

库布齐沙漠几种固沙植物蒸腾速率的季节变化特征

格日乐¹, 张 力², 乌仁陶德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. 华北科技学院, 河北 三河 101601;
3. 内蒙古大学, 呼和浩特 010021; 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: 采用快速称重法对库布齐沙漠人工柠条、沙枣和不同林龄的人工梭梭以及天然植物油蒿蒸腾速率日进程的季节变化进行了测定, 并同时测定了气温、小枝含水率等相关环境因子。结果表明: 不同植物种其蒸腾速率特征因季节变化存在明显差异; 对几种植物种的蒸腾速率与气温和小枝含水率进行回归分析表明, 除 4 年生梭梭外, 均呈现出不同程度的相关性, 其中油蒿的复相关系数最高为 0.925, 其次是 3 年生梭梭为 0.793, 2 年生梭梭的相关系数(除 4 年生梭梭外)在几种植物中最低为 0.426。沙枣和柠条均与气温呈直线相关, 而与小枝含水率的相关性极低。沙枣和柠条相比, 与气温的相关程度更高。

关键词: 蒸腾速率; 快速称重法; 季节变化

中图分类号: S715.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0033-03

Seasonal Variety Characteristics of Several Sand-binding Vegetations' Evapotranspiration Rate in Kubuqi Desert

GERILE¹, ZHANG Li², WU rentao³, JIMISI⁴, LIU Jun⁵

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

Abstract: Celerity metage was used to mensure evapotranspiration rate in different season of artifical *Caragana korshinskii*, *Elaeagnus angustifolia*, *Haloxylon ammodendron* in different age and natural *Artemisia ordosica* Krasch in Kubuqi desert, air temperature and twig's water containing was mensured in synchronization. The result shows that transpiration rate of various plant has distinct differences because of season changing. Regression analysis to vegetation's transpiration rate with air temperature and moisture content of twig indicate different degree of relativity except for four-year-old *Haloxylon ammodendron*. *Artemisia ordosica* Krasch's correlation coefficient is highest above all, about 0.925, the second one is three-year-old *Haloxylon ammodendron*, about 0.793, two-year-old *Haloxylon ammodendron*'s correlation coefficient (except the four-year-ones) is the smallest among those plants, about 0.426. *Elaeagnus angustifolia* and *Caragana korshinskii* are all linearity relative with temperature, but there is less relativity with small branch's water containing rate. *Elaeagnus anugustifolia* is firmly relative with temperature compared with *Carragana korshinskii*.

Key words: evapotranspiration rate; celerity metage; seasonal variety

蒸腾是植物水分支出的重要指标, 植物的蒸腾耗水是造林设计、幼林抚育与水分平衡研究的重要参数, 蒸腾速率是测算蒸腾耗水的主要依据。在一年之中植物蒸腾因时间、季节而异, 同时也因植物的种类、林龄、生长速度等而有所不同。关于植物蒸腾的研究有不少报道^[1-5], 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特性的研究鲜有报道。为此, 本文采用离体枝快速称重法测定了库布齐沙漠不同立地、不同林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, 以期从单木个体水平了解植物

的蒸腾耗水特性, 对比不同植物种个体蒸腾耗水的差异, 从微观角度分析蒸腾与植物个体、环境因子和水分供应的关系, 进而为土壤水分平衡提供佐证。

1 研究区自然环境特征

库布齐沙漠地处鄂尔多斯高原北部与河套平原的交接地带, E: 107° ~ 111°30', N: 39°30' ~ 39°15', 呈东西带状分布。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

* 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, 内蒙古农业大学生态环境学院老师, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究工作。

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℃,年平均降水量 286.3 mm,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 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 d。主风方向为西北风、次主风为东南风,沙丘由西北向东南呈往复摆动式前进。研究区的流动沙丘上很少有植物生长,在沙丘下部和丘间地生长有白沙蒿(*Artemisia blepharolepis* Bge)、油蒿(*Artemisia ordosica*)、沙米(*A griophyllum pungens*(Vahl) Link et A. Dietr)、沙竹(*Psammochnloa villosa*(Trin) Bor)等。研究区地下水受黄河干渠影响,埋深较浅,约 1~3 m。

