

垃圾填埋场周边桉树光合生理特性研究

王艳霞¹, 李双双¹, 李华兴²

1. 西南林业大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642

摘要: 为了解垃圾填埋场环境下植物的光合适应性, 利用 LI-6400 便携式光合测定仪, 以呼马山森林公园为对照, 对位于昆明市东郊垃圾填埋场和对照区的直杆桉 *Eucalyptus maideni* 进行了光响应与光合日进程的测定。结果表明: 填埋场直杆桉的净光合速率随光强的增加先增加后稍有下降并趋于稳定, 光抑制不明显; 对照的净光合速率随光强的增加先增加后缓慢下降; 在相同光照强度下, 填埋场直杆桉的净光合速率、蒸腾速率始终高于呼马山对照的, 说明直杆桉可通过提高自身的光合能力和蒸腾速率来适应填埋场的特定环境。胞间 CO₂ 浓度随光强的增加先下降后上升, 与净光合速率大体呈相反变化; 蒸腾速率随光强变化的趋势与气孔导度变化相一致。另外, 填埋场直杆桉净光合速率日变化呈单峰曲线, 无明显“午休”现象, 其变化趋势与蒸腾速率、气孔导度的大体相同。对照的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率与填埋场的变化趋势相似, 但变化幅度较少。在自然条件下, 填埋场直杆桉的净光合速率和蒸腾速率仍明显高于呼马山对照的。

关键词: 垃圾填埋场; 桉树; 光合特性; 蒸腾速率; 气孔导度; 胞间 CO₂ 浓度

中图分类号: Q945.11

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2012) 05-0919-05

填埋场作为城市生活垃圾稳定化、无害化的处理处置场所, 不但占据了大量土地资源, 还对其周边的环境和植物造成了一定的负面影响^[1-3], 如造成土壤、植物重金属污染等^[4-5]。而面对其中已经封场的库区, 有步骤地对其进行生态恢复, 不但能够降低污染, 实现可持续利用土地资源, 还可为城市居民提供全新的、优美的景观和游憩空间^[6]。

国外很早就将封场后的生活垃圾填埋场用于种植植物, 使其变成公园、植物园、林场等^[7]。国内封场后的填埋场也基本用于种植植物^[8-9], 但植物生存的环境对其生理特性以及生长有着很大的影响, 而植物对逆境综合因子胁迫的适应机制, 可借助树种的光合生理生态研究来说明^[10]。为此, 明确垃圾填埋场周边已有植物的光和生理特征十分必要。桉树 *Eucalyptus* 作为世界上著名的速生树种, 适应性强、用途广泛、经济价值高^[11], 故本论文以昆明市东郊垃圾填埋场周边主要分布树种直杆桉 *Eucalyptus maideni* 为研究对象, 对其进行光合生理特性的分析, 以此探讨垃圾填埋场环境下的植物光合适应性。

1 研究区概况

昆明市东郊垃圾填埋场是昆明市主城区生活垃圾处理两大基地之一, 位于阿拉乡白水塘, 地处东经 102°46'38"-102°58'12", 北纬 24°58'8"-25°2'30" 之间, 海拔 1 910~2 240 m, 属北亚热带季风气候。四季不明显, 但干湿季分明, 降雨主要集中于 5-10 月, 主导风向为西南风。年均气温 14.7 °C, 年降

雨量 997 mm。周边分布有直杆桉 *Eucalyptus maideni*、云南松 *Pinus yunnanensis*、棠梨 *Pyrus betulaefolia* 等植物。填埋场于 2001 年 5 月投入运行, 总设计库容为 860 万 m³, 现今部分填埋区已填满封场。

2 材料与方法

以昆明市东郊垃圾填埋场周边分布的直杆桉为测定对象, 以距填埋场 16 km² 外的呼马山森林公园中生长状况相近的直杆桉为对照, 采用 LI-6400 便携式光合作用仪于 2011 年 4 月的晴天进行植物光响应曲线和光合日进程的测定。测定时, 两地均选取长势一致的健康植株 3 株, 每株均选择中上部冠层、南向枝条上的成熟功能叶 3 片进行观测。

