

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

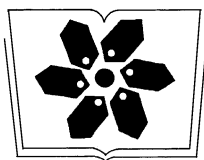
中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 19 期

2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10	



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

于盈盈, 胡聃, 郭二辉, 肖强, 柳敏, 张小飞. 城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响. 生态学报, 2011, 31(19): 5646-5653.

Yu Y Y, Hu D, Guo E H, Xiao Q, Liu M, Zhang X F. Effects of urban shading on photosynthesis of *Euonymus japonicas*. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5646-5653.

城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响

于盈盈, 胡 聃*, 郭二辉, 肖 强, 柳 敏, 张小飞

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要:城市遮阴与自然生态系统遮阴环境不同,它由城市中的建筑、基础设施等人工构筑物所产生,并对植物光合过程产生影响。采用 Li-6400 便携式光合作用测定系统对北京市不同建筑遮阴环境下的生态因子特征及大叶黄杨光合参数特性进行了现场实验对比观测与分析。研究显示:(1)城市建筑或基础设施布局或格局变化导致建筑遮阴环境光、温等生态因子的差异性变化,主要体现在光合有效辐射(PAR)在时间分布及强度上的显著差异。(2)遮阴改变大叶黄杨的光合参数,日净光合速率曲线为不规则单峰型,由遮阴进入太阳直射时,净光合速率(P_n)明显升高,随遮阴程度加重峰值时间有后延现象,完全遮阴时净光合速率最低。(3)大叶黄杨叶片在有一定时间太阳直射的中度遮阴(2.3 h 和 5.5 h)下适应性良好,日均净光合速率、光补偿点(LCP)、光合能力(P_{nmax})、叶面积(LA)、比叶重(LMA)没有显著差异,植物主要通过光合色素含量及组成的改变来适应太阳直射时间变短(2.3 h)的遮阴环境。(4)遮阴改变植物的光暗适应策略,没有阳光直射的重度遮阴下,大叶黄杨通过其光合、形态、光合色素等多方面的改变来适应遮阴环境,建筑重度遮阴严重影响植物光合过程。探讨了不同程度建筑遮阴对植物光合作用的影响及植物的适应机制,为基于提高其生态服务功能的树种配置和城市规划提供科学依据。

关键词:城市光环境;建筑遮阴;光合作用;大叶黄杨

Effects of urban shading on photosynthesis of *Euonymus japonicas*

YU Yingying, HU Dan*, GUO Erhui, XIAO Qiang, LIU Min, ZHANG Xiaofei

Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Urban shading is caused by urban artificial constructive structures and has definite effects on the photosynthetic processes of plants. We used Li-6400 portable photosynthesis system to study the changes in ecological factors and photosynthetic characteristics of *Euonymus japonicas* planted in different levels of urban shading in Beijing. The results showed that: (1) The pattern of buildings or infrastructures' layout resulted in the differences of ecological factors under different levels of urban shading, mainly represented by temporal distribution and intensity of photosynthetically available radiation (PAR) and atmospheric temperatures. (2) Different levels of urban shading caused the changes in several main photosynthetic parameters of *E. japonicas* such as net photosynthesis (P_n), presenting an irregular single-peaked curve. When urban light environment changed from shading into direct sunlight, P_n showed an obvious increase and reached a peak value rapidly. The time point of the maximum value of P_n was delayed with the increasing level of shading. The P_n value of plants in the highest level of urban shading (S4) was the lowest in the four sites. (3) The leaves of *E. japonicas* showed a good ecological adaptability under a moderate urban environment of shading with a certain length of time (2.3 hours and 5.5 hours) when exposed to direct sunlight, and there was no significant variability among some indicators such as daily average of P_n , light compensation point (LCP), P_{nmax} , leaf area (LA) and leaf mass per area (LMA). The leaves of *E. japonicas* well adapted to the changes in urban shading environment with a shortened period (to 2.3 h) of direct

基金项目:国家自然科学基金项目(70873121);城市与区域生态国家重点实验室专项基金(SKLURE2008-1-01);国家科技支撑计划项目(2007BAC28B04)

收稿日期:2011-06-20; 修订日期:2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hudan@rcees.ac.cn

sunlight mainly by changing the contents and composition of photosynthetic pigments, namely, Chl a and Chl b, Chl a+b and Car/Chl. (4) Different levels of urban shading caused the changes in adaptive strategies of *E. japonicas*. When there was no direct sunlight appearing, a highest level of shading, *E. japonicas* presented obvious adaptive changes in its physiological photosynthetic processes, morphology, photosynthetic pigments and so on, and this type of the greatest shading caused by urban buildings or other infrastructures can obviously affect the growth of plants.