2 研究材料和方法

供试材料为生长在相同立地条件的沙丘外部平沙地上的 4 年生人工梭梭(*H aloxylon ammodendron*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)及天然油蒿(*Artemisia ordosica*)和丘间平地上 3 年生梭梭,以及固定沙丘上的

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($\text{mgH}_2\text{O/g}\cdot\text{h}$)。每天从 6 h 左右开始,每隔 2 h 测定一次,至晚 18 h(或 19 h)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。每月中旬左右测定蒸腾速率日进程。日均蒸腾速率为一天中所有测定时刻的蒸腾速率的平均值,月均值则以每月各测定日的日蒸腾速率的平均值代替。

小枝含水率(%) = (小枝鲜重 - 小枝干重) / 小枝鲜重 × 100

3 结果与分析

3.1 几种植物蒸腾速率的日变化特征

不同种植物由于其生态生物学特性的不同,因此对干旱的适应能力亦不同,表现出蒸腾强度日变化进程也各不相同。

测定结果如图 1 所示。就同一天的测定结果来看,不同植物种,以及同种不同龄梭梭,自身调节能力、调节方式的不同而对环境因子变化的反应也有所不同。

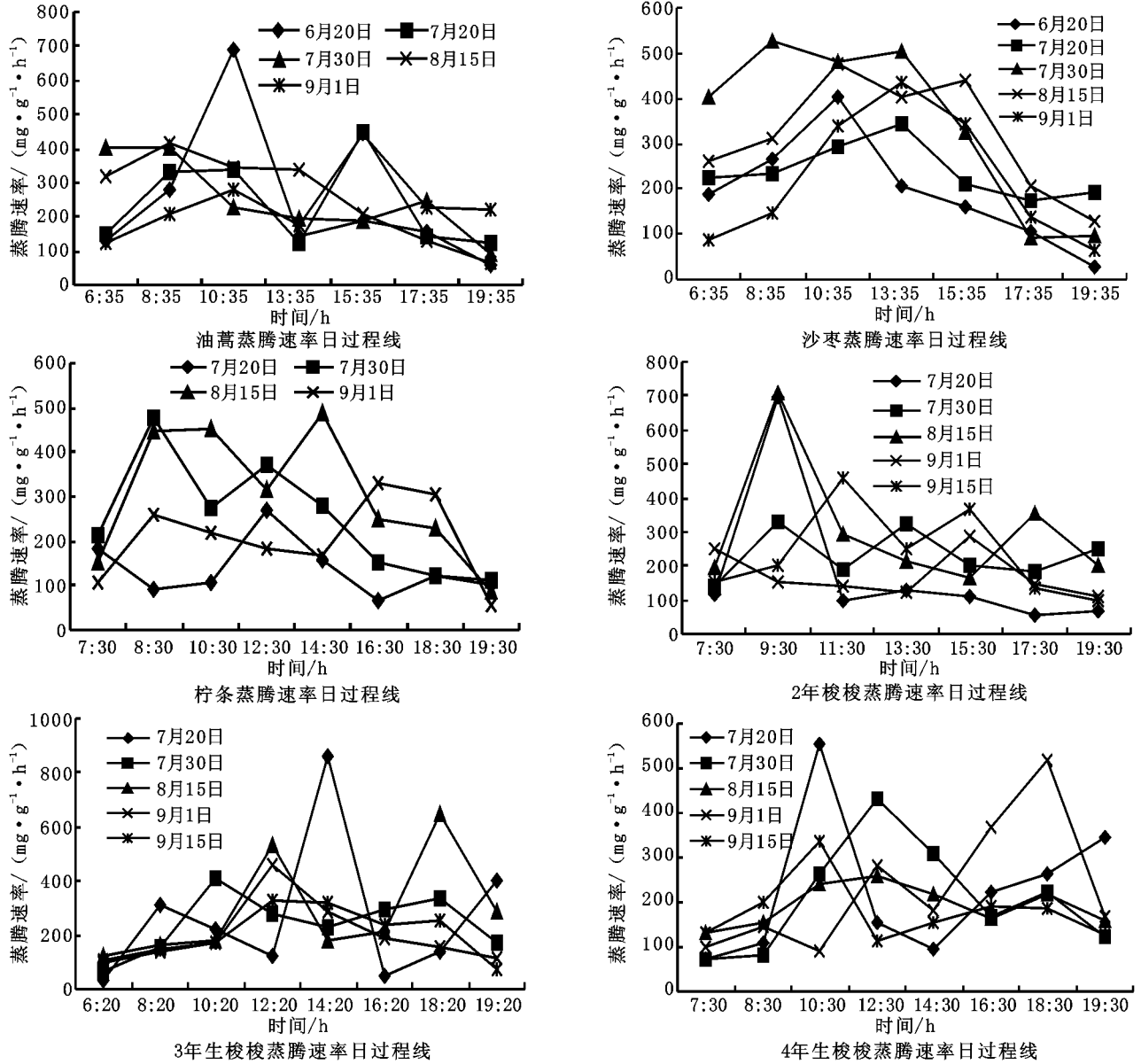


图 1 几种植物蒸腾速率的日进程的季节变化

观测与研究结果表明,植物蒸腾速率的日变化进程在月际间差异较大。其中沙枣在6月20日、7月20日和9月1日为单峰型变化,7月30日和8月15日为双峰型变化曲线,且峰值出现的时间因测定时期而异。沙枣蒸腾速率在整个生长季节里变化较平缓。

油蒿蒸腾速率日进程在各月均为双峰曲线。6月20日、7月20日和9月1日曲线波动剧烈,峰值出现在10时35分和15时35分,两峰相距5h。7月30日和8月15日曲线变化较平缓。峰值在8时35分和13时35分(或17点35分),两峰相距5h(或9h)。