光响应曲线设定光强梯度为 2 000、1 800、1 200、1 000、800、500、200、100、50、20、0 μmol·m⁻²·s⁻¹。光合日进程从 9:00-17:00 每隔 2 h 测 1 次, 每次测 9 片叶子, 每片叶子记录 10 次数据。测定的主要生理指标有净光合速率 (Photo)、蒸腾速率 (Trmmol)、气孔导度 (Cond)、胞间 CO₂ 浓度 (C_i) 等。测定所得数据通过 Excel、SAS 软件进行数据统计和图表制作。

3 结果与分析

3.1 光响应

3.1.1 净光合速率对光强的响应

光响应曲线反映了在一定范围光照强度下植物潜在的光合能力以及植物对生长环境的适应性。由图 1 可以看出, 填埋场周边直杆桉的净光合速率随光强的增加先增加后略有下降, 但最终基本趋于

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31060093); 西南林业大学生态学重点学科建设项目 (KXK200902); 西南林业大学面上基金项目 (110823)

作者简介: 王艳霞 (1979 年生), 女, 讲师, 硕士, 主要从事生态环境与植物生理生态研究。E-mail: wang197912@163.com

收稿日期: 2012-03-08

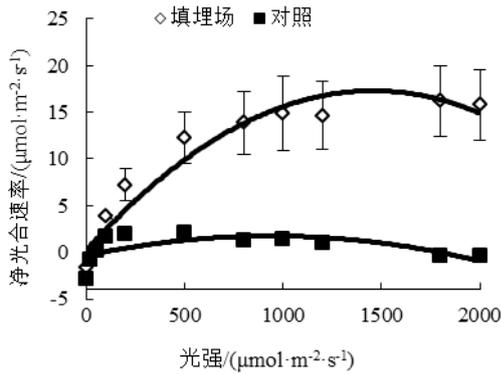


图 1 净光合速率的光响应曲线

Fig.1 Light response curves of net photosynthetic rate

稳定,其净光合速率最高约 $16.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。呼马山森林公园对照的净光合速率则表现为随光强的增加先增加后缓慢降低,其净光合速率最高仅达 $2.1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。与对照相比,填埋场直杆桉的净光合速率明显较高,说明填埋场环境影响下的直杆桉增强了自身的光合能力,能够更加适应强光环境。

3.1.2 蒸腾速率对光强的响应

蒸腾作用是水分从活的植物体表面(主要是叶子)以水蒸汽状态散失到大气中的过程。由图 2 可以看出,填埋场直杆桉的蒸腾速率随光强的增加而升高,最高可达 $2.8 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;对照的蒸腾速率随光强的增加而缓慢下降,最高仅达 $0.8 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,且填埋场直杆桉的蒸腾速率在任何光强下均明显高于对照的,说明填埋场环境影响下的直杆桉以蒸腾方式消耗的水份明显多于对照的。

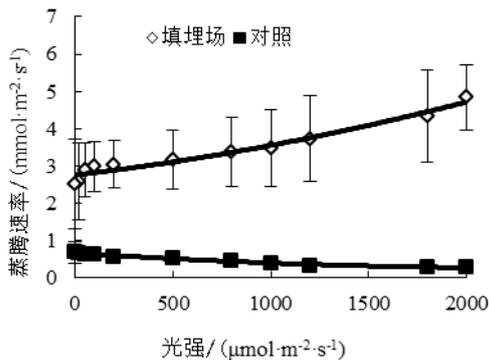


图 2 蒸腾速率对光强的响应

Fig.2 Light responses of transpiration rate

3.1.3 气孔导度与胞间 CO₂ 浓度对光强的响应

气孔是陆生植物叶片上的重要结构,决定着植物与外界的水分和气体交换,在优化植物光合和蒸腾过程中起重要作用^[12]。气孔导度表示气孔张开的程度,影响光合作用、呼吸作用及蒸腾作用。有研究表明,气孔导度并不随光照强度的增加而增加,光照强度并不是限制气孔导度变化的主要环境因

