

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **2011**

中国生态学学会
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 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因子..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

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

王亚婷, 范连连, 胡聘. 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性. 生态学报, 2011, 31(20): 5992-5998.

Wang Y T, Fan L L, Hu D. Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 5992-5998.

热岛效应对植物生长的影响以及 叶片形态构成的适应性

王亚婷^{1,2,*}, 范连连^{2,3}

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要:热岛效应是一种由于地表覆盖改变及人类活动导致的热量在城区空间范围内聚集的现象,是城市气候最明显的特征之一,随着越来越多的人口涌入城市以及伴随而生的超大城市的出现,城市热岛效应将更加凸显,这种环境温度的升高必将影响到各种景观园林植物的生理状态乃至形态结构。选取以生长在热岛点和有大量绿植覆盖的低温点的两种典型园林植物大叶黄杨和丁香作为实验材料,研究了这两种植物叶在城市热岛效应影响下,在热岛点和低温点中的形态特征。结果表明,在热岛点环境温度和二氧化碳浓度显著高于低温点,但其他环境要素差异并不显著。热岛点的大叶黄杨和丁香叶生物量分别是低温点的 1.6 倍和 1.4 倍。进一步研究表明,相较于低温点,在热岛点生长的植物叶表现出较低的比叶面积、单位重量和单位面积叶氮含量。生物量在向各部分组织分配时,热岛点的植物叶倾向于将更多的生物量分配给叶肉部分,而减少了对叶柄的生物量投入。

关键词:热岛;城市;植物;生物量

Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute

WANG Yating^{1,2,*}, FAN Lianlian^{2,3}

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

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

Abstract: Urban heat island effect can be defined as a phenomenon of aggregating heat in urban sites caused by change of land cover and human activities, which is one of the most obvious characteristics of urban climate. Since increasing population enters into urban and super cities form consequently, urban heat island effect becomes more and more important. The increase of environmental temperature will certainly affect the physiology and even morphology of ornamental plants. Therefore, the experiments were carried out in two ornamental plants (*Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum*), which respectively grew in urban heat island and urban cool island covered with abundant vegetation. During the growing season the environmental factors of urban heat island and urban cool island were observed, including [CO₂], daytime temperature, nighttime temperature, soil temperature, soil volume water content, vapor pressure deficit and photosynthetically active radiation. The morphology characteristics of foliage of the two plants in urban heat island and urban cool island were investigated. Basing on the observation of biomass of whole foliage we further separated the foliage into three sections (lamina, mid-rib and petiole) to observe the allocation of biomass on different sections. Leaf nitrogen content

基金项目:北京城市生态系统格局和过程的驱动机制和生态环境效应研究(s225)

收稿日期:2011-06-20; 修订日期:2011-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fancywyt@126.com

of two plants in both urban heat island and urban cool island were also obtained in our study. Experimental results indicated that in urban heat island environmental temperature and $[CO_2]$ were much higher than that in urban cool island obviously, whereas other environmental factors showed no significant difference. In urban heat island biomass of *Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum* were 1.6 fold and 1.4 fold respectively compared to that in urban cool island. In addition to energy balance, overall foliage biomass investment between lamina and petiole was optimized. In urban heat island plants tended to allocate more biomass to lamina, but less to petiole. Furthermore, the allocation of dry mass per unit area also gave a significant difference, which could be described that plants in urban heat island tended to increase the allocation of dry mass per unit area on lamina, but decrease the allocation of dry mass per unit area on petiole. Plants in urban heat island exhibited larger foliage biomass as well as larger leaf area. However, further researches suggested that in contrast to urban cool island, in urban heat island foliage of plants exhibited lower specific leaf area. Many research works indicated that N_{mass} and N_{area} showed a highly positive relative relationship with the specific leaf area. Then in our research N_{mass} and N_{area} of plants in urban heat island both decreased along with the reduction of specific leaf area. N_{area} of *Buxus megistophylla* Lévl in urban heat island and urban cool island exhibited a significant difference ($P < 0.05$). N_{area} of *Buxus megistophylla* Lévl in urban heat island was 0.73mg/g. Then N_{area} of *Buxus megistophylla* Lévl in urban cool island was 1.193mg/g. N_{area} of *Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum* in urban heat island were both lower than that in urban cool island ($P < 0.05$). Therefore, urban heat island effect obviously affected the morphology characteristics of plants, but the details of influence mechanism were unknown and further studies and discussions were still needed.