柠条蒸腾速率日进程在各月,随着蒸腾速率的增高,从7月20日的单峰型,逐渐过渡到7月30日、8月15日和9月1日的双峰曲线。

2年生梭梭蒸腾速率日进程在月季间变化较大。7月20、8月15和9月1日呈单峰型,7月20日和8月15日峰值出现在9时30分,且曲线波动较大。9月1日峰值出现在15时30分。7月30日和9月15日呈双峰型,7月30日峰值出现在9时30分和13时30分,两峰相距4h,9月15日的峰值出现时间向后推迟为11时30分和15时30分,两峰相距4h。

3年生梭梭蒸腾速率日进程曲线在各月,从7月20日、7月30日和8月15日的双峰曲线,逐渐过渡到9月1日、9月15日的单峰曲线型,且随着测定时间的不同,峰值出现的时间和峰值大小均不同。

4年生梭梭蒸腾速率日进程在月季间,除了9月1日呈双峰曲线外,其它均为不规则的单峰曲线型(图1)。单峰型表现的,又因测定时间的不同其峰值大小和峰值出现的时间不同。

对以上几种植物的蒸腾速率日进程的季节变化规律进行分析,可以将其归纳为以下两种类型即双峰型和混合型。

(1) 双峰型:在不同季节其日变化进程呈双峰特性,并且日变化过程波动剧烈,一天当中,最大值分别出现在上午10时35分左右和下午15时35分左右,在中午13时35分左右出现午休现象。几种植物中油蒿为双峰型植物。此时植物可能因受大气高温的影响,而不断地蒸腾失水降低体温,但当气温上升超过植物所能调节的最高叶温时,由于叶片严重失水,则气孔阻力增大,导致蒸腾下降。此外伴随着气温上升,植物体内的水分状况不断恶化,引起水分亏缺,气孔关闭蒸腾下降,使植物体内的水分维持在一定的范围内^[1]。另外,按午休的定义,典型的午休出现在中午前后,而所得结果向后推移了(13时35分),这与库布齐沙漠的日照特征有关,该地区辐射最强的时段正好在大约13~16h之间。

(2) 混合型:在不同季节其日变化进程表现不同,但基本上均表现为高蒸腾时呈双峰型变化,其他时段则呈单峰型变化。几种植物中2、3、4年生人工梭梭、柠条、沙枣为混合型植物。

