

# 规模化猪场六种绿化植物春季的光合特性研究

王少军<sup>1,2</sup>, 牛明芬<sup>1</sup>, 张迪<sup>1,2</sup>, 鲁彩艳<sup>2</sup>, 史奕<sup>2</sup>

(1. 沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 沈阳 110168; 2. 中科院沈阳应用生态研究所陆地生态过程重点实验室, 沈阳 110016)

**摘要:**采用 Li-6400 便携式光合测定仪在春季晴朗、无风的条件下对辽宁阜新市祖代原种猪场 6 种绿化植物的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度进行了分析测定。研究结果表明, 6 种绿化植物日平均净光合速率的大小顺序为苹果梨 > 南果梨 > 白丁香 > 银中杨 > 小叶杨 > 紫丁香; 小叶杨、银中杨、苹果梨、白丁香的净光合速率日变化曲线为双峰型, 紫丁香、南果梨的净光合速率日变化曲线为单峰型, 均存在明显的光合“午睡”现象。6 种绿化植物日平均蒸腾速率的大小顺序为苹果梨 > 南果梨 > 白丁香 > 银中杨 > 紫丁香 > 小叶杨; 小叶杨、苹果梨、南果梨、紫丁香的蒸腾速率日变化曲线均为双峰型, 而白丁香和银中杨为单峰型。6 种绿化植物的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度日变化幅度很大。

**关键词:** 光合速率; 蒸腾速率; 日变化

**中图分类号:** X173 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2010)增刊-0064-05

## Photosynthetic Characteristics of Six Green Plants at Spring Time in Pig Farm Area

WANG Shao-jun<sup>1,2</sup>, NIU Ming-fen<sup>1</sup>, ZHANG Di<sup>1,2</sup>, LU Cai-yan<sup>2</sup>, SHI Yi<sup>2</sup>

(1. Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2. Key Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** In order to study the photosynthetic characteristics of Xiao yang tree, *Populus alba*, Apple pear, An fruit pear, *Passer montanus saturatus Stejneger*, *Syringa oblata Lindl* and provide theoretical support for their scientific planting, the diurnal variation of net photosynthetic rate, transpiration rate, stomata conductance and intercellular carbon dioxide concentration were measured by Li-6400 portable photosynthesis instrument. The results showed that the diurnal courses of photosynthesis in Xiao yang tree, *Populus alba*, Apple pear and An fruit pear were double peaks, but the others were single peak. The order of photosynthesis rate was Apple pear > An fruit pear > *Passer montanus saturatus Stejneger* > *Populus alba* > Xiao yang tree > *Syringa oblata Lindl*. And the sequence of transpiration rate was Apple pear > An fruit pear > *Passer montanus saturatus Stejneger* > *Populus alba* > Xiao yang tree > *Syringa oblata Lindl*. The transpiration rate of Xiao yang tree, Apple pear, An fruit pear and *Syringa oblata Lindl* were double peaked, *Passer montanus saturatus Stejneger* and *Populus alba* were single peaked. The intercellular carbon dioxide concentration of the six green plants was changed greatly.

**Keywords:** photosynthetic rate; transpiration rate; diurnal change

目前,国内外关于城市绿化植物、城市森林等在改善城市环境中的重要作用的研究已经比较深入。植物通过光合作用,每吸收 1 t 二氧化碳,就能输出 0.75 t 氧气<sup>[1]</sup>。同时植物可以通过蒸腾作用来调节

空气湿度,由于水分蒸腾散发过程中吸收大量的热,可使城市局部环境的温度下降,湿度增加,从而改变小气候,对自然环境的保护和改善起着重要的作用。研究表明,绿化植物特别是乔木的降温效果很明显,成片树荫下的气温比草坪要低 5℃ 左右<sup>[2]</sup>。城市绿化植物还具有吸收有害气体和粉尘,杀菌以及隔离噪声的作用。