Key Words: urban heat island; urban; plants; biomass

热岛效应是城市气候中最明显的特征之一,具体表现为城市气温高于郊区气温^[1]。研究中通常采用城市的年平均气温与郊区或山区的年平均气温差值计算热岛强度^[2-4],但是, Morris 指出,上述计算方法中气温经过平均处理后实际上削弱了城市热岛效应的强度^[5]。随着热岛强度逐年增强、范围不断扩大,针对热岛效应的研究广受关注。目前大量的研究集中在城市植物对城市热岛效应的抑制作用^[6-7],而热岛效应对城市植物影响的生态学效应受到的关注较少。已有的研究发现城市与郊区的气温差异会引起城市植物的物候期延长^[8-9]以及植株总生物量的改变^[10-11]。因此,热岛效应虽然属于微小的温度的差异,但是在短期内能促进植物的生理活动并调节其个体的生长。

植物生长和生物量分配会随着温度发生变化,这种变化与植物碳平衡的改变存在联系^[12-14]。在不利的温度条件下,植物通过改变物质在叶片和非光合作用部分中的分配模式,可以保持碳的正向平衡。叶片作为植物进行光合作用的主要器官,是生态系统中初级生产者的能量转换器。在长期进化过程中为了适应不同环境,叶片特征不断发生改变,因此叶片特征可以客观的反映植物对环境的适应性,且易于观察和测量^[13-14]。针对不同温度环境的适应策略可以影响单位叶面积的光合速率或者植物的分配模式。叶片特征的改变直接影响到植物的基本行为和功能,是植物在最大化能量获取以及生存策略的具体体现^[15-16]。

本文以北京市区内栽种的园林植物大叶黄杨和丁香为研究对象,在开放实验条件下研究大叶黄杨和丁香的叶对热岛效应的响应情况,探讨热岛效应在植物叶片水平上的生态学作用并观测热岛效应影响下植物的叶片特征变化。研究热岛效应对城市植物的影响,有助于了解城市植物对升温的适应性机制,从而为理解热岛效应影响下的城市植物的生态服务提供理论支持,为深入了解植物与温度关系提供理论基础。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

大叶黄杨(*Buxus megistophylla* Lévl)是卫矛科卫矛属植物,丁香(*Syzygium aromaticum*)是桃金娘科蒲桃属植物,这两种植物是北京主要的园林植物,选取生长状况基本一致的大叶黄杨和丁香为实验材料。以往温度变化对植物作用的实验是将植物置于高温或者低温的温室环境下,植物的反应往往是应激性的,但城市热岛

效应是缓慢而长期的过程。相对而言,盆栽实验克服了温室实验的缺点,但是难以反映成熟植物对热岛效应的长期适应性,所以本实验在开放实验条件下研究热岛效应对植物的影响。

1.2 实验地点

本实验分别于 2010 年和 2011 年 4 月,在北京市区内进行野外观测,选取具有代表性的市区内热岛点五道口华清嘉园小区(urban heat island, UHI)和低温点北京林业大学(urban cool island, UCI)做对比实验,热岛点与低温点的直线距离约 2 km,以保证大气条件的相对一致性。实验地点大叶黄杨完全没有遮阴,丁香完全遮阴。由于大叶黄杨在市区内广泛分布具有典型性,因此,对大叶黄杨进行了连续两年的观测。

1.3 环境数据采集

(1)空气温度 在 2010 年和 2011 年的 4 月,每日(除雨天)用 2 个温湿度计同时在热岛点和低温点记录空气温度。

(2)CO₂浓度、光合有效辐射以及水汽压亏缺测量 采用 Li-6400(Li-cor, USA)便携式光合测定系统及配备的 6400 标准叶室,在 9:00—11:00 时进行测量,待仪器稳定后,测定大气 CO₂浓度、叶面水汽压亏缺(VPD)和光合有效辐射(PAR)。