Key Words: urban light environment; shading by buildings or other infrastructures; changes in plant photosynthesis; *Euonymus japonicas*

城市遮阴与自然生态系统遮阴环境不同,它由城市中的建筑、基础设施等人工构筑物所产生,城市人工构筑物对输入城市上空光辐射的光谱构成、光强度、传播路径以及空间分布都会产生影响,并进一步对植物光合过程产生特定的生理生态效应。城市中建筑或基础设施数量多、形态复杂、分布不均,高低不同。建筑物或基础设施的高度、形状和位置分布使城市遮阴区域内光、温、风、湿等各种生态因子产生一系列变化^[1-4],影响城市植物的光合等生理过程,进而影响其生长过程。光合作用与植物的生长发育密切相关,对植物的生长和发育都至关重要。前人有关遮阴环境对光合作用影响以及光合作用对遮阴环境变化的适应性已有相关研究。农林研究上,通常通过遮阴棚方法模拟遮阴环境,通过幼苗盆栽实验观测其对植物的影响^[5-8],但遮阴棚模拟无法反映城市环境的实际变化特点以及植物对城市环境变化的长期适应;此外,植物的不同成龄期对于外界环境变化的适应能力存在较大差别,因此幼苗盆栽试验也有一定的局限性,它只能观测植物幼苗期的生理生态行为,因此,现场对比实验则成为当今探讨城市环境变化与城市植物生理生态关系的重要途径与方法之一。目前国内外已有少量相关研究,Roger^[9]发现北美枫香(*Liquidambar styraciflua* L.)在城市街道峡谷区的光合在遮阴和光照时段都要低于公园中的对照组。Masahiro^[10]对福岡市铁冬青树(*Ilex rotunda*)在不同污染和光环境下的气体交换进行了研究,认为光合速率与光照条件负相关,与大气污染物浓度正相关。从总体看,这些实验研究内容分散、关键问题还不明确,研究深度也不够,尚需要系统、细致、长期的探索研究。

本文在前人相关研究的基础上,在开放条件下观测城市遮阴环境的生态因子变化特征,研究遮阴微环境变化对典型城市植物——大叶黄杨光合过程的影响,试图揭示城市植物在特定城市光环境变化下的光合行为特征,为了解城市植物对城市光环境的适应机制以及提高城市植物的生态服务功能以及植物物种树种配置技术方法的确定奠定基础,为城市生态规划和设计提供相关科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

大叶黄杨(*Euonymus japonicas*)是卫矛科卫矛属常绿灌木,占北京市常绿灌木的41%,是公园绿地、居住区绿地、道路绿地等的优势种^[11]。实验点大叶黄杨呈典型带状栽植,栽植时间为2002年。

1.2 实验地点

实验地点位于北京市三、四环之间典型居民小区内,小区占地面积约13万m²,为钢筋混凝土剪力墙高层建筑,楼高70m以上,绿化率为40%,2009年平均气温13.3℃、平均降水量480.6mm。

选取小区内四种城市遮阴环境,分别记为遮阴1(S1)、遮阴2(S2)、遮阴3(S3)、遮阴4(S4),见图1。阴影部分为建筑,S4除有两栋高层建筑遮阴外,北向有一层低矮建筑,南向有低矮人工设施,其余遮阴建筑均为

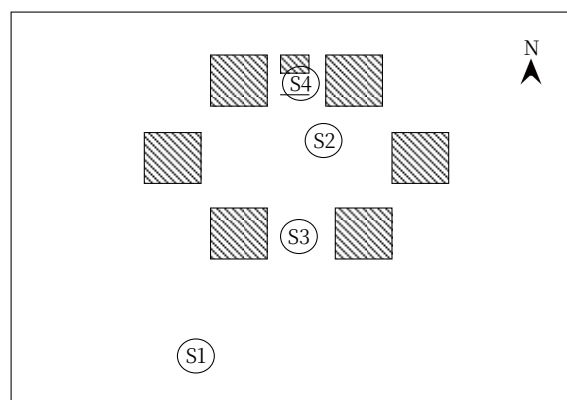


图1 观测点位置示意图

Fig.1 Distribution of observing sites

规则方形截面高层住宅,正南北向,建筑间东西最大间距 80m,最小间距 30m。4 个观测点处大叶黄杨均没有高大乔木遮挡。4 种遮阴环境遮阴程度依次增强。表 1 和表 2 是观测点的概况。

表 1 样点概况

Table 1 Brief descriptions of observing sites

样点描述 Descriptions	
遮阴 1 shade 1 S1	无遮阴,日照时间约 5:40—19:10,约 11.5h
遮阴 2 shade 2 S2	遮阴建筑 4 栋,植物距离东侧建筑 26m,日照时间约 10:45—16:20,约 5.5h
遮阴 3 shade 3 S3	遮阴建筑 2 栋,植物距离东侧建筑 15m,日照时间约 10:50—13:10,约 2.3h
遮阴 4 shade 4 S4	遮阴建筑 3 栋,植物距离东侧建筑 12m,完全遮阴