**基金项目:**“十一五”国家科技支撑项目(2007BAD71B06)

**作者简介:**王少军(1987—),男,安徽巢湖人,硕士研究生,研究方向为环境污染控制与治理。E-mail: jiaojiaoboycom@126.com

**通讯作者:**史奕 E-mail: shiyi@iae.ac.cn

目前,现代养殖场发展的趋势是集约化、工厂化和规模化,其显著特点是畜禽饲养高度集中,群体规模和饲养密度大。因此,现代养殖场的大量粪尿及臭味导致的环境污染问题已为大众瞩目。为提高养殖场效益,积极推广和应用新技术,采取综合措施以清除或减少恶臭的危害是一项重要的工作,而关于绿化植物种植对改善现代养殖场周围环境的研究较少。据报道,养殖场周围地区种植绿化树种,其在生长过程中能够从空气中吸收氨气以满足自身对氮素的需要,既可以降低场区氨气浓度,减少空气污染,又能够为植物自身提供氮素养分,减少施肥量并促进植物生长。研究表明,合理植树绿化可以阻留净化25%~40%的有害气体和吸附35%~67%的粉尘,使臭恶强度下降50%<sup>[3]</sup>。在现代化养殖场区种植绿化树种对美化环境、防风遮阴、调节空气温、湿度变化及改善场区生态环境均具有重要作用。乔木树种树冠浓郁,尤其在炎热的夏季可形成独特的小气候,对改善周围环境和空气温、湿度的调节作用较为明显<sup>[4-7]</sup>。

本试验以阜新祖代原种猪场作为研究对象,对场区内6种主要绿化树种的光合速率、蒸腾速率、光合有效辐射、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度等指标进行分析测定,探讨规模化猪场场内6种主要绿化树种的生态功能,以期为猪场场区内适宜的、具有较好环境效益的绿化树种的选择提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 自然概况

研究区位于辽宁省西北部阜新县三家子村祖代原种猪场(121°01'~122°26'E,41°44'~42°34'N),属低山丘陵区,整个地势由西北向东南倾斜,相对高差为785.6 m。属北温带半干旱大陆性季风气候区,多年平均日照数2 865.5 h,太阳总辐射量579.9 kJ·cm<sup>-2</sup>,年均气温7.2℃,全县大于或等于10℃的活动积温3 298.3℃,有效积温607.3℃,无霜期150 d左右。多年平均降水量为500 mm,5—9月降水量425 mm,占全年的85%。雨热同季,四季分明。

阜新祖代原种猪场总占地面积约133 hm<sup>2</sup>,建有4个分厂,猪舍面积3.6万m<sup>2</sup>,年产万头瘦肉猪,每个分厂都建有独立的化粪池。每年产生大量粪污水,这些粪污水长期堆积会产生NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S等恶臭气体,造成严重的大气污染,给场区及周围环境造成危害。

### 1.2 试验方法

试验于2009年5月17日在辽宁省阜新市三家

子村祖代原种猪场进行。首先对祖代原种猪场场区绿化植物进行实地调查,在已栽植的17种乔灌木中,选取占比例较大的6种绿化树种,即小叶杨(*Populus simonii* Carr.)、银中杨(*Populus alba* × *berolinensis*)、苹果梨(*Pyrus ussuriensis* Maxim. f.)、南果梨(*Pyrus ussuriensis* Maxim.)、白丁香(*Passer montanus saturatus* Stejneger)和紫丁香(*Syringa oblata* Lindl.)作为供试树种,所选植株均为成年健康植株。采用LI-6400便携式光合测定仪在每日7:00—19:00每隔2 h测量一次。每一树种选3株健康植株,在晴朗、无风的情况下,随机选取每株树木上4片向阳面中部的叶片进行测定,待系统稳定后,记录数值,进行瞬时光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间CO<sub>2</sub>浓度( $C_i$ )、光合有效辐射( $PAR$ )的测定。

所有数据均使用Excel 2003和SPSS 16.0软件进行分析与处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 净光合速率日变化

植物净光合速率可用来评价植物同化能力的强弱,净光合速率越大,同化能力越强,植物的固碳释氧能力也就越强<sup>[8-9]</sup>。植物生长在某种环境下,与外界环境之间不断进行着物质和能量的交换。由于影响光合速率的环境因子在一日内不断发生变化,净光合速率也会随之变化并呈现出相应的变化规律。