(3)土壤含水量以及土壤温度 采用土壤水分仪 Em50(Decagon, USA)测定土壤中的体积含水量(SVWC)和土壤温度(T_{soil})。

1.4 实验方法

(1)在野外环境中,选择长势良好,树龄一致能够反映实验地植物生长状况的植株为标准株。采集完全展开且保持完整的无虫害成熟叶片,每个样地 15 个重复,每个重复取 10 枚叶。用扫描仪 phantom k8(Microtek, China)扫描,并用 CIAS-400 计算机图像分析软件(CIAS, USA)计算叶面积。将扫描好的叶记录其光合有效叶面积以后烘干后测定其干重。以每种植物的 10 枚叶的有效光合面积除以对应叶干重,获得比叶面积(SLA)。

(2)生物量观测 在现有的研究中,并未发现热岛效应对植物地上部分和地下部分生物量分配有影响,而叶作为植物的光合器官,其生物量在叶片(叶肉和叶脉)以及叶柄之间的投资变化可以反映植物在叶片水平上的资源优化。大叶黄杨和丁香都是单叶对生。在热岛点和低温点分别采集成熟的大叶黄杨和丁香叶片各 150 枚,15 个重复,每个重复 10 枚叶。用剪刀将叶柄从叶片基部剪下,再沿着中脉边缘将中脉两边的叶肉剪下。将叶肉,中脉,叶柄放入烘箱,在 105℃下杀青 30 min 后,将温度调至 75℃烘干 24h,然后测定其干重。

(4)氮素测定 采用全自动凯氏定氮仪测定每种植物的单位重量叶氮含量 N_{mass} ,每种重复 3 次,单位面积叶氮含量 $N_{area} = N_{mass}/SLA$ 。

1.5 数据分析处理

数据分析用 SPSS13.0 分析软件中的 t 检验($\alpha=0.05$)方法进行显著性检验。用 Origin7.5 绘图。

2 结果与分析

2.1 环境因子

UHI 与 UCI 两地白天与夜间的温度都存在显著性差异,UHI 白天温度比 UCI 高出 2.73℃,夜间高出 1.75℃。CO₂浓度也相应的升高了 36.41 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,UHI 和 UCI 的土壤温度差异较大,UHI 比 UCI 高出 4.8℃,表现出显著性差异($P<0.05$)。UHI 与 UCI 的土壤含水量并没有表现出显著性差异。UHI 的光合有效辐射略高于 UCI,但未表现出显著性差异。

2.2 叶生物量与叶性状

从图 1 可以看出 UHI 的大叶黄杨叶的叶生物量高于 UCI,并且是 UCI 的 1.6 倍,通过两年的生物量观察都得到一致的结果,UHI 的丁香的叶生物量是 UCI 的 1.4 倍,表现出显著性差异($P<0.05$)。UHI 的大叶黄杨和丁香都具有较小的比叶面积(SLA),UHI 和 UCI 的大叶黄杨的比叶面积在 2010 年和 2011 年分别是 24.50 mg 和 20.50 mg 以及 27 mg 和 20.64 mg,丁香是 258.52 mg 和 206.56 mg。UHI 的大叶黄杨和丁香的叶面积

也随着温度的升高而增加,大叶黄杨 2010 年的叶面积分别是 2.84 cm²和 3.83 cm²,在 2011 年叶面积分别是 2.16 cm²和 2.87 cm²,丁香的叶面积分别是 38.58 cm²和 42.58 cm²。

表 1 热岛与低温区环境因子比较

Table 1 Comparison of environmental factors in urban heat island and urban cool island

