

内蒙古西部地区沙棘光合与蒸腾特性研究

张 玮¹, 李晓燕¹, 李连国¹, 赵灵芝²

(1. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2 呼和浩特市多种经营站, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要: 为探讨沙棘对内蒙古西部地区水分条件的适应性, 更好的研究内蒙古西部地区沙棘的水分生理生态特征及其抗旱性, 利用美国拉哥公司(LI-COR)生产的开放式气体交换 LI-6400 便携式光合作用测定系统, 对内蒙古西部地区中国沙棘的光合速率、蒸腾速率及影响其变化的环境因子进行了测定分析。结果表明: 沙棘的光合速率和蒸腾速率都具有明显的日变化和季节变化, 光合速率的月均值为 $9.46 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 蒸腾速率的月均值为 $6.66 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 沙棘的光合速率、蒸腾速率都与环境因子(气温、相对湿度、光合有效辐射等)有着密切关系。

关键词: 沙棘; 光合特性; 蒸腾特性

中图分类号: S793.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)03-0097-04

The Study of Photosynthetic Rate and Transpiration Rate on *Hippophae rhamnoides* L in the West of Inner Mongolia

ZHANG Wei¹, LI Xiao-yan¹, LI Lian-guo¹, ZHAO Ling-zhi²

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China;

2. Diversity Station of Agricultural Bureau, Huhhot 010020, China)

Abstract: In order to provide scientific basic data for analyzing degree of responding the environmental factors, analyzing optimum condition of physiological ecology and improving productivity, photosynthetic rate, transpiration rate and the environmental factors of *Hippophae rhamnoides* L. were measured by the open exchange system, LI-6400 Portable Photosynthesis System in the west of Inner Mongolia. The results showed: Photosynthetic rate and transpiration rate had daily and seasonal variation, the photosynthetic rate monthly average from May to September was $9.46 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, and transpiration rate monthly average was $6.66 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; The photosynthetic rate, transpiration rate have significant correlation with environmental factors (temperature, relative humidity, photosynthetic active radiation).

Key words: *Hippophae rhamnoides* L; Photosynthetic characteristics; Transpiration characteristics

沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.) 别名醋柳、酸刺、黑刺、阿戚艾等, 是胡颓子科(*Elaeagnaceae*)沙棘属(*Hippophae*)的落叶灌木或小乔木。沙棘侧根发达, 萌蘖力强, 枝叶茂盛, 生长迅速, 耐干旱, 对土壤要求不严, 具有极强的适应性, 多为野生分布, 在干旱、寒冷、土地贫瘠、水土流失地区广为生长。主产于我国西北部或西南部, 具有较高的生态、经济和社会价值, 是水土保持的优良树种^[1-3]。但目前在该地区营造沙棘林仍存在由于干旱导致的育苗成活率低、造林后保存率低以及成林后生产力较低等问题^[1-5]。因此, 研究沙棘的水分生理生态特性, 可为分析其最适生理生态条件, 提高其生产力提供科学依据。

1 材料和方法

供试材料为 5~6 年生中国沙棘, 2006 年 5~9 月, 采用开放式气体交换 LI-6400 便携式光合作用测定系统, 在自然条件下对内蒙古西部地区中国沙棘的光合速率、蒸腾速率等水分生理生态指标进行了活体测定。每月选一晴天, 在 7:00~19:00 时每隔 2 h 测定 1 次, 每次重复测定 10 株不同植株叶片, 取 10 次的平均值。测定以上指标的同时, LI-6400 便携式光合作用测定系统也记录了当时的气温、相对湿度、光合有效辐射等气象指标。用计算机对所测数据进行处理分析^[6]。

收稿日期: 2007-01-10

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金(200508010311)

作者简介: 张 玮(1981-), 女, 内蒙古锡林郭勒盟人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培及生理学研究

通讯作者: 李晓燕(1964-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 博士, 主要从事果树栽培与生理教学与研究。