表 2 观测点大气与土壤背景状况

Table 2 Atmospheric and soil conditions in the four observing sites

	大气 Air			土壤 Soil					
	CO ₂	SO ₂	NO ₂	体积含水量	有机质	pH	全 N	全 P	全 K
	/(μmol/mol)	/(mg/m ³)	/(mg/m ³)	/(cm ³ /cm ³)	/(g/kg)		/(g/kg)	/(g/kg)	/(g/kg)
数值	370 (18)	0.029 (0.006)	0.031 (0.003)	0.23 (0.05)	12.17	7.87	0.98	1.39	16
测定方法	LI-6400 光合 测定系统	HJ482— 2009	GB/ T15436—1995	EM50 土壤 水分数据 采集器	元素分析仪 Elementar vario EL III	电位法	凯氏定氮法	钼锑抗 比色法	火焰光度 计法

SO₂、NO₂浓度为平均值(括号内为标准差)(n=3),CO₂浓度、体积含水量为平均值(括号内为标准差)(n=30)

1.3 实验内容

光合参数的测定:选取夏季 7—8 月的晴好天气,使用美国 Li-cor 公司生产的 Li-6400 便携式光合作用测定系统进行观测。每种遮阴环境选取 3—5 株成熟植株,随机选择植株中上部向阳方向朝向一致的成熟叶片 2—5 片进行测定,日光合数据取自 8:00—18:00,每 2 h 测量 1 次;光响应曲线的测定参照冯玉龙^[5]的方法,使用开放气路,设定空气流速为 0.5L/min,温度 25℃,相对湿度 60%,CO₂浓度 380μmol·m⁻²·s⁻¹。测定光强自 2000μmol·m⁻²·s⁻¹开始,每次测定光强减少 200μmol·m⁻²·s⁻¹,光强降至 200μmol·m⁻²·s⁻¹后,每次测定光强减少 50μmol·m⁻²·s⁻¹,直至光强为 0μmol·m⁻²·s⁻¹,测定时每一光强下停留 2min。测定前叶片在 1600 μmol·m⁻²·s⁻¹光强下诱导 30 min。曲线拟合使用非直角双曲线模型^[12]。

形态学指标及叶绿素含量的测定:每种遮阴环境选取大叶黄杨向阳面中上部成熟叶片 30 片,装入液氮罐内保存至实验室进行测定。叶面积使用方格纸法^[13]计算。比叶重按照冯玉龙^[5]的方法进行测定,用一定面积的打孔器打下 5 个叶圆片,120℃处理 30min,80℃烘干 24h 后,用电子天平称干重,计算比叶重(LMA,单位面积叶干重)。叶绿素含量采用陈亚军^[14]的方法进行测定,实验分 3 次重复。

1.4 数据处理方法

统计检验使用 SPSS17.0,绘图作图用 Excel,数据间比较使用 LSD-t 检验。

2 结果与分析

2.1 不同城市遮阴环境下的生态因子变化

不同遮阴环境的光合有效辐射(PAR)日进程均呈不规则单峰曲线(图 2),S1 至 S3 最大值均出现在下午 13:00,分别为(1880.03±114.02)μmol·m⁻²·s⁻¹、(1840.60±120.60)μmol·m⁻²·s⁻¹、(1500.32±109.00)μmol·m⁻²·s⁻¹,S4 最大值出现在 12:00,为(78.44±25.08)μmol·m⁻²·s⁻¹。8:00 至 11:00 只有 S1 有太阳直射,因此 PAR 高于其它 3 样点。在 11:00 至 13:00 间有太阳直射时,因为建筑表面复杂反射使 S3 与 S1、S2 之间 PAR 也有显著差异。S4 全天位于建筑阴影中,PAR 低于前三者。4 处遮阴环境的日均 PAR 有显著差异(表 3),S2 至 S4 分别相当于 S1 的 61%、41% 和 4%。S2 太阳直射时 PAR 占全天的 89%,S3 占全天的 75%。

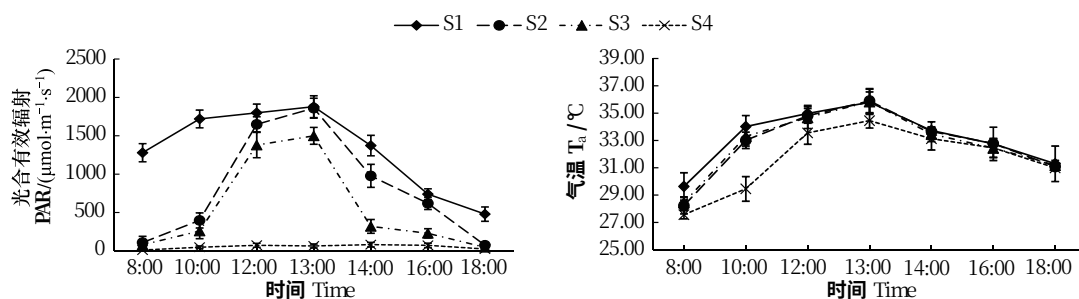


图2 不同城市遮阴环境光合有效辐射和气温的变化

Fig. 2 Changes in PAR and T_a for different levels of urban shading

表3 不同城市遮阴环境下生态因子变化的比较

Table 3 Comparison of ecological factors variations among different levels of urban shading