子,而最主要的环境限制因子可能是土壤水分亏缺^[13]。

由图 3 可以看出,填埋场直杆桉气孔导度随光强的增加而上升,对照的直杆桉气孔导度则随光强的增加而略有下降。当光强达最大 $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,填埋场直杆桉气孔导度为 $0.19 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,对照的仅为 $0.01 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。总体来看,无论是弱光条件下还是强光条件下,填埋场直杆桉气孔导度均明显高于对照的。且二者气孔导度对光强的响应变化趋势均与其蒸腾速率的变化趋势相一致(图 2),说明气孔导度和蒸腾速率有很强的正相关性和一致性,气孔因素是影响蒸腾速率的最主要因素之一。

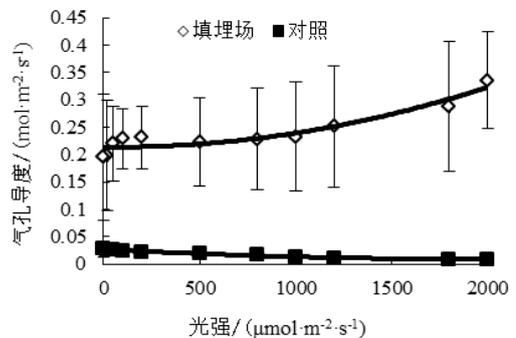


图 3 气孔导度与光强的关系

Fig.3 Relationship between stomatal conductance and light intensity

胞间 CO₂ 浓度是外界 CO₂ 气体进入叶肉细胞过程中所受各种驱动力和阻力以及叶片内部光合作用和呼吸作用的最终平衡结果^[14]。由图 4 可以看出,填埋场和对照直杆桉的胞间 CO₂ 浓度均随光强的增加先下降后上升,这与二者净光合速率对光响应的变化趋势大体呈相反规律,说明净光合速率大时,有更多的 CO₂ 用于光合,从而使胞间 CO₂ 浓度较低,表现出净光合速率与胞间 CO₂ 浓度的负相关性。

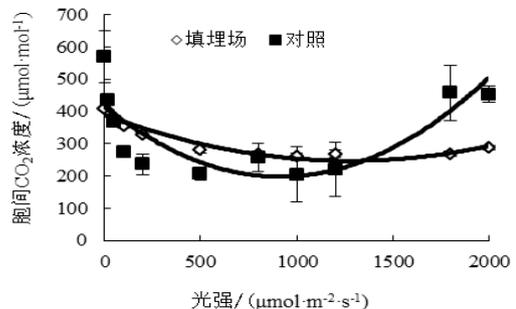


图 4 胞间 CO₂ 浓度与光强的关系

Fig.4 Relationship between intercellular CO₂ concentration and light intensity

3.2 日变化进程

3.2.1 净光合速率的日变化

自然条件下,植物光合作用的日变化曲线大体

上有两种类型:一种是单峰型,中午光合速率最高;另一种是双峰型,上、下午各有一个高峰^[15]。由图5可以看出,填埋场直杆桉的净光合速率在9~11时随时间有所增加,且在11时达到净光合速率最大值 $8.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,之后随时间而下降,呈现单峰型。对照的净光合速率日变化趋势与填埋场相同,均在11时达最大,但其变化幅度明显小于填埋场。二者相比较,除17时外其余时间填埋场的净光合速率均明显高于对照的,说明在自然条件下,填埋场直杆桉的光合效率明显高于对照的。