2 结果与分析

2.1 沙棘的光合速率

2.1.1 沙棘光合速率的日进程 图 1 表明, 沙棘光合速率具有明显的日变化。从清晨起, 随着气温升高, 光照增强, 气孔对 CO₂ 阻力减小, 光合速率增大, 至 10:00 左右时出现第 1 次峰值, 此后空气相对湿度下降, 沙棘叶内外水气压差增大, 蒸腾急剧上升, 体内出现水分亏缺, 光合速率减小; 12:00~14:00 后, 随着气温降低, 光照减弱, 蒸腾降低, 缓和了水分耗失和吸收的矛盾, 光合速率回升, 16:00 左右时出现第 2 次高峰, 随后光合速率降低。

由图 1 还可以看出, 沙棘光合速率的季节变化为: 从 5 月到 7 月, 沙棘光合速率不断增大, 于 7 月达最大值, 此后不断降低: 从生长初期到生长旺季, 气温升高, 光照增强, 沙棘展叶完成后开始生长, 叶量增加, 蒸腾加快, 叶水势不断降低, 增强了沙棘从土壤中吸水的能力, 光合速率增大, 生长进入速生

期, 生长末期气温低, 光照弱, 光合速率较小, 生长缓慢并趋于停止^[7]。沙棘在年生长季节中光合速率的季节变化为单峰型, 峰值出现在生长最快的 7 月, 均值为 11.02 μmol/(m²·s)。

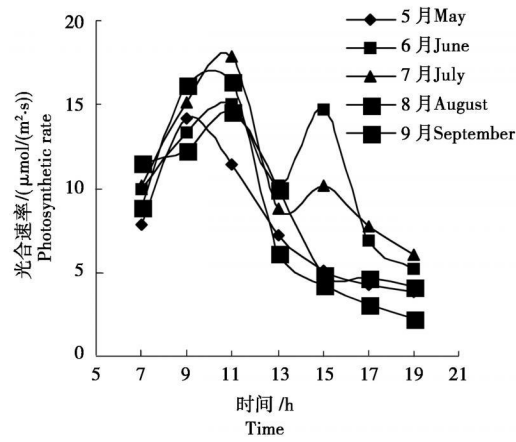


图 1 沙棘光合速率的日进程曲线
Fig 1 Daily curves of photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* L.

表 1 气温、相对湿度、光合有效辐射的日变化

Tab 1 Daily change of temperature, relative humidity, photosynthetic active radiation

| 因子 Factor | 日变化 Daily change | | | | | | |
|---|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 7: 00 | 9: 00 | 11: 00 | 13: 00 | 15: 00 | 17: 00 | 19: 00 |
| 气温/℃ Temperature | 20.18 | 24.01 | 29.17 | 31.34 | 32.64 | 28.42 | 22.08 |
| 相对湿度/% Relative humidity | 53.02 | 50.25 | 38.70 | 26.74 | 21.38 | 31.19 | 40.87 |
| 光合有效辐射/(μmol/(m ² ·s)) Photosynthetic active radiation | 552.3 | 890.4 | 1754.9 | 1871.4 | 1440.8 | 1108.2 | 624.6 |

2.1.2 环境因子对沙棘光合速率的影响 气温、相对湿度、光合有效辐射的日变化见表 1。

2.1.2.1 气温对沙棘光合速率的影响 由图 2 可以看出, 沙棘光合速率开始随气温的升高而增大, 当气温升高至 29.17℃时, 光合速率达到最大值 18.25 μmol/(m²·s), 此后随着气温的继续升高, 光合速率逐渐降低。

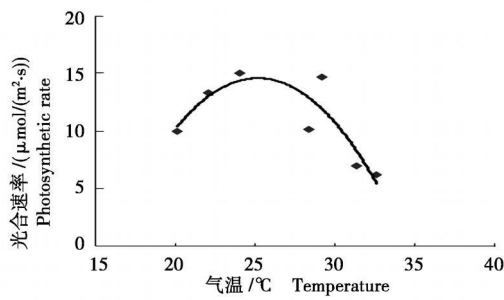


图 2 沙棘光合速率与气温的关系

Fig 2 Relation between photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* L. and temperature

结合图 2 和表 1 可以看出: 在一天内沙棘光合速率与气温同步变化, 气温从早到晚, 由低到高, 再降低, 沙棘光合速率也是由小到大, 再变小; 但当达到第一次峰值后, 光合速率变小, 关于这种“午休”现