	日均光合有效辐射 Daily $PAR/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	日均气温 Daily $T_a/^\circ\text{C}$	日均相对湿度 $RH/\%$
遮阴 1 shade 1	1324.71a	33.18a	31.54 a
S1	(114.02)	(0.59)	(0.81)
遮阴 2 shade 2	813.16b	32.78a	32.04 a
S2	(98.40)	(0.47)	(0.86)
遮阴 3 shade 3	545.51c	32.77ab	31.36 a
S3	(100.23)	(0.54)	(0.70)
遮阴 4 shade 4	54.29d	31.68b	31.44 a
S4	(20.04)	(0.35)	(1.02)

日均光强、气温、相对湿度为平均值(括号内为标准差)($n=30$),不同字母表示不同遮阴环境间差异显著($P<0.05$),相同字母表示差异不显著($P>0.05$)

不同遮阴环境的气温(T_a)日进程也呈单峰型曲线(图2),最高温度出现在13:00,分别为(35.88 ± 0.68) $^\circ\text{C}$ 、(35.90 ± 0.43) $^\circ\text{C}$ 、(35.84 ± 0.79) $^\circ\text{C}$ 和(34.25 ± 0.55) $^\circ\text{C}$ 。14:00以前,S4气温明显低于S1、S2和S3,14:00以后,气温趋向一致。S1与S2、S3之间日均气温没有显著差异(表2),S4日均气温只有(31.68 ± 0.35) $^\circ\text{C}$,比S1低1.5 $^\circ\text{C}$,比S2低1.1 $^\circ\text{C}$ 。在前3种遮阴环境中,日均气温没有随日均光合有效辐射的降低而降低,这可能是因为除了太阳辐射,建筑周边气温还受到地形、地面覆盖状况、建筑材料和大气流动热交换作用等因素的影响。

日均相对湿度(RH)在不同遮阴环境之间没有显著差异(表3)。

2.2 不同城市遮阴环境大叶黄杨光合参数的比较

2.2.1 净光合速率

图3显示,大叶黄杨日净光合速率(P_n)呈不规则单峰曲线。S1没有显示出典型的双峰型曲线与夏季上午和中午累积高温与高光强有关。S1日最大值出现在10:00,S2、S3、S4有不同程度的延后现象,S2和S3最大值出现在12:00,S4出现在14:00。S1至S4日最大值分别为(10.00 ± 0.9) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、(8.68 ± 0.56) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、(8.47 ± 0.60) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和(3.08 ± 0.37) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。S1日均净光合速率为(7.84 ± 0.70) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,S2至S4分别为(5.77 ± 0.62) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、(5.25 ± 0.86) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、(1.74 ± 0.19) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,相当于

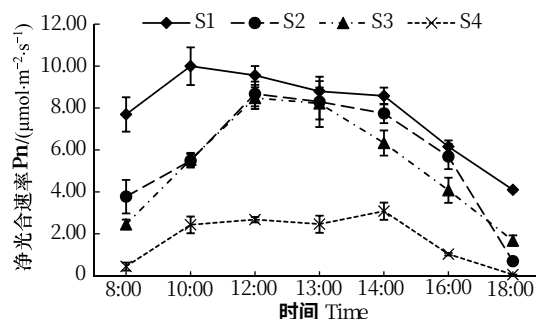


图3 不同城市遮阴环境大叶黄杨日光合曲线

Fig. 3 Net photosynthesis curve of *Euonymus japonicus* in different levels of urban shading

S1 的 73%、67% 和 22%。S2 在 11:00 至 16:00 太阳直射时净光合速率总量占全天的 75%, S3 在 11:00 至 13:00 太阳直射时净光合速率总量占全天的 45%, S1 对应值分别为 60% 和 33%, 表明太阳直接辐射是影响大叶黄杨净光合速率的日变化的主导因子。

2.2.2 光响应曲线参数比较

光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)可以反映出植物对弱光环境的适应能力。大叶黄杨 LCP 、 LSP 、暗呼吸速率(R_d)随遮阴强度的增加而降低(表 4)。三者均在 S1 处最高, S4 处最低。S2 和 S3 的 LCP 、 R_d 没有显著差异。遮阴最大的 S4 处 LCP 只有 $(5.66 \pm 0.90) \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 比 S3 低 $7.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, LSP 只有 $(182.6 \pm 3.05) \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 比前三者分别低 $708.05 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $681.77 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $641.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。 LCP 、 LSP 降低有助于大叶黄杨在有限光环境下以最大能力利用光合有效辐射, 进行最大可能的光合作用, 从而增加有机物的积累, 满足其生长和发育的需要。耐阴植物在弱光下光合速率较低, 因此保持低的暗呼吸速率有助于避免光合产物的过度损失, 有利于碳的净积累, 大叶黄杨叶片在重度遮阴时 R_d 明显降低。此外, 最大净光合速率($P_{n\text{max}}$)代表植物叶片的光合能力, 由表 4 可以看出, S4 处叶片的光合能力最低, 仅为 $6.76 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 4 不同城市遮阴环境下大叶黄杨光补偿点、光饱和点、暗呼吸速率、最大净光合速率
Table 4 LCP 、 LSP 、 R_d and $P_{n\text{max}}$ of *Euonymus japonicas* in different levels of urban shading