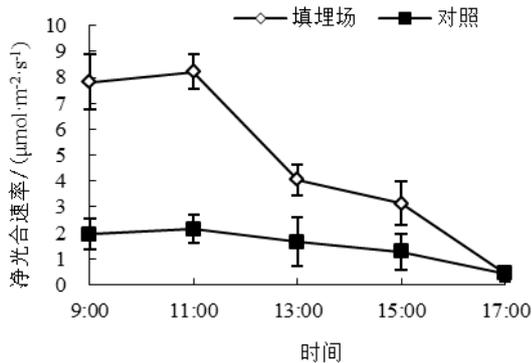


图5 净光合速率日变化

Fig.5 Diurnal variation of net photosynthetic rate

3.2.2 蒸腾速率的日变化

图6显示了直杆桉蒸腾速率的日变化,由图可知,填埋场、对照两地蒸腾速率日变化曲线的波峰均出现在11:00,9:00-11:00蒸腾速率均有所增加,之后均表现为下降,且两地蒸腾速率的日变化趋势均与其净光合速率的日变化趋势相一致。另外,两地相比较,填埋场的蒸腾速率无论何时均明显高于对照的。

树木的蒸腾速率日变化与气温、光照强度有关,中午由于空气相对湿度低,气温较高,高温和强光会导致叶温迅速升高,叶片内外蒸汽压梯度增加,可加剧蒸腾作用^[16],而蒸腾速率的升高可增加叶面相对湿度,降低叶温,达到尽可能减小强光、高温

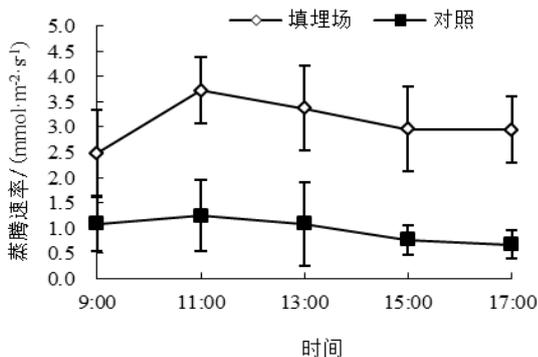


图6 蒸腾速率日变化

Fig.6 Diurnal variation of transpiration rate

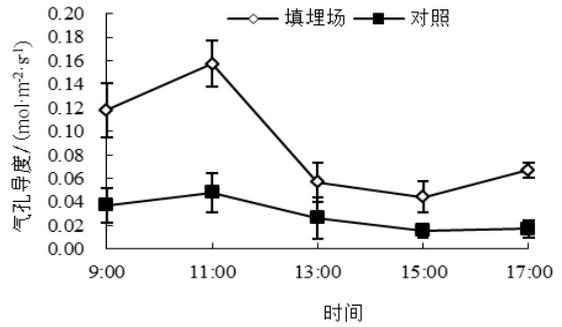


图7 气孔导度日变化

Fig.7 Diurnal variation of stomatal conductance

等环境因子对叶片光合作用的影响。结合蒸腾速率光响应图(图2)可知,填埋场直杆桉通过增加自身的蒸腾速率来适应填埋场的强光、高温的环境。

3.2.3 气孔导度与胞间CO₂浓度的日变化

图7显示了直杆桉的气孔导度日变化,由图可知,填埋场、对照两地的气孔导度均在11:00达到最大值,此时净光合速率和蒸腾速率也均达最大值。气孔导度日变化反映了一天內植物对CO₂利用的调节以及蒸腾强弱的变化,气孔导度大,则进入细胞的CO₂增多,水分蒸腾加强,致使净光合速率和蒸腾速率相应增加,由此说明光合速率和蒸腾速率均与气孔导度有一定的相关性。接玉玲等指出,蒸腾速率对气孔有较强的依赖性,而净光合速率除受气孔限制外,非气孔因素也起着相当重要的作用^[17]。

图8显示了直杆桉胞间CO₂浓度的日变化。由图8可知,两地直杆桉胞间CO₂浓度均在250 μmol·mol⁻¹到400 μmol·mol⁻¹之间,在9:00-15:00变化不明显,在17:00两地胞间CO₂浓度均达最高值,此时的光强变弱,光合速率变慢,胞间CO₂浓度上升。