象出现的原因, 推测是由于气温过高, 蒸腾耗水较多, 叶水势降低导致气孔导度下降。午后随气温下降, 光合速率稍有回升后又不断下降。

2.1.2.2 相对湿度对沙棘光合速率的影响 沙棘光合速率与相对湿度关系的分析结果(图 3)表明, 沙棘光合速率开始随空气湿度的增大而加快, 但当湿度增加至 38.70% 时, 沙棘光合速率达最大值 17.85 μmol/(m²·s), 此后相对湿度继续增大, 而光合速率不断下降。

结合图 3 和表 1 可以看出, 在一天内, 沙棘光合速率的 2 次峰值出现在空气相对湿度相近的上午和下午, 相对湿度过高或过低都不利于光合作用。说明适宜的空气相对湿度影响着光合作用的顺利进行。

2.1.2.3 光合有效辐射对沙棘光合速率的影响 沙棘光合速率与光合有效辐射关系的分析结果(图 4)表明, 沙棘光合速率开始随光合有效辐射的增大而加快, 当光合有效辐射增加至 890.4 μmol/(m²·s) 时, 沙棘光合速率达到最大值 17.85 μmol/(m²·s), 此后光合有效辐射继续增大, 而光合速率不断降低。

结合图 4 和表 1 可以看出: 在一天中沙棘光合速率随光合有效辐射的变化而变化, 但当光合有效

辐射过强时, 沙棘为避免失水过多和强光照的灼伤, 气孔导度降低, 光合速率下降。

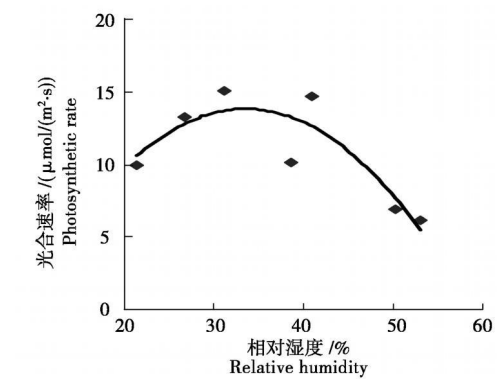


图 3 沙棘光合速率与相对湿度的关系
Fig 3 Relation between photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* L. and relative humidity

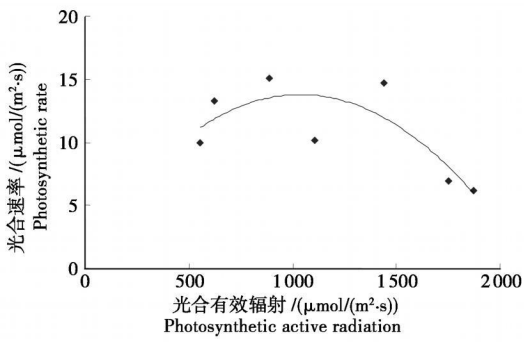


图 4 沙棘光合速率与光合有效辐射的关系
Fig 4 Relation between photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* L. and photosynthetic active radiation

2.2 沙棘的蒸腾速率

2.2.1 沙棘蒸腾速率的日进程 图 5 表明, 沙棘蒸腾速率具有明显的日变化规律, 在不同月份蒸腾速率的日进程有不同的变化: 在 5 月、7 月, 沙棘的蒸腾强度的日变化呈单峰型: 清晨蒸腾速率小, 随光照增强, 气孔导度增大, 这样就增大了叶内外的水气压差, 蒸腾速率不断增大, 在 12: 00 时左右达到峰值, 午后, 较强蒸腾使气孔导度减小, 蒸腾下降, 且随光照减弱, 蒸腾减弱; 在 6 月、8 月, 沙棘蒸腾速率的日变化曲线呈双峰型, 11: 00 左右时出现第 1 次峰值,

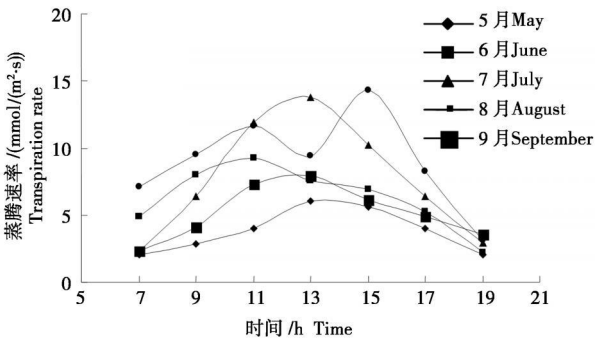


图 5 沙棘蒸腾速率的日进程曲线
Fig 5 Daily curves of transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* L.