由图1可知,银中杨、苹果梨、白丁香、小叶杨的净光合速率日变化曲线为双峰型曲线,而南果梨、紫丁香的净光合速率日变化曲线为单峰型曲线。小叶杨、白丁香的第一个峰值均出现在9:00左右,峰值分别为4.08和10.16  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,其第二个峰值分别出现在13:00和15:00左右,峰值为3.55  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和5.8  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。苹果梨的第一个峰值出现在13:00左右,峰值为8.32  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,银中杨的第一个峰值出现在11:00左右,峰值为4.58  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;银中杨和苹果梨的第二个峰值出现在17:00,峰值分别为2.67、6.23  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。南果梨、紫丁香的峰值也都出现17:00左右,分别为5.85、3.71  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

就全日净光合速率来看,所有树种早晨7:00的净光合速率较大,而晚19:00大都在0左右,晚19:00银中杨的净光合速率为-2.82  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,为全日最低,这可能与辽宁西北地区的地理位置相关,光照时间在早晨6:00点到晚18:00点左右。中午所

有树种净光合速率都有明显的降低,由于晴天中午长时间高光强日照,空气干燥和土壤干旱等原因造成光合“午休”现象<sup>[10-11]</sup>。光合“午休”现象是由多种综合因素影响的结果,研究表明绿化树种的净光合速率降低时,其气孔导度也降低,光合“午休”现象应属于气孔导度限制因素。晴天中午日照很强,气温过高,植物的蒸腾速率很大,叶片失水较快,导致气孔关闭,胞间  $\text{CO}_2$  浓度降低,从而导致净光合速率降低<sup>[12-14]</sup>。

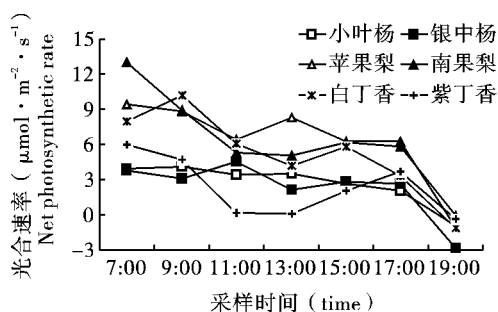


图1 6种主要绿化树种净光合速率日变化

Figure 1 Diurnal changes of net photosynthetic rate in six green plants

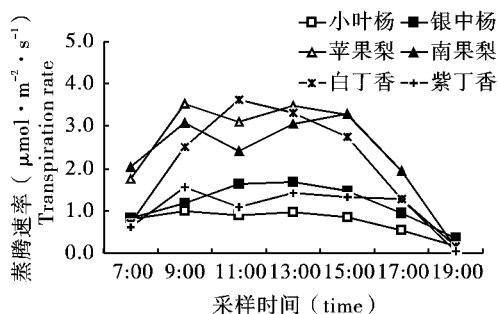


图2 6种主要绿化树种蒸腾速率日变化

Figure 2 Diurnal changes of transpiration rate diurnal changes in six green plants

## 2.2 蒸腾速率日变化

植物的蒸腾速率可判断植物蒸腾总量的大小,蒸腾总量越大,降温增湿效果越好<sup>[15-16]</sup>。在一日中,由于光合有效辐射的变化,进而引起植物周围环境的温度、湿度等环境因子以及叶片气孔调节的改变,导致植物的蒸腾速率也呈现出相应的变化。

由图2可知,小叶杨、苹果梨、南果梨、紫丁香的蒸腾速率日变化曲线为双峰型曲线,小叶杨、苹果梨、南果梨、紫丁香的第一个峰值均出现在9:00左右,峰值分别为0.98、3.53、3.08和1.57  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;小叶杨、紫丁香的第二个峰值出现在13:00左右,峰值分别为0.98和1.43  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而南果梨的

第二个峰值出现在15:00左右,峰值为3.30  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,苹果梨的第二个峰值出现在13:00至15:00之间,峰值为3.45  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。银中杨和白丁香的蒸腾速率日变化曲线为单峰型曲线,峰值分别出现在13:00和11:00左右,峰值为1.68和3.63  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。小叶杨、苹果梨、南果梨、紫丁香的蒸腾速率日变化曲线的峰值分别出现在上午和下午,银中杨和白丁香的蒸腾速率日变化曲线的峰值均出现在中午,这种结果是蒸腾速率受光合有效辐射影响进而影响气孔的调节<sup>[17-19]</sup>。

