾作用的季节变化趋势不仅受土壤水分的影响,还与植物自身生长节律和生理调控等其它因素有关^[6]。

4 结 论

影响植物蒸腾的因子很多,其中气温和大气湿度与蒸腾速率日进程的变化趋势总体表现出随着气温的升高(或大气相对湿度的降低),蒸腾速率亦呈升高的趋势。几种植物蒸腾速率的季节变化总体表现出随着土壤含水率的增加而增加,降低而降低。蒸腾速率与土壤含水率季节变化的相关性因植物种而异。几种植物中油蒿 10~100 cm 层土壤含水率以及 2 年生和 3 年生梭梭 0~130 cm 层土壤含水率与蒸腾速率呈直线相关,相关系数分别为 0.811,0.694 和 0.955 ($P=0.05$),沙枣、柠条和 4 年生梭梭的蒸腾速率与土壤含水量的相关性不显著,即并不总是土壤含水量越低,蒸腾速率就越低。这说明,在天然降水条件下,植物蒸腾作用的季节变化趋势不仅受土壤水分的影响,还与植物自身生长节律和生理调控等等其它因素有关。

(下转第 189 页)

植被恢复是重建任何生物群落的第一步,它是以人工手段促进植被在短期内得以恢复,根据矿区实际,生态恢复的目标是建设生态旅游,因而需要在最短的时间内,采用科学、有效的办法,把遭到采矿破坏的矿区植被恢复起来,选择适合当地生长的树形美观的树种,人工恢复植被。根据国内外矿区复垦经验,树种尽可能引入本地种,少用外来种,以保证群落结构和物种的多样性,增加群落与生态系统的稳定性,树种组成倾向于营造 1 种主要树种 + 伴随树种 + 灌木组成的人工林^[11]。矿区选择乡土树种马尾松 + 伴随树种柏树 + 灌木组成混交林,采用正方形、三角形或长方形植被配置模式^[12],初植高密度造林。

5.2 矿区采矿场挖损废弃地生态恢复研究

根据矿区石灰岩岩质采场边坡陡峭的特性,经过比较国外引进的客土喷播技术和本土的各种技术^[6,10,13~16],从技术可行性、经济合理性、施工安全性以及植被景观恢复的持久性,拟对低矮的、小规模的山坡,清除边坡危石,沿坡脚种植攀沿藤类植物;高度较大的边坡,拟采用梯级爆破法,即将采场边坡设计为阶梯形,由设计开挖线向内,逐级分台进行爆破,自上而下形成台阶,每个台阶高 10~12 m,宽 2~4 m,为了减少开挖量,坡角控制在 70°左右,削坡平台用沟壑造林技术,开挖沟槽,宽 1~1.5 m,深 1 m,覆土种植当地树种马尾松、柏树及灌木,平台内侧及坡脚种植攀沿藤类植物,平台外侧种植悬垂植物,进行矿山复绿,以达到对裸岩的遮蔽效果,突出还原生态景观效应,同时也可降低坡高,加强边坡岩体的稳定性,减少地质灾害的发生。

参考文献:

- [1] 舒俭民,王家骥,刘晓春. 矿山废弃地的生态恢复[J]. 中国人口资源与环境, 1998, 8(3): 72 - 75.
- [2] 李庆华. 矿山复垦技术[J]. 云南环境科学研究, 2003, 22(1): 46 - 47.
- [3] 李娟,赵童英,陈伟强. 矿区废弃地复垦与生态环境重建[J]. 国土与自然资源研究, 2004, (1) 27 - 28.
- [4] 覃家恩,徐琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 109 - 113.
- [5] 吴欢,周兴. 矿山废弃地生态恢复研究[J]. 广西师范学院学报, 2003, 第 20 卷(增刊): 32 - 35.
- [6] 汤惠君,胡振琪. 试论采矿场的生态恢复[J]. 中国矿业, 2004, 13(7): 38 - 42.
- [7] 周连碧. 矿山复垦与生态恢复[J]. 有色金属工业, 2004, (6): 19 - 21.
- [8] 宋书巧,周永章. 矿业废弃地及其生态恢复与重建[J]. 矿业保护与利用, 2001, 10(5): 43 - 44.
- [9] 周进生. 矿区土地复垦规划研究[J]. 国土资源, 2004(3): 36 - 38.
- [10] 陈波,包志毅. 国外采矿场的生态和景观恢复[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 71 - 73.
- [11] 高国雄,高保山,周心澄,等. 国外工矿区土地复垦动态研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 98 - 103.
- [12] 吴积善,王成华,程尊兰. 中国山地灾害防治工程[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1997.
- [13] 柯水根. 浙江最大矿山复绿工程正式启动[J]. 浙江国土资源, 2004, (2): 54 - 55.
- [14] 赵华,黄润秋. 岩石边坡生态护坡特点及其关键技术问题探讨[J]. 水文地质与工程地质, 2004, (1): 87 - 89.
- [15] 罗松,郑天媛. 采石场遗留石质开采面阶梯整形覆土绿化方法研究[J]. 中国水土保持, 2001(2): 36 - 37.
- [16] 张俊云,周培德,李绍才,等. 岩石边坡生态护坡研究简介[J]. 水土保持通报, 2000, 20(4): 36 - 38.

(上接第 186 页)

参考文献:

- [1] 张国盛,等. 毛乌素沙地几种植物蒸腾速率的季节变化特征[J]. 内蒙古林学院学报, 1998, 20(1): 7 - 12.
- [2] 阮宏华,等. 次生柞林蒸腾强度与蒸腾量的研究[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(4): 32 - 35.
- [3] 张维江,等. 毛乌素沙地南缘赖草生育期蒸腾速率过程线的初步研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 37 - 40.
- [4] 宋炳煜. 草原区不同植物群落蒸发蒸腾的研究[J]. 植物生态学报, 1995, 19(4): 391 - 328.
- [5] 宋炳煜. 几个主要地面因子对草原群落蒸发蒸腾的影响[J]. 植物生态学报, 1996, 20(6): 485 - 493.
- [6] 周海燕,黄子琛. 不同时期毛乌素沙区主要植物种光合作用和蒸腾作用的变化[J]. 植物生态学报, 1996, 20(2): 120 - 131.
- [7] 蒋高明,何维明. 毛乌素沙地若干植物光合作用、蒸腾作用和水分利用效率种间及生境间差异[J]. 植物学报, 1999, 41(10): 1114 - 1124.
- [8] 吉川贤,王林和. 切り枝の蒸腾速度からみた树木への水ストレスの影響[J]. 日本绿化学会志, 1992, 1(4): 11 - 19.
- [9] 王林和,吉川贤,永森通雄. アカマツ,アラカシ,ケヤキ,柠条苗木の蒸散について() - 土壌の水分状態と树木の蒸散量 - [J]. 日本绿化学会志, 1989, 15(2): 16 - 27.