地点 Site	大气 CO ₂ 浓度 CO ₂ /(μmol mol ⁻¹)	白天温度 T _{day} /°C	夜晚温度 T _{night} /°C	土壤温度 T _{soil} /°C	土壤体积含水量 SVWC /(m ³ /m ³)	光合有效辐射 PAR /(μmol m ⁻² s ⁻¹)	叶面水汽压亏缺 VPD/kPa
UHI	448.61 (0.70) a	26.93 (2.23) a	23.87 (1.12) a	25.75 (3.23) a	0.17 (0.02) a	856.70 (15.77) a	3.08 (0.02)
UCI	412.20 (0.10) b	24.20 (2.17) b	22.12 (0.69) b	20.95 (1.57) b	0.16 (0.02) a	837.85 (21.66) a	2.67 (0.02)

列表中不同的小写字母表示各因子间差异显著 ($P < 0.05$)

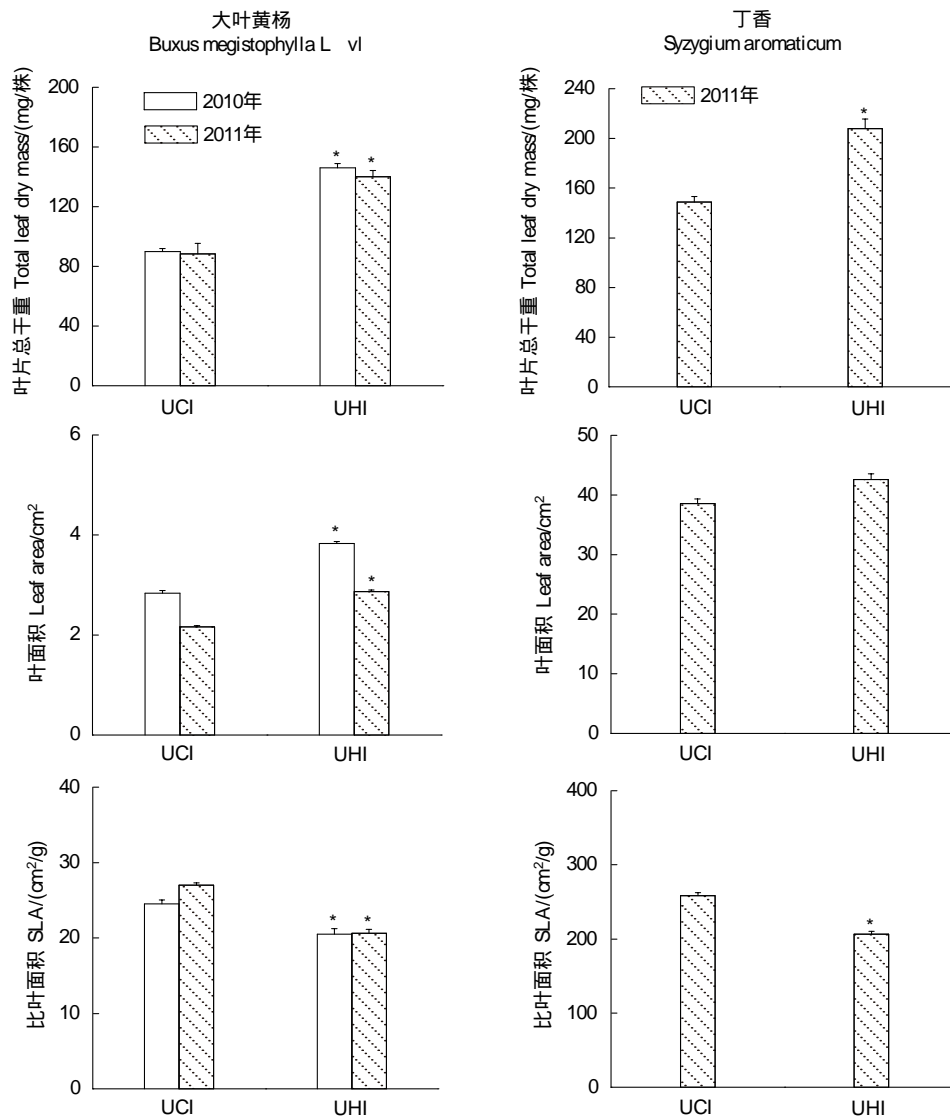


图 1 大叶黄杨和丁香的叶片总重量、比叶面积以及叶面积

Fig. 1 Total leaf dry mass, SLA and leaf area of *Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum*