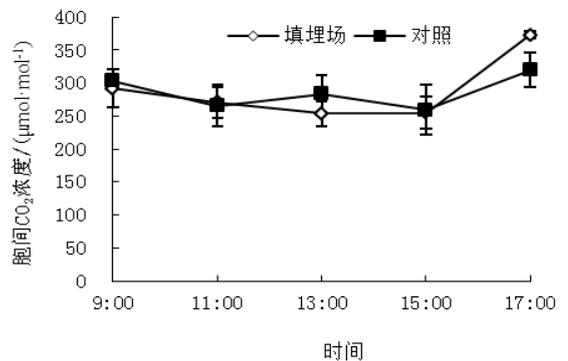


图8 胞间CO₂浓度日变化

Fig.8 Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration

4 结论与讨论

4.1 结论

填埋场直杆桉的净光合速率随光强的增加先增加后稍有下降并趋于稳定,光抑制不明显;在相同光照强度下,填埋场直杆桉的净光合速率、蒸腾

速率始终高于呼马山对照的;胞间 CO_2 浓度随光强的增加先下降后上升,与净光合速率大体呈相反变化;蒸腾速率随光强变化的趋势与气孔导度变化相一致。另外,填埋场直杆桉净光合速率日变化呈单峰曲线,无明显“午休”现象,其变化趋势与蒸腾速率、气孔导度的大体相同。对照的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率与填埋场的变化趋势相似,但变化幅度较少。在自然条件下,填埋场直杆桉的净光合速率和蒸腾速率仍明显高于呼马山对照的,说明直杆桉可通过提高自身的光合能力和蒸腾速率来适应填埋场的特定环境。

4.2 讨论

光合作用是植物生长发育的基础,而光是影响光合作用的重要因子,光强过剩和不足都会对植物产生不利的影响。填埋场直杆桉的光响应曲线显示,其净光合速率随光强的增加先增加后稍有下降并趋于稳定,胞间 CO_2 浓度先下降后上升,光强达到一定程度时,出现净光合速率最大值,在此之后由于光强的继续增加,会出现光抑制现象,净光合速率下降,胞间 CO_2 浓度有所上升。蒸腾速率变化趋势与气孔导度变化相一致,气孔导度大,植物通过蒸腾散失的水分增加,其蒸腾速率相应增加。以上研究结果与吴承祯等对桉树无性系光合光响应研究的结果基本一致^[11]。另外,在光合速率随光强的变化过程中,填埋场直杆桉的净光合速率始终高于对照的,认为其原因是多方面的,一方面是气孔导度随光强的变化过程中,填埋场直杆桉的气孔导度高于对照的,胞间 CO_2 浓度低于对照的,故对 CO_2 利用效率较高,净光合速率较大;另一方面是填埋场直杆桉的光饱和点高于对照的,为适应填埋场环境,直杆桉提高了自身的光合能力,更加适应强光环境。

植物光合作用日变化进程反映了一天中植物进行物质积累与生理代谢的持续能力^[18]。填埋场与对照直杆桉的日变化显示,两地直杆桉在 9:00-11:00 净光合速率、气孔导度、蒸腾速率都有上升趋势,胞间 CO_2 浓度有下降趋势,且 11:00 的净光合速率均最高,原因是此时的气孔导度较高,有利于从外界吸收 CO_2 ,促进植株的光合作用,中午之后,净光合速率逐渐下降,此阶段的气孔导度较低,胞间 CO_2 浓度较高,光合作用减弱。另外,填埋场直杆桉的净光合速率始终高于呼马山对照的,说明在自然条件下填埋场环境下的直杆桉提高了自身的光合效率以适应特定环境。廖凌娟等^[19]对交通干线四种绿化植物光合生理特性的研究也表明,交通污染区的小叶榕、山杜英等植物的最大净光合速率明显高于非污染对照区,说明对某些植物而言可通过提高