## 2.3 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度日变化

由图3可知,6种绿化树种的胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )日变化幅度很大,尤其是下午的变化与净光合速率( $P_n$ )和气孔导度( $G_s$ )相反。中午6种绿化树种胞间  $\text{CO}_2$  浓度都降低,小叶杨、苹果梨呈现出较明显的“V”型曲线,最低值出现在13:00到15:00之间,最低值分别为76.01和117.46  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;而银中杨、南果梨、白丁香、紫丁香在上午的变化不大,在17:00左右胞间  $\text{CO}_2$  浓度急剧增加。苹果梨、南果梨、小叶杨、银中杨、白丁香、紫丁香这6种猪场绿化树种胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化曲线出现低谷的时间都比较接近,在7:00附近的浓度不高。这是由于植物此时的净光合速率大,所消耗胞间  $\text{CO}_2$  多;而在17:00的变化幅度很大,这与早晚大气  $\text{CO}_2$  浓度较高,大气温度和湿度都比较适宜,叶片气孔开放,进入细胞的  $\text{CO}_2$  较多;而早晚光合作用较弱,碳同化所消耗的  $\text{CO}_2$  较少,所以胞间  $\text{CO}_2$  浓度较高<sup>[20]</sup>。中午大气中  $\text{CO}_2$  浓度的降低,同时由于温度、湿度及气孔部分关闭的原因,进入细胞的  $\text{CO}_2$  浓度减少,另外光合作用增强,碳同化所消耗的  $\text{CO}_2$  增多,胞间  $\text{CO}_2$  浓度减少<sup>[21]</sup>。

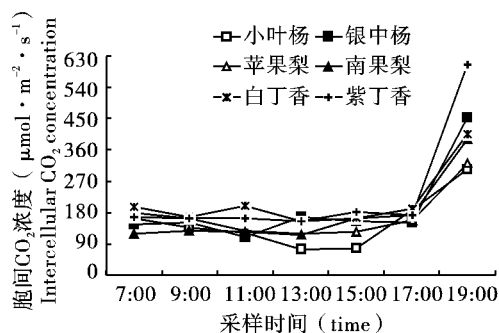


图3 6种主要绿化树种胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化

Figure 3 Diurnal changes of Inter-cellular carbon dioxide intensity in six green plants

## 2.4 气孔导度日变化

植物叶片气孔导度的变化会影响蒸腾速率,进而影响植物的降温增湿效果。

由图4可知,苹果梨、丁香、白丁香的气孔导度日变化曲线为双峰型曲线,苹果梨、白丁香、紫丁香均在9:00出现第一个峰值,峰值分别为88.59、53.36和99.77  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;在中午都出现一个较低的水平,而后苹果梨在13:00出现第二个峰值,峰值为73.91  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;白丁香在15:00出现第二个峰值,峰值为66.88  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;紫丁香在17:00出现第二个峰值,峰值为39.97  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,之后这3种植物的气孔导度都一直降低。南果梨从早上7:00开始下降,到11:00左右开始回升,至17:00左右出现峰值,峰值为60.75  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,之后一直降低。小叶杨、银中杨的气孔导度日变化曲线为单峰型曲线,分别在9:00和11:00出现峰值,峰值分别为30.71和39.41  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而后一直呈下降趋势。小叶杨、银中杨、苹果梨、南果梨、白丁香、紫丁香6种绿化树种气孔导度日变化曲线图表明,由于光合有效辐射的变化对蒸腾速率产生了影响,从而对叶片气孔产生调节,进而影响气孔导度<sup>[22]</sup>。

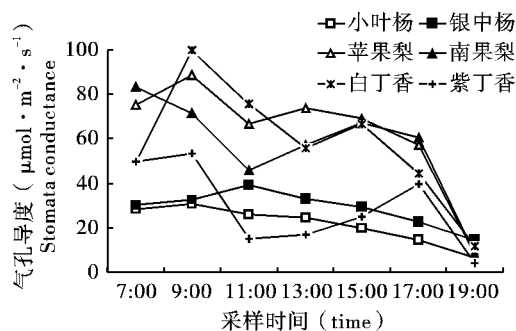


图4 6种主要绿化树种气孔导度日变化

Figure 4 Diurnal changes of Stomata conductance diurnal changes in six green plants