15: 00 左右时出现第 2 次峰值, 2 次峰值出现的时间和大小在不同月份有一定差异^[8]。

另外, 沙棘蒸腾速率季节变化规律为: 5 月为生长初期, 气温较低, 光照较弱, 沙棘正在展叶, 叶片较小, 叶量少, 蒸腾速率较小, 6 月后进入生长盛期, 气温较高, 光照也较强, 蒸腾速率增大, 至 8 月达到最大值, 均值为 $9.37 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2.2.2 环境因子对沙棘蒸腾速率的影响

2.2.2.1 气温对沙棘蒸腾速率的影响 由图 6 可以看出, 沙棘蒸腾速率开始随气温的升高而增大, 当气温升高至 29.17°C 时, 蒸腾速率达到最大值 $10.26 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 此后随着气温的继续升高, 蒸腾速率逐渐降低。

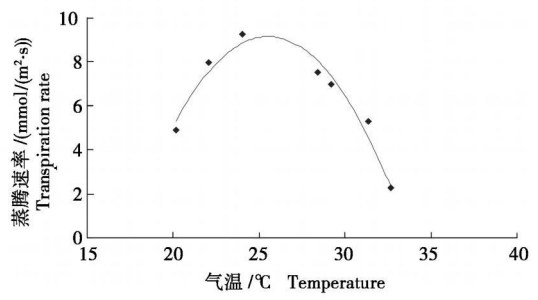


图 6 沙棘蒸腾速率与气温的关系
Fig 6 Relation between transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* L. and temperature

结合图 6 和表 1 可以看出: 一天内沙棘蒸腾速率与气温同步变化, 气温从早到晚, 由低到高, 再降低, 沙棘蒸腾速率也是由小到大, 再变小; 但当达到第一次峰值后, 蒸腾速率下降, 这种情况出现的原因, 推测是由于气温过高, 蒸腾耗水较多, 叶水势降低导致气孔导度下降。午后随气温下降, 蒸腾速率稍有回升后又不断降低。

2.2.2.2 相对湿度对沙棘蒸腾速率的影响 沙棘蒸腾速率与相对湿度关系的分析结果表明, 沙棘蒸腾速率随空气湿度的增大而降低(图 7)。

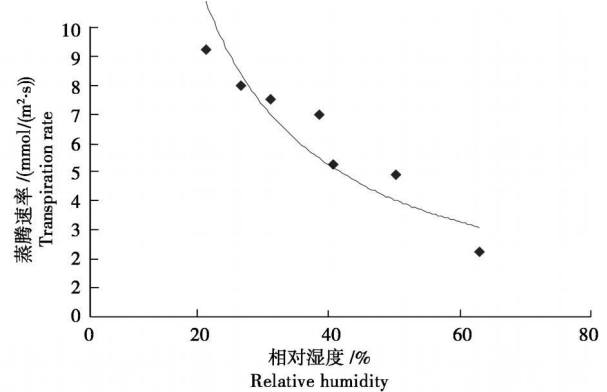


图 7 沙棘蒸腾速率与相对湿度的关系
Fig 7 Relation between transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* L. and relative humidity

结合图 7 和表 1 可以看出:在一天内,沙棘蒸腾速率的 2 次峰值出现在空气相对湿度相近的上午和下午,说明适宜的空气相对湿度影响着蒸腾作用的顺利进行。

2.2.2.3 光合有效辐射对沙棘蒸腾速率的影响
沙棘蒸腾速率与光合有效辐射关系的分析结果(图 8)表明,沙棘蒸腾速率开始随光合有效辐射的增大而加快,当光合有效辐射增加至 $890.4 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,沙棘蒸腾速率达到最大值 $10.26 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,此后光合有效辐射继续增大,而蒸腾速率不断降低。