2.3 大叶黄杨和丁香的叶各部分生物量分配模式

将叶细分为叶肉、叶脉和叶柄 3 个部分后发现,UHI 的大叶黄杨和丁香的叶肉、叶脉和叶柄生物量明显高于 UCI 的,并表现出显著性差异 ($P < 0.05$)。其中大叶黄杨在连续两年的观察中都得到了相同的结果。计算叶肉、叶脉和叶柄占总叶重的比重后发现,2010 年在 UHI 生长的大叶黄杨的叶肉生物量所占比重显著高于

UCI 的 ($P < 0.05$), UHI 的叶柄生物量所占比重略小于 UCI 的, 但是并没有表现出显著性差异。2011 年的数据显示 UHI 的叶肉生物量所占比重略高于 UCI 的但是并未表现出显著性差异, 而 UHI 的叶柄生物量所占比重显著高于 UCI 的 ($P < 0.05$)。丁香的数据也表现出 UHI 的植物将更多的生物量分配给叶肉组织, 而叶脉和叶柄的生物量分配没有出现显著性变化。UHI 的大叶黄杨和丁香都显著增加叶肉的单位面积的生物量投入 ($P < 0.05$), 减少叶柄单位面积的生物量投入 (表 2)。

表 2 大叶黄杨和丁香叶片各部分干重

Table 2 Proportion of each part of leaves of *Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum*

大叶黄杨(2010)	中脉 Mid-rib		叶肉 Lamina		中脉+叶肉 Mid-rib+Lamina		叶柄 Petiole	
	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI
叶片各部分总干重/mg Total dry mass	6.41 (0.01) a	7.96 (0.01) b	79.2 (0.16) a	132.71 (0.21) b	85.61 (0.17) a	140.67 (0.22) b	4.24 (0.01) a	5.22 (0.01) b
各部分占总叶片干重比例 Fraction of total dry mass /(mg/mg)	0.07 (0.02) a	0.05 (0.01) a	0.88 (0.14) a	0.91 (0.15) b	0.95 (0.16) a	0.96 (0.20) a	0.05 (0.02) a	0.04 (0.02) a
单位叶面积干重 Dry mass per unit area /(mg/cm ²)	2.25 (0.02) a	2.08 (0.01) a	27.89 (0.20) a	34.65 (0.10) b	30.14 (0.18) a	36.72 (0.22) b	1.49 (0.01) a	1.36 (0.02) b
大叶黄杨(2011)	中脉 Mid-rib		叶肉 Lamina		中脉+叶肉 Mid-rib+Lamina		叶柄 Petiole	
	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI
叶片各部分总干重/mg	6.67 (0.01) a	9.79 (0.01) b	76.74 (0.33) a	124.82 (0.23) b	83.41 (0.21) a	134.61 (0.19) b	5.22 (0.01) a	4.58 (0.01) b
各部分占总叶片干重比例 /(mg/mg)	0.07 (0.01) a	0.07 (0.02) a	0.87 (0.28) a	0.89 (0.21) a	0.94 (0.22) a	0.96 (0.20) a	0.06 (0.01) a	0.03 (0.01) b
单位叶面积干重 /(mg/cm ²)	3.08 (0.01) a	3.42 (0.01) a	35.46 (0.22) a	43.64 (0.20) b	38.55 (0.20) a	47.06 (0.18) b	2.41 (0.02) a	1.60 (0.02) b
丁香(2011)	中脉 Mid-rib		叶肉 Lamina		中脉+叶肉 Mid-rib+Lamina		叶柄 Petiole	
	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI	UCI	UHI
叶片各部分总干重 /mg	7.73 (0.28) a	10.26 (0.38) b	131.67 (3.77) a	189.00 (2.18) b	149.87 (4.15) a	199.27 (2.53) b	10.46 (0.30) a	8.47 (0.23) b
各部分占总叶片干重比例 /(mg/mg)	0.05 (0.01) a	0.05 (0.01) a	0.88 (0.02) a	0.91 (0.01) b	0.93 (0.01) a	0.96 (0.01) b	0.07 (0.01) a	0.07 (0.01) a
单位叶面积干重 /(mg/cm ²)	0.20 (0.01) a	0.24 (0.02) b	3.41 (0.06) a	4.42 (0.08) b	3.61 (0.06) a	4.66 (0.82) b	0.27 (0.01) a	0.20 (0.01) b