自身的光合速率来适应污染环境。

植物各生理因子是相互联系、相互影响的。净光合速率与蒸腾速率均受光强、气孔导度的影响,在一定光强范围内,净光合速率会随光强的增加而增加,在光强达到光饱和点之后,净光合速率不再随光强的增加而增加,其原因是光强太强会导致叶片气孔关闭,光合作用受抑制,净光合速率会随之下降。蒸腾速率对气孔有较强的依赖性,光合速率与气孔导度之间也具有高度正相关性,但这并不意味着光合速率的变化是由气孔导度的变化引起的。有学者认为,判断叶片光合速率降低的主要原因是气孔因素还是非气孔因素的两个可靠判据,是胞间 CO_2 分压 (C_i) 和气孔限制值 (L_s) 的变化方向。 C_i 降低和 L_s 升高表明气孔导度降低是主要原因;而 C_i 增高和 L_s 降低则表明主要原因是非气孔因素^[20]。但因实验条件及仪器限制,有关羧化酶等非气孔因素的研究有待进一步开展。

参考文献:

- [1] 董志高,李枫,吴继敏,等.垃圾填埋场对周边地质环境影响与防治对策[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(1):15-20.
DONG Zhigao, LI Feng, WU Jimin, et al. Geological environment pollution around landfill and its control strategies[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2010, 21(1):15-20.
- [2] 李俊,舒为群,陈济安,等.垃圾填埋场土壤酶活性与化学性质和微生物数量的关系研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(9):1043-1047.
LI Jun, SHU Weiqun, CHEN Ji'an, et al. Relationships between enzyme activities and chemical property and microbial quantity in landfill soil[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(9):1043-1047.
- [3] 李雄,徐迪民,赵由才,等.生活垃圾填埋场封场后种植物中重金属迁移研究[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(9):641-643, 670.
LI Xiong, XU Dimin, ZHAO Youcai, et al. Distribution of heavy metals in cover soil and vegetation of closed sanitary landfill[J]. Environmental Pollution and Control, 2006, 28(9):641-643, 670.
- [4] 李仲根,冯新斌,汤顺林,等.城市生活垃圾填埋场垃圾-土壤-植物中汞含量的分布特征[J]. 地球与环境, 2006, 34(4):11-18.
LI Zhonggen, FENG Xinbin, TANG Shunlin, et al. Distribution characteristics of mercury in the waste soil and plant at municipal solid waste landfills[J]. Earth and Environment, 2006, 34(4):11-18.
- [5] 邓焕广,张菊,陈振楼,等.上海市老港垃圾填埋场潮滩重金属污染及评价研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(2):347-351.
DENG Huanguang, ZHANG Ju, CHEN Zhenlou, et al. Pollution and assessment of heavy metals in the tidal flat sediment near Laogang garbage landfill of Shanghai[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(2):347-351.
- [6] 茹雷鸣,李胜,张燕雯.垃圾填埋场生态恢复中的植被重建研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(6):2504-2505.
RU Leiming, LI Sheng, ZHANG Yanwen. Research on the vegetation recovery and ecological restoration of landfills [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(6) :2504-2505.
- [7] AYALA M, NOA P, YORAM A. Selecting a compatible open space use for a closed landfill site[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, (55):95-111.
- [8] 赵由才.实用环境工程手册—固体废物污染控制与资源化[M].北京:化学工业出版社, 2002:164-167.
ZHAO Youcai. Practical environment engineering manuals—Solid