## 3 结论

本研究结果表明,银中杨、苹果梨、白丁香、小叶杨的净光合速率日变化曲线均为双峰型曲线,而南果梨、紫丁香的净光合速率日变化曲线均为单峰型曲线;小叶杨、苹果梨、南果梨、紫丁香的蒸腾速率日变化曲线均为双峰型曲线,银中杨和白丁香的蒸腾速率日变化曲线均为单峰型曲线。6种绿化树种日平均净光合速率的大小顺序为苹果梨 > 南果梨 > 白丁香 > 银中杨 > 小叶杨 > 紫丁香,蒸腾速率为苹果

梨 > 南果梨 > 白丁香 > 银中杨 > 紫丁香 > 小叶杨。苹果梨和南果梨的光合速率和蒸腾速率均较高,是较为适宜的具有较好环境效益的绿化树种。

## 参考文献:

- [1] 孙晓璐, 李孟波, 阎阳. 浅议植物在生态园林中的功能和作用[J]. 河北建筑工程学院学报, 2008, 26(3): 53-54, 60.  
SUN Xiao-lu, LI Meng-bo, YAN Yang. On the function of plant ecological landscape[J]. *Journal of Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering*, 2008, 26(3): 53-54, 60.
- [2] 莫健彬, 王丽勉, 秦俊, 等. 上海地区常见园林植物蒸腾降温增湿能力的研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(30): 9506-9507, 9510.  
MO Jian-bing, WANG Li-mian, QIN Jun, et al. Study on temperature decreasing and humidification of ornamental plants in Shanghai[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35(30): 9506-9507, 9510.
- [3] 孙海燕, 祝宁. 哈尔滨市绿化树种生态功能研究[J]. 中国城市林业, 2008, 6(5): 54-57.  
SUN Hai-yan, ZHU Ning. Ecological functions of tree species grown in Harbin City[J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2008, 6(5): 54-57.
- [4] 赵莹, 李海梅. 11种地被植物固碳释氧与降温增湿效益研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 44-45.  
ZHAO Xuan, LI Hai-mei. Study on carbon-fixing, oxygen-releasing, temperature-reducing and humidity-increasing effects of 11 ground cover plants[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009, 21(1): 44-47.
- [5] 宋丽华, 曹兵, 吴李. 银川市几种绿化树种降温增湿效应的比较[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 46-48.  
SONG Li-hua, CAO Bing, WU Li. Comparison of air temperature and relative humidity adjusting effects for several urban tree species in Yinchuan[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24(3): 46-48.
- [6] 栗辉, 刘晓东, 邢军会. 黑龙江省森林植物园固碳释氧及降温增湿效益[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(11): 39-40, 47.  
LI Hui, LIU Xiao-dong, XING Jun-hui. Functions of carbon fixation, oxygen release, temperature reduction, and humidity increase for the plants in Heilongjiang Forest Botanical Garden[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2008, 36(11): 39-40, 47.
- [7] 陆贵巧, 谢宝元, 谷建才, 等. 大连市常见绿化树种蒸腾降温的效应分析[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(2): 65-67.  
LU Gui-qiao, XIE Bao-yuan, GU Jian-cai, et al. The analysis of reducing temperature and increasing humidity of familiar afforestation tree species in Dalian city[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2006, 29(2): 65-67.
- [8] 赵天宏, 王美玉, 张巍巍, 等. 大气CO<sub>2</sub>浓度升高对植物光合作用的影响[J]. 生态环境, 2006, 15(5): 1096-1100.  
ZHAO Tian-hong, WANG Mei-yu, ZHANG Wei-wei, et al. Effects of elevated atmospheric carbon dioxide concentration on plant photosynthesis[J]. *Journal of Ecology and Environment*, 2006, 15(5): 1096-1100.