3.2 蒸腾速率月变化

由于气象因子的季节性变化特点和植物各生长季生理活动特点不同,植物的蒸腾速率表现为明显的季节差异(图1)。

由图1可知,几种植物的蒸腾速率从6月份开始(油蒿、沙枣),逐渐升高,到8月份达到最高,9月次之。这种现象不仅与环境条件有关,也与其本身的物候期有关^[2]。6月份为参考文献:

植物生长初期,功能叶尚未发育完全;9月则进入植物生长末期,叶片开始枯黄,因此相应的蒸腾速率低。而7、8月份属于雨季,植物生长旺盛,高温和强光也促进了蒸腾速率的提高^[3]。这可能是植物长期适应环境形成的一种适应性。同时植物种不同以及同种不同林龄表现也有差异。其中沙枣日均蒸腾速率在7月末达到最高,油蒿、柠条以及2、3年生梭梭则在8月中旬达到最高,4年生梭梭在8月末达到最高。6月和9月初,油蒿日均蒸腾速率高于沙枣。7、8月份中生植物沙枣日均蒸腾速率在几种植物中总体上表现出最高。

3.3 蒸腾速率与气温和小枝含水率的关系

对几种植物的蒸腾速率与气温和小枝含水率进行回归分析(SPSS统计分析软件),结果(表1)表明,除4年生梭梭外,均呈现出不同程度的相关性,其中油蒿的复相关系数最高为0.925,其次是3年生梭梭为0.793,二者的相关性极高,达到0.001的水平。2年生梭梭的相关系数(除4年生梭梭外)在几种植物中最低为0.426,且在0.05水平显著,沙枣和柠条均与气温呈直线相关,而与小枝含水率的相关性极低($P>0.05$),因而在回归方程中被剔除。沙枣和柠条相比与气温的相关程度更高,在0.01水平上显著,而柠条在0.05水平显著。

表1 不同植物蒸腾速率与气温和小枝含水率的关系		
植物种	回归方程	复相关系数
油蒿	$Tr = 6.161 + 10.313t - 8.508w$	0.925***
沙枣	$Tr = 3.47t$	0.652**
柠条	$Tr = 3.383t$	0.578*
3年生梭梭	$Tr = -4.907 + 5.731t + 4.021w$	0.793***
2年生梭梭	$Tr = -2.436t$	0.426*

(注: Tr 为蒸腾速率, t 为气温, w 为小枝含水率; *** 为 $P=0.001$ 水平上显著, ** 为 $P=0.01$ 水平上显著, * 为 $P=0.05$ 水平上显著)

4 结 论

用称重法测定的各植物生长季平均日蒸腾速率分别为:油蒿 $244.63 \pm 9.35 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$, 沙枣 $263.88 \pm 65.63 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$, 柠条 $223.32 \pm 70.11 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$, 2年生梭梭 $233.67 \pm 58.16 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$, 3年生梭梭 $242.14 \pm 39.20 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$, 4年生梭梭 $208.37 \pm 21.53 \text{ mgH}_2\text{O}/(\text{h} \cdot \text{g})$ 。从水分利用效率角度出发,库布齐沙漠种植柠条和梭梭均为固沙造林及草场改良的优良植被措施。

对几种植物的蒸腾速率日变化过程线进行分析,可以将其归纳为以下两种类型:(1) 双峰型:几种植物中油蒿为双峰型植物;(2) 混合型:几种植物中2、3、4年生人工梭梭和柠条以及沙枣为混合型植物。对研究区几种植物种的气温和小枝含水率对蒸腾速率影响的线性回归分析表明,几种植物中油蒿、3年生梭梭和2年生梭梭都呈现出一定的相关性,特别是油蒿和3年生梭梭的相关性极高,达到0.001水平,而4年生梭梭则呈现出相关性差的特征,柠条和沙枣与温度呈直线相关,而与小枝含水率呈现出相关性差的特征,这有待今后进一步的研究。

[1] 张国盛,王林和,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(自然科学版),1998,20(1):7-12.
[2] 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.
[3] 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.
[4] 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.
[5] 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.