	光补偿点 $LCP/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	光饱和点 $LSP/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	暗呼吸速率 $R_d/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	最大净光合速率 $P_{n\text{max}}/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
遮阴 1 shade 1	13.26a	890.65a	0.53a	12.98a
S1	(0.78)	(4.41)	(0.19)	(0.92)
遮阴 2 shade 2	8.12b	864.37b	0.41b	13.25a
S2	(0.69)	(4.23)	(0.26)	(0.68)
遮阴 3 shade 3	8.14b	824.40c	0.42b	10.17a
S3	(0.88)	(3.29)	(0.30)	(0.72)
遮阴 4 shade 4	5.66c	182.6d	0.23c	6.76b
S4	(0.90)	(3.05)	(0.06)	(0.53)

光补偿点、光饱和点、暗呼吸速率、最大净光合速率为平均值(括号内为标准差)($n=6$), 不同字母表示不同遮阴环境间差异显著($P<0.05$), 相同字母表示差异不显著($P>0.05$)

2.3 不同城市遮阴环境下大叶黄杨形态学参数的比较

叶面积(LA)和比叶重(LMA)是研究遮阴环境对植物影响时常用的形态学指标, 反映了植物对于弱光环境在形态学上的适应对策。大叶黄杨叶面积和比叶重在 S1、S2 和 S3 之间没有显著差异(表 5)。 LA 在 S4 处最高, 为 $(13.83 \pm 0.93) \times 10^{-4} \text{m}^2$, 是前三者的 1.35、1.31 和 1.39 倍。 LMA 在 S4 处最低, 为 $(83.92 \pm 9.75) \text{g}/\text{m}^2$ 仅相当于前三者的 67.8%、68.5% 和 69.3%, 表现出大叶黄杨叶片形态特征对弱光的适应。

2.4 不同城市遮阴环境下大叶黄杨叶绿素含量的比较

叶绿素在光合过程中起着光能吸收、传递和转化的作用, 而类胡萝卜素参与光能捕获和光破坏防御两个重要过程。不同光环境中, 植物通常会通过改变这两种光合色素的比例适应环境因子的变化。大叶黄杨 Chl a、Chl b、Chl a+b 含量有随遮阴强度增加而上升的

表 5 不同城市遮阴环境下大叶黄杨叶面积和比叶重对比

Table 5 Comparison of LA and LMA of *Euonymus japonicas* growing in different levels of shading

	叶面积 $LA/(\times 10^{-4} \text{m}^2)$	比叶重 $LMA/(\text{g}/\text{m}^2)$
遮阴 1 shade 1	10.24a	123.76a
S1	(1.01)	(6.72)
遮阴 2 shade 2	10.55a	122.57a
S2	(1.27)	(7.59)
遮阴 3 shade 3	9.98a	121.03a
S3	(1.54)	(8.14)
遮阴 4 shade 4	13.83b	83.92b
S4	(0.93)	(9.75)

叶面积、比叶重为平均值(括号内为标准差)($n=30$), 不同字母表示不同遮阴环境间差异显著($P<0.05$), 相同字母表示差异不显著($P>0.05$)

趋势(图4),但在S1和S2之间没有显著差异,与S3和S4有显著差异,在S4处最高。Chl a/b降低常被认为是植物对弱光的适应特征。大叶黄杨叶片Chl a/b有随遮阴强度增加而下降的趋势,S2和S3没有显著差异,在S4处最低(3.11 ± 0.02)。Car有保护叶片光合结构、耗散过剩光能的重要功能,而Car/Chl则反映了光保护与光能吸收的关系^[15-16],图4显示Car以及Car/Chl均在S1处最高,S4处最低,且随遮阴强度的增加而减小,说明大叶黄杨叶片在重度遮阴时光合色素功能更偏向于光能吸收,在完全光照时则加强了对光合结构的保护。