- waste pollution control and comprehensive utilization[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002: 164-167.
- [9] 李胜, 张万荣, 茹雷鸣, 等. 天子岭垃圾填埋场生态恢复中的植被重建研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 17-19.
LI Sheng, ZHANG Wanrong, RU Leiming, et al. Vegetation recovery and ecological restoration of Tianziling municipal solid waste (MSW) landfill[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(3): 17-19.
- [10] 王多栋, 高金晖, 王晓英. 植物对逆境的光合生理生态适应性研究[J]. 中国农村水利水电, 2010(8): 43-45, 47.
WANG Duodong, GAO Jinhui, WANG Xiaoying. Research on the stress adaptation of plant physiological ecology of photosynthesis[J]. China Rural Water and Hydropower, 2010(8): 43-45, 47.
- [11] 吴承祯, 侯智勇, 洪伟, 等. 桉树无性系光合光响应研究[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(3): 198-202.
WU Chengzhen, HOU Zhiyong, HONG Wei, et al. Study on light response of photosynthesis of *Eucalyptus* clones[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2008, 28(3): 198-202.
- [12] KEN ICHIRO S, MICHIO D, SARAH M A, et al. Light regulation of stomata movement[J]. Annual Review of Plant Biology, 2007, 58: 219-247.
- [13] 黄振英, 董学军, 蒋高明, 等. 沙柳光合作用和蒸腾作用日动态变化的初步研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 817-823.
HUANG Zhenying, DONG Xuejun, JIANG Gaoming, et al. Primary studies on the daily dynamic changes of photosynthesis and transpiration of *Salix psammophila*[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2002, 22(4): 817-823.
- [14] 迟丽华, 宋凤斌. 松嫩平原 4 种植物光合光响应特性的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(2): 119-22, 138.
CHI Lihua, SONG Fengbin. Study on light response of photosynthesis in leaves of four plants of Songnen plain[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2007, 29(2): 119-22, 138.
- [15] 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化[J]. 植物生理学通讯, 1990(6): 5-10.
XU Daquan. Ecology, physiology and biochemistry of midday depression of photosynthesis [J]. Plant Physiology Communications, 1990(6): 5-10.
- [16] 于界芬. 树木蒸腾耗水特点及解剖结构的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2003: 10-13.
YU Jiefen. Studies on characteristic of water consumption and anatomical structure in woody plants[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2003: 10-13.
- [17] 接玉玲, 杨洪强, 崔明刚, 等. 土壤含水量与苹果叶片水分利用效率的关系[J]. 应用生态学报, 2001, 12(3): 387-390.
JIE Yuling, YANG Hongqiang, CUI Minggang, et al. Relationship between soil water content and water use efficiency of apple leaves[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(3): 387-390.
- [18] MANDAL K G, SINHA A C. Nutrient management effects on light interception, photosynthesis, growth, dry-matter production and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*)[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2004, 190(2): 119-129.
- [19] 廖凌娟, 曹洪麟, 吴林芳, 等. 交通尾气污染对城市绿化乡土树种的影响: 气孔、光合生理的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(5): 446-452.
LIAO Lingjuan, CAO Honglin, WU Linfang, et al. Effects of auto-exhaust pollution on four native ornamental trees: stomatal and photosynthetic responses[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2011, 19(5): 446-452.
- [20] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
XU Daquan. Some problems in stomatal limitation analysis of photosynthesis[J]. Plant Physiology Communications, 1997, 33(4): 241-244.

Photosynthetic physiological characteristics of *Eucalyptus* around garbage landfill

WANG Yanxia¹, LI Shuangshuang¹, LI Huaxing²

1. Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. College of Resources and Environment, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China

Abstract: To understand the adaptability of plant photosynthesis in landfill site, the light responses and diurnal changes of *Eucalyptus* photosynthesis were measured in garbage landfill in the eastern suburb of Kunming and Huma Mountain forest park by LI-6400 portable photosynthetic system. The results showed that with the increase of light intensity, the net photosynthetic rate of *Eucalyptus* in landfill site increased, reached the highest point, then decreased gradually and tended to be stable, the photo inhibition was not obvious. In Huma Mountain forest park, the net photosynthetic rate also increased and then decreased gradually. But the net photosynthetic rate and transpiration rate were always lower than that in landfill site, which indicated that *Eucalyptus* might adapt to special environment through the increase of net photosynthetic rate and transpiration rate. The change of intercellular CO₂ concentration was opposite with the net photosynthetic rate, but the change of transpiration rate was similar with stomatal conductance. In addition, the diurnal variation of *Eucalyptus* photosynthetic rate in landfill site was a single-peak curve without midday rest phenomenon, which was similar with transpiration rate and stomatal conductance. However, the change range was smaller in Huma Mountain. In the natural conditions, the net photosynthetic rate of *Eucalyptus* in landfill site was significantly higher than that of Huma Mountain.

Key words: landfill site; *Eucalyptus*; photosynthetic characteristics; transpiration rate; stomatal conductance; intercellular CO₂ concentration