2.4 植物叶片氮含量

如图 2 所示, UHI 和 UCI 的大叶黄杨的单位重量叶氮含量有显著性差异 ($P < 0.05$)。UHI 的大叶黄杨单位重量叶氮含量是 0.73mg/g, 而 UCI 的单位重量叶氮含量是 1.193mg/g。UHI 的大叶黄杨和丁香的单位面积叶氮含量都显著低于 UCI 的 ($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

随着城市化的快速发展, 城市热岛效应的强度逐年增强, 范围不断扩大^[17-18]。热岛效应对城市植物的影响受到的关注较少。以往计算热岛强度采用多年多地区平均的方法, 这种计算方法得到的热岛强度往往低于 1℃。实验中发现, 这种平均的计算方法实际上低估了热岛强度, 本研究的热岛实验地点白天的热岛强度可以达到 2.73℃, 夜间可以达到 1.75℃, 土壤温度可以达到 4.8℃。实际上热岛强度比通常得到的计算结果要高。因此, 热岛效应对植物生长可能有着不可忽视的重要作用。

植物在长期的进化过程中为了适应环境改变表现出功能调节与形态调整^[19-23]。热岛所引起的微小的温度升高虽然对于植物而言不属于极端温度胁迫, 但是对于城市植物的生长却产生了一定的影响。以往的研究中都发现热岛地区的植物生物量明显高于周围低温的地区, 但是并没有发现地上与地下部分生物量分配的变化^[24]。本研究从植物叶片水平观测热岛效应对植物的影响, 发现植物叶片特征已经发生改变, 热岛点的植物