结合图 8 和表 1 可以看出:在一天中沙棘蒸腾速率随光合有效辐射的变化而变化,但当光合有效辐射过强时,沙棘为避免失水过多和强光照的灼伤,气孔导度降低,蒸腾速率也下降。

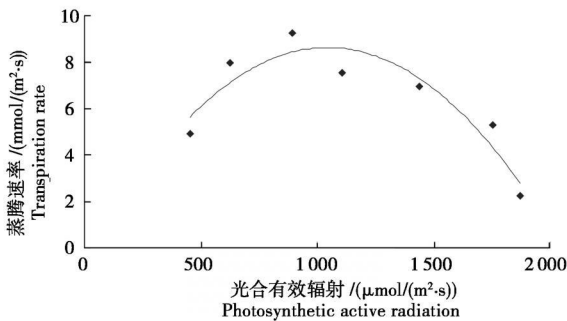


图 8 沙棘蒸腾速率与光合有效辐射的关系

Fig 8 Relation between transpiration rate of *Hippophae rhamnoides* L. and photosynthetic active radiation

3 结论与讨论

沙棘的光合速率和蒸腾速率都具有明显的日变化和季节变化,其中,光合速率日变化曲线多为双峰型,蒸腾速率日变化曲线多为单峰型。试验地 5~6 龄沙棘 5~9 月光合速率的月均值为 $9.46 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,蒸腾速率月均值为 $6.66 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。沙棘的光合速率、蒸腾速率都与环境因子(气温、相对湿度、光合有效辐射等)有着密切关系,另外光合速率、蒸腾速率还与气孔导度、胞间 CO_2 浓度等植物因子有关,有待于进一步的测定和分析研究^[9-12]。

自然界实际的生态环境是非常复杂的,各因子间彼此联系、相互影响,植物的各项生理指标都是许多因子共同作用的结果,它们的变化规律是其对外界环境条件适应的综合反映,在变化中哪个因子作为主导还需要进一步的研究^[13,14]。

参考文献:

- [1] 火树华. 树木学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [2] 于俊平,朱跃芳,刘秀莲,等. 浅谈沙棘的植苗造林技术及其利用价值[J]. 内蒙古农业科技,2000(4):24-25.
- [3] 吕粉桃,韩泽,张伟华. 青海大通县山地退耕还林土壤抗冲性研究[J]. 华北农学报,2005,20(专辑):85-90.
- [4] 刘萍,吴长发. 俄罗斯大果沙棘培育技术[J]. 内蒙古农业科技,2005(2):46-47.
- [5] 陈丽萍. 提高沙棘扦插育苗成活率的技术措施[J]. 内蒙古农业科技,2001(职教专辑):72-73.
- [6] 乌日汗,额济纳胡杨光合和水分生理特性的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2005.
- [7] 阮成江,李代琼. 半干旱黄土丘陵区沙棘的光合特性及其影响因子[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(1):16-21.
- [8] 阮成江,李代琼. 黄土丘陵区沙棘林几个水分生理生态特征研究[J]. 林业科学研究,2002,15(1):47-53.
- [9] 侯小改,段春燕,刘改秀,等. 土壤含水量对牡丹光合特性的影响[J]. 华北农学报,2006,21(2):91-94.
- [10] 卜崇峰,刘国彬. 黄土丘陵沟壑区狼牙刺的光合特征及其水分利用效率[J]. 西北植物学报,2004,24(2):1289-1295.
- [11] 黄振英,董学军,蒋高明,等. 沙柳光合作用和蒸腾作用的日动态变化的初步研究[J]. 西北植物学报,2002,22(4):817-823.
- [12] 吴春荣,刘世增. 樟子松在西北干旱沙区的蒸腾日变化[J]. 西北林学院学报,2003,18(3):16-18.
- [13] 涂景,王克勤. 干旱地区造林树种的水分生理生态的研究进展[J]. 西北林学院学报,2003,18(3):26-30.
- [14] 王翼龙,张硕新. 秦岭火地塘林区锐齿栎光合、蒸腾特性[J]. 西北林学院学报,2003,18(4):9-12.