- [9] Ignace D D, Huxman T E. Limitations to photosynthetic function across season in *Larrea tridentata* (creosotebush) growing on contrasting soil surfaces in the Sonoran Desert [J]. *Journal of Arid Environments*, (2009), 73: 626 – 633.
- [10] 贾虎森, 李德全, 韩亚琴. 高等植物光合作用的光抑制研究进展[J]. 植物学通报, 2000, 17, (3): 218 – 224.
- JIA Hu – sen, LI De – quan, HAN Ya – qin. Advances in studies on photoinhibition in photosynthesis of higher plants [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2000, 17 (3): 218 – 224.
- [11] Emile S Gardiner, Magnus Lof, Joseph JO' Brien. Photosynthetic characteristics of *fagus sylvatica* and *quercus robur* established for stand conversion from *Picea abies* [J]. *Forest Ecology and Management*, 2009, 258: 868 – 878.
- [12] 李 焯, 崔立明, 贡 威, 等. 辽东地区4种林下经济植物光合特性研究[J]. 辽宁林业科技, 2009 (3): 10 – 12.
- LI Ye, CUI Li – ming, GONG Wei, et al. Photosynthetic characteristics of four economical plants under – forest in eastern Liaoning [J]. *Journal of Liaoning Forestry Science & Technology*, 2009 (3): 10 – 12.
- [13] 黄 娟, 吴 彤, 孔国辉, 等. 油页岩废渣地12种木本植物光合作用的季节变化[J]. 植物生态学报, 2006, 30 (4): 666 – 674.
- HUANG Juan, WU Tong, KONG Guo – hui, et al. Seasonal changes of photosynthetic characteristics in 12 tree species introduced onto oil shale waste [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30: 666 – 674.
- [14] 杜旭华, 马 健, 彭方仁. 温室不同茶树品种净光和速率及其生理生态因子日变化[J]. 浙江林业科技, 2007, 27 (3): 32 – 33.
- DU Xu – hua, MA Jian, PENG Fang – ren. Diurnal variations of net photosynthetic rate and eco – physiological factors of tea in greenhouse [J]. *Jour of Zhejiang for Sci & Tech*, 2007, 27 (3): 32 – 33.
- [15] Belshe E F, Durako M J, Blum J E. Photosynthetic rapid light curves (RLC) of *Thalassia testudinum* exhibit diurnal variation [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2007, 342: 253 – 268.
- [16] Michael J Durako, Jennifer I Kunzelman. Photosynthetic characteristics of *Thalassia testudinum* measured in situ by pulse – amplitude modulated (PAM) fluorometry: Methodological and scale – based considerations [J]. *Aquatic Botany*, 2002, 73: 173 – 185.
- [17] 李海梅, 何兴元, 陈 玮. 沈阳城市森林主要绿化树种——丁香的光合特性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15 (12): 2245 – 2249.
- LI Hai – mei, HE Xing – yuan, CHEN Wei. Photosynthetic characteristics of main urban forest species *Syringa oblata* in Shenyang [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, 15 (12): 2245 – 2249.
- [18] 李海梅, 何兴元, 宋 力. 3种灌木树种光合特性及影响因子研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38 (4): 605 – 608.
- LI Hai – mei, HE Xing – yuan, SONG Li. Photosynthetic characters and impact factors of three flowering shrubs [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2007, 38 (4): 605 – 608.
- [19] 李海梅, 何兴元, 王奎玲, 等. 沈阳城区五种乔木树种的光合特性[J]. 应用生态学报, 2007, 18 (8): 1709 – 1714.
- LI Hai – mei, HE Xing – yuan, WANG Kui – ling, et al. Photosynthetic characteristics of five arbor species in Shenyang urban area [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2007, 18 (8): 1709 – 1714.
- [20] 马金娥, 金则新, 张文标, 等. 蓝果树光合生理生态特性研究[J]. 浙江林业科技, 2007, 27, (6): 33 – 36.
- MA Jin – e, JIN Ze – xin, ZHANG Wen – biao, et al. Study on the diurnal changes of photosynthetic rate of *nyssa sinensis* and environmental factors [J]. *Journal of Zhejiang for Sci & Tech*, 2007, 27 (6): 33 – 36.
- [21] 谢会成, 姜志林, 李际红, 等. 栓皮栎林光合特性的研究[J]. 南京林业大学学报, 2004, 28 (5): 83 – 85.
- [22] 刘海荣, 宋 力, 张春锋, 等. 金银忍冬和榆叶梅春季光合特性的比较[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37 (5): 707 – 711.