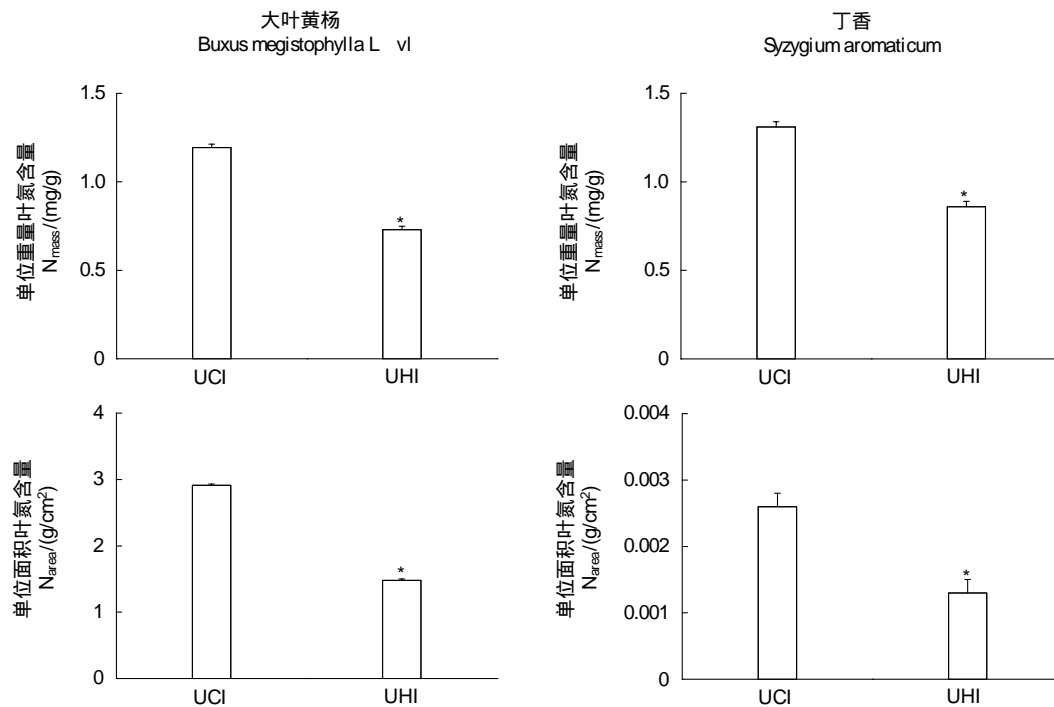


图 2 大叶黄杨和丁香的单位重量叶氮比与单位面积叶氮比

Fig. 2 N_{mass} and N_{area} of *Buxus megistophylla* Lévl and *Syzygium aromaticum*

具有较大的叶面积和叶生物量。热岛点植物的叶生物量显著增加,可能是由于城市温度升高导致的物候期延长以及高温引起的光合作用增强。受到高温影响的植物叶肉、叶脉和叶柄的生物量分配出现改变,热岛点的植物倾向于将更多生物量分配到叶肉部分,减少叶柄的生物量投入,从而获得更多的碳水化合物用于自身生长。生物量投入不仅在叶肉、叶脉和叶柄之间发生变化,而且各部分单位面积上的生物量投入也发生变化。在热岛点生长的植物都增加叶肉和叶脉单位面积的生物量投入,而减少叶柄单位面积上的生物量投入。比叶面积越大的植物,叶片内 CO_2 扩散阻力较小,投资在光合器官的氮比较多,光合器官同化 CO_2 的速率也明显高于 SLA 低的植物。另一方面,氮素在光合器官中所占比重很大,因此,单位重量叶氮含量决定了植物光合能力的强弱。本研究中发现,UHI 的植物具有较低的 SLA,即在单位面积上 UHI 的大叶黄杨和丁香分配了更多的生物量。通常温度升高对植物的生长以及光合作用有一定的促进作用,但是在本研究中发现,UHI 的植物反而具有较小的 SLA 以及较低的单位重量叶氮含量和单位面积叶氮含量,由于,比叶面积与单位重量叶氮含量之间显著的正相关,因此,叶氮含量降低可能是由于 SLA 的变化引起。

随着城市化的不断发展,热岛效应也越来越突出,以往采用平均值的计算方法的得到的热岛强度往往较低的估计了热岛效应造成的温度差异,热岛效应对城市植物的影响容易被忽视。热岛点与低温点显著的温度差异引起了植物叶生物量分配和叶片特征的适应性改变,这种初期的适应性改变将会影响植物未来的生长发育,并影响城市植物的初级生产力的积累和再分配。

References:

- [1] Oke T R. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 1973, 7(8): 769-779.
- [2] Velazquez-Lozada A, Gonzalez J E, Winter A. Urban heat island effect analysis for San Juan, Puerto Rico. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(9): 1731-1741.
- [3] Streutker D R. Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85(3): 282-289.
- [4] Xiao R B, Ouyang Z Y, Li W F, Zhang Z M, Gregory T Jr, Wang X K, Miao H. A review of the eco-environmental consequences of urban heat islands. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2055-2060.