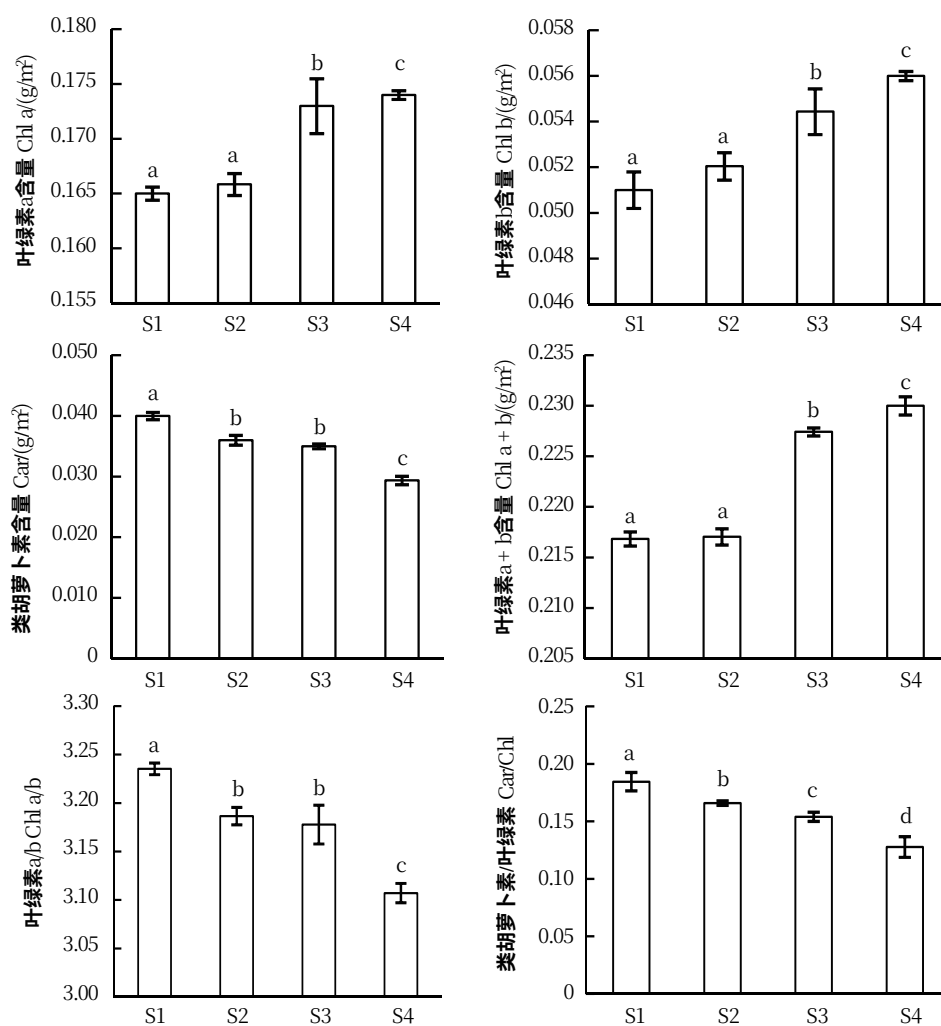


图4 不同城市遮阴环境下大叶黄杨叶绿素及类胡萝卜素含量比较

Table 4 Comparison of leaf chlorophyll and carotenoid content of *Euonymus japonicus* growing in different levels of urban shading

3 讨论与结论

城市建筑或基础设施的材料构成、结构以及多样的分布形态形成了城市中不同的遮阴环境,建筑或基础设施的分布密度以及高度是城市光环境以及微气候产生差异的直接因素之一^[17]。本实验选取的密集高层建筑与设施组团内遮阴环境有其典型特点:内部光环境具有相对稳定的一致性,没有光斑^[18-19],由于长、短波辐射和固态硬化地表层结构导热、蓄热过程复杂,气温和相对湿度相对稳定;而自然条件下林窗林下气温、相对湿度具有明显的梯度,变化复杂^[20-23];同时,建筑或设施遮阴环境光谱组成相较于林木遮阴更为均一^[3]。建筑或设施遮阴环境还会引起太阳直接辐射于一天中的时间变化(图2),这与遮阴棚内光环境也有很大差异^[24]。

正是这些生态因子差异导致了在不同建筑或设施遮阴环境下大叶黄杨光合行为存在差异,最主要的是光

因子的影响,这种差异也是大叶黄杨对其长期生长的建筑或设施遮阴环境的一种适应性表现。大叶黄杨的日光合曲线反映了其对生长光环境的直接响应:从遮阴进入直接太阳辐射时,净光合速率有明显升高(图3)。在2小时的太阳直射时间里,大叶黄杨净光合速率相当于全天的45%,这说明其充分利用有限的光能进行最大可能光合,从而保证足够的碳积累。大叶黄杨日光合曲线峰值的后滞或延迟体现了植物对遮阴环境改变中太阳直接辐射时间变短的充分适应。