- [5] Morris C J G, Simmonds I. Associations between varying magnitudes of the urban heat island and the synoptic climatology in Melbourne, Australia. *International Journal of Climatology*, 2000, 20(15): 1931-1954.
- [6] Gallo K P, Tarpley J D. The comparison of vegetation index and surface temperature composites for urban heat-island analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17(15): 3071-3076.
- [7] Baik J J, Kim Y H, Chun H Y. Dry and moist convection forced by an urban heat island. *Journal of Applied Meteorology*, 2001, 40(8): 1462-1475.
- [8] Peñuelas J, Filella I. Phenology-responses to a warming world. *Science*, 2001, 294(5543): 793-795.
- [9] Chmielewski F M, Müller A, Bruns E. Climate change and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961—2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2004, 121(1/2): 69-78.
- [10] Gunn S, Farrar J F. Effects of a 4°C increase in temperature on partitioning of leaf area and dry and dry mass, root respiration and carbohydrates. *Functional Ecology*, 1999, 13(Suppl 1): 12-20.
- [11] Ziska L H, George K, Frenz D A. Establishment and persistence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in disturbed soil as a function of an urban-rural macro-environment. *Global Change Biology*, 2007, 13(1): 266-274.
- [12] Reich P B, Oleksyn J. Global patterns of plant leaf N and P in relation to temperature and latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(30): 11001-11006.
- [13] Atkin O K, Tjoelker M G. Thermal acclimation and the dynamic response of plant respiration to temperature. *Trends in Plant Science*, 2003, 8(7): 343-351.
- [14] Hughes M A, Dunn M A. The molecular biology of plant acclimation to low temperature. *Journal of Experimental Botany*, 1996, 47(3): 291-305.
- [15] Niinemets Ü, Portsmouth A, Tena D, Tobias M, Matesanz S, Valladares F. Do we underestimate the importance of leaf size in plant economics? Disproportional scaling of support costs within the spectrum of leaf physiognomy. *Annals of Botany*, 2007, 100(2): 283-303.
- [16] Niinemets Ü, Portsmouth A, Tobias M. Leaf size modifies support biomass distribution among stems, petioles and mid-ribs in temperate plants. *New Phytologist*, 2006, 171(1): 91-104.
- [17] Ji C P, Liu W D, Xuan C Y. Impact of urban growth on the heat island in Beijing. *Chinese Journal of Geophysics*, 2006, 49(1): 69-77.
- [18] Wang X Q, Wang Z F, Guo H. The study of the urban heat island in Beijing city. *Climatic and Environmental Research*, 2006, 11(5): 627-636.
- [19] Körner C H. Some often overlooked plant characteristics as determinants of plant growth: a reconsideration. *Functional Ecology*, 1991, 5(2): 162-173.
- [20] Cordell S, Goldstein G, Meinzer F C, Vitousek P M. Regulation of leaf life-span and nutrient-use efficiency of *Metrosideros polymorpha* trees at two extremes of a long chronosequence in Hawaii. *Oecologia*, 2001, 127(2): 198-206.
- [21] Kikuzawa K. A cost-benefit analysis of leaf habit and leaf longevity of trees and their geographical pattern. *The American Naturalist*, 1991, 138(5): 1250-1263.
- [22] Kikuzawa K. Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. *Canadian Journal of Botany*, 1995, 73(2): 158-163.
- [23] Zhang L, Luo T X. Advances in ecological studies on leaf lifespan and associated leaf traits. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(6): 844-852.
- [24] Ziska L H, Bunce J A, Goins E W. Characterization of an urban-rural CO₂/temperature gradient and associated changes in initial plant productivity during secondary succession. *Oecologia*, 2004, 139(3): 454-458.

参考文献:

- [4] 肖荣波, 欧阳志云, 李伟峰, 张兆明, Gregory T Jr, 王效科, 苗鸿. 城市热岛的生态环境效应. *生态学报*, 2005, 25(8): 2055-2060.
- [17] 季崇萍, 刘伟东, 轩春怡. 北京城市化进程对城市热岛的影响研究. *地球物理学报*, 2006, 49(1): 69-77.
- [18] 王喜全, 王自发, 郭虎. 北京“城市热岛”效应现状及特征. *气候与环境研究*, 2006, 11(5): 627-636.
- [23] 张林, 罗天祥. 植物叶寿命及其相关叶性状的生态学研究进展. *植物生态学报*, 2004, 28(6): 844-852.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 20 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)

Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)

Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)

Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)

Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)

Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)

Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)

Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)

Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)

Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)

Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)

Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)

Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)

Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)

Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)

Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)

Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)

Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)

Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)

Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)

Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)

Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

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 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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@espg.net

订 购 全国各地邮局
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

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号

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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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