遮阴程度加剧,光合有效辐射减少,大叶黄杨 LCP 、 LSP 、 R_d 、 P_{nmax} 、 $Chl\ a/b$ 均呈降低趋势, $Chl\ b$ 、 $Chl\ a+b$ 呈升高趋势,表现出大叶黄杨对于减少的光照时间和降低的光合有效辐射的耐阴性响应,这与前人所做大叶黄杨及其它物种的研究结论相一致^[8,14]。但其日均 P_n 、 LCP 、 R_d 、 P_{nmax} 、 LA 、 LMA 、 Car 和 $Chl\ a/b$ 在 S2 和 S3 间没有显著差异,表现出大叶黄杨对于一定范围的太阳直射时间(5.5h 和 2.3h)有很好的适应性。图4结果显示,大叶黄杨改变其叶绿素含量及构成来适应削减的光照时间和光合有效辐射。

但是在没有太阳直射的重度遮阴中,大叶黄杨的适应策略与中度遮阴有所区别。 LCP 、 LSP 、 R_d 、 P_{nmax} 与前3种遮阴环境有显著区别,均为最低, LA 最大, LMA 最小,这使得大叶黄杨捕光能力增强,有利于光能截获和碳的净积累^[25], LA 和 LMA 与中度遮阴有显著区别,这与相似的日均光合有效辐射下遮阴棚内大叶黄杨结果不同^[8],间接说明了一定时间的太阳直接辐射对于大叶黄杨生长的重要性。此外,大叶黄杨还通过改变光合色素的含量来适应变弱的光环境,具体表现为 $Chl\ a$ 、 $Chl\ b$ 、 $Chl\ a+b$ 显著高于 S1 至 S3, $Chl\ a/b$ 和 Car/Chl 显著低于 S1 至 S3,由于 $Chl\ b$ 在蓝紫光部分的吸收带较宽,表明生长于重度遮阴下的大叶黄杨改变其色素组成以吸收更多的散射光来进行光合作用,削减其光合结构保护功能而更加偏向于对光能的吸收。

大叶黄杨是喜光耐阴树种,有一定时间的太阳直射时,大叶黄杨对建筑遮阴的变化表现出很强的适应能力,这种适应能力是通过改变光合色素的组成来实现的。而当没有太阳直射的重度遮阴中,大叶黄杨通过叶片形态和光合色素的改变来适应环境,表现出阴生植物的典型特征。值得注意的是,小区密集高层建筑或设施组团可能造成 CO_2 浓度升高,人为设施变动导致的遮阴程度加剧等环境因子的改变,这些都可能加剧大叶黄杨的弱光胁迫。

References:

- [1] Shao H R, Zhou D Y. Buildings' shade effect and its influence on the greening. Journal of Beijing Forestry University, 1996, 18(2): 37-44.
- [2] Chen Z L, Zhao L H, Meng Q L, Wang C S, Di Y C, Wang F. Field measurement and analysis of the microclimate in typical residential quarter of Guangzhou. Architectural Journal, 2008, (11): 24-27.
- [3] Bell G E, Danneberger T K, McMahon M J. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. Crop Science, 2000, 40(1): 189-195.
- [4] Koh K J, Bell G E, Martin D L, Walker N R. Shade and airflow restriction effects on creeping bentgrass golf greens. Crop Science, 2003, 43(6): 2182-2188.
- [5] Feng Y L, Cao K F, Feng Z L, Ma L. Acclimation of Lamina mass per unit area, photosynthetic characteristics and Dark Respiration to growth Light Regimes in four tropical rainforest species. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(6): 901-910.
- [6] Hu Q P, Guo Z H, Li C Y, Ma L Y. Leaf morphology and photosynthetic characteristics of seedlings of a deciduous and an evergreen broad-leaved species under different light regimes in subtropical forests. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(7): 3262-3270.
- [7] Liu W Q, Wang L J, Liu H, Zhuang M, Li Z Q. Effects of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of Toyonoka strawberry cultivar. Journal of Fruit Science, 2006, 23(2): 209-213.
- [8] Chang B M. Study on Shade-Tolerance and Application of Six Garden Plants in Tianjin. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2006.
- [9] Kjellgren R K, Clark J R. Photosynthesis and leaf morphology of *Liquidambar styraciflua* L. under variable urban radiant-energy conditions. International Journal of Biometeorology, 1992, 36(3): 165-171.
- [10] Takagi M, Gyokusen K. Light and atmospheric pollution affect photosynthesis of street trees in urban environments. Urban Forestry and Urban Greening, 2004, 2(3): 167-171.
- [11] Zhao J J. Species Composition and Spatial Distribution of Urban Plants within the Built-Up Areas of Beijing, China. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2010.

- [12] Farquhar G D, von Caemmerer S, Berry J A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. *Planta*, 1980, 149 (1): 78-90.
- [13] Feng D X, Shi S J. Research on night measurement methods of leaf area. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21(6): 150-155.
- [14] Chen Y J, Zhu S D, Cao K F. Comparison of the eco-physiological characteristics between seedlings of lianas and trees under two light irradiances. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6034-6042.
- [15] Mi H L, Xu X, Li S H, He J, Zhang Y P, Zhao T C, Ma Y M. Effects of soil water stress on contents of chlorophyll, soluble sugar, starch, C/N of two desert plants (*Cynanchum komarovii* and *Glycyrrhiza uralensis*). *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2004, 24(10): 1816-1821.
- [16] Mathews-Roth M M. Carotenoids and photoprotection. *Photochemistry and Photobiology*, 1997, 65(S): 148S-151S.
- [17] Bonan G B. The microclimates of a suburban Colorado (USA) landscape and implications for planning and design. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 49(3/4): 97-114.
- [18] Sun X L, Xu Y F, Ma L X, Zhou H. A review of acclimation of photosynthetic pigment composition in plant leaves to shade environment. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(8): 989-999.
- [19] Li M, Duan W B, Chen L X. Spatiotemporal distribution patterns of photosynthetic photon flux density, air temperature, and relative air humidity in forest gap of *Pinus koraiensis*-dominated broadleaved mixed forest in Xiao Xing'an Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(12): 2853-2860.
- [20] Wang R, Guo Z H. Photosynthetic Responses of *Schima superba* Grown in Different Light Regimes of Subtropical Evergreen Broadleaf Forest. *Forest Research*, 2007, 20(5): 688-693.
- [21] Guo Z H, Zhang X D, Huang L L, Ju G S, Chen J Q. Solar energy and water utilization of *Quercus mongolica*, a deciduous broadleaf tree, in different light regimes across the edge of a deciduous broad-leaved forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1047-1056.
- [22] Chen J Q, Franklin J F, Spies T A. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications*, 1995, 5(1): 74-86.
- [23] Chen J Q, Saunders S C, Crow T R, Naiman R J, Brososke K D, Mroz G D, Brookshire B L, Franklin J F. Microclimatic in forest ecosystem and landscape ecology. Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 1999, 49(4): 288-297.
- [24] Zheng Y C, Feng Y L. The strategies of acclimation to growth light intensity in two exotic herbaceous species with different ecological traits in Xishuangbanna, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 727-732.
- [25] Long S P, Humphries S, Folkowski P G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 1994, 45(1): 633-662.

参考文献:

- [1] 邵海荣, 周道英. 建筑物的遮阴效应及对绿化的影响. *北京林业大学学报*, 1996, 18(2): 37-44.
- [2] 陈卓伦, 赵立华, 孟庆林, 王长山, 翟永超, 王飞. 广州典型住宅小区微气候实测与分析. *建筑学报*, 2008, (11): 24-27.
- [5] 冯玉龙, 曹坤芳, 冯志立, 马玲. 四种热带雨林树种幼苗比叶重, 光合特性和暗呼吸对生长光环境的适应. *生态学报*, 2002, 22(6): 901-910.
- [6] 胡启鹏, 郭志华, 李春燕, 马履一. 不同光环境下亚热带常绿阔叶树种和落叶阔叶树种幼苗的叶形态和光合生理特征. *生态学报*, 2008, 28(7): 3262-3270.
- [7] 刘卫琴, 汪良驹, 刘晖, 庄猛, 李志强. 遮阴对丰香草莓光合作用及叶绿素荧光特性的影响. *果树学报*, 2006, 23(2): 209-213.
- [8] 常博明. 天津市六种园林植物耐阴性研究及应用. 雅安: 四川农业大学, 2006.
- [11] 赵娟娟. 北京市建成区城市植物的种类构成与分布格局. 北京: 中国科学院研究生院, 2010.
- [13] 冯冬霞, 施生锦. 叶面积测定方法的研究效果初报. *中国农学通报*, 2005, 21(6): 150-155.
- [14] 陈亚军, 朱师丹, 曹坤芳. 两种光照下木质藤本和树木幼苗的生理生态学特征. *生态学报*, 2008, 28(12): 6034-6042.
- [18] 孙小玲, 许岳飞, 马鲁沂, 周禾. 植株叶片的光合色素构成对遮阴的响应. *植物生态学报*, 2010, 34(8): 989-999.
- [19] 李猛, 段文标, 陈立新. 红松阔叶混交林林隙量子通量密度、气温和空气相对湿度的时空分布格局. *应用生态学报*, 2009, 20(12): 2853-2860.
- [20] 王荣, 郭志华. 木荷幼苗对常绿阔叶林不同光环境的光合响应. *林业科学研究*, 2007, 20(5): 688-693.
- [21] 郭志华, 张旭东, 黄玲玲, 巨关升, Chen J Q. 落叶阔叶树种蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 对林缘不同光环境光能和水分的利用. *生态学报*, 2006, 26(4): 1047-1056.
- [24] 郑元超, 冯玉龙. 西双版纳两种生态特性不同的外来草本植物对生长环境光强的适应策略. *生态学报*, 2005, 25(4): 727-732.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongnan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platykladus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow and pin ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元