

## 城市夜晚光污染对行道树的影响

陈芳<sup>1</sup>, 彭少麟<sup>2\*</sup>

1. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650; 2. 中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广东 广州 510275

**摘要:** 大量的研究已经表明夜晚人工光照对人类和动物的生活存在负面的影响。但是很少有文献涉及全球不断增强的夜晚人工光照对植物的影响。研究假设不断增强的城市夜晚人工光照将影响行道树的生长, 实验模拟行道树受到的城市夜晚人工弱光照射环境 (1 和 10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 对 6 种常用行道树在对照和夜晚光处理条件下的生长, 生物量分配, 叶片形态, 叶绿体超微结构等进行比较研究。研究结果表明, 城市夜晚人工光照显著影响城市 6 种灌木的生长, 不同种类的植物对夜晚光照的影响存在一定的差异。总体上, 夜晚光照使大部分植物种类的叶面积和叶片生物量增加, 但是叶片叶绿体受到破坏。在 6 种实验植物中, 假连翘 *Duranta repens* Linn. 比其它 5 种灌木更能适应城市夜晚道路的光照环境。通过实验研究, 我们建议对光敏感性高的灌木应该尽量避免种植在高强度光照的环境。实验结果为了解城市道路光照对行道树生长的影响以及城市行道树的管理提供了一个重要的参考。

**关键词:** 光污染; 夜晚光照; 灌木; 城市; 叶绿体超微结构; 叶面积

**中图分类号:** X122      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1674-5906 (2013) 07-1193-06

**引用格式:** 陈芳, 彭少麟. 城市夜晚光污染对行道树的影响[J]. 生态环境学报, 2013, 22(7): 1193-1198.

CHEN Fang, PENG Shaolin. Effects of night "light pollution" on street shrubs in urban area [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(7): 1193-1198.

光照是植物生长发育, 进行光合作用必需的生态因子, 然而, 对于昼夜循环, 植物内部也有自身的生理节律, 违背这些规律, 植物自身也会产生相应的适应和影响。有研究表明过剩的夜晚光照将对植物的生长造成破坏<sup>[1]</sup>, 从而被认为是一种光污染<sup>[2]</sup>。光污染是指现代城市建筑和夜间照明产生的溢散光、反射光和眩光等对人、动物、植物造成干扰或负面影响的现象<sup>[3]</sup>。光污染是一种新型的环境污染, 它的危害范围是世界性的<sup>[4-5]</sup>。一些发达国家已经将光污染与水污染、大气污染、噪声污染、电磁污染并列人类环境五大污染, 其研究受到各个国家的重视。人工光照产生的光污染现在已经成为改变自然环境的最快增长因素之一。

在中国, 东部地区的光污染远远高于西部地区, 北京, 上海和广州这些大城市的光污染更加明显。城市是夜晚光照最强的区域, 而城市路灯是当今光污染最严重的类型。针对人工白昼这一类光污染, 对广州越秀区内的商业区、城市道路、公共空间、居住区 4 种类型环境进行研究, 大部分区域的测试点光照强度均超标<sup>[6]</sup>。

以往研究文献结果发现, 夜晚加光处理打破了植物的光周期<sup>[7]</sup>, 从而影响很多草本植物的开花期,

生长和生物量。夜晚提供 0.02  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的微弱灯光都能影响菊花等植物的生理特性和开花期, 有些植物种类只需每天夜晚加光 10 min 就能控制其开花。夜晚加光处理能增加紫苏的叶片数量, 叶面积和叶片生物量等<sup>[8]</sup>。但是以往的研究主要是针对一年生或两年生的草本植物, 特别是切花品种<sup>[9-12]</sup>, 是通过调控强行改变植物的生理, 这种调控的时间是短暂的, 快速的, 具有很强的商业目的。

城市行道树是城市森林生态系统的重要组成部分, 行道树对改善城市生态环境有着重要的作用, 生长在城市中的行道树不仅可以美化市容, 还可以吸碳放氧、净化空气, 吸尘降低噪音, 调节局部气候, 使城市的“热岛效应”得到明显的改善。广州全市建成区 197 条道路上, 道路种植路树 32 万多株<sup>[13]</sup>。城市夜晚光污染对城市灌木的影响具有长期性, 因此, 本论文假设长期的夜晚光照将影响城市灌木的生长和光合作用。本文以城市绿化最常用的 6 种灌木 (希茉莉 *Hamelia patens* Jacq., 扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* Linn., 福建茶 *Carmona microphylla* Lam., 黄金榕 *Ficus microcarpa* cv. *Golden Leaves*, 假连翘 *Duranta repens* Linn. 和洒金榕 *Codiaeum variegatum* Linn.) 为研究对象, 对

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(30670385; 31070473)

**作者简介:** 陈芳 (1977 年生), 女, 博士研究生, 主要研究方向为恢复生态学。E-mail: stchenfang@163.com

\*通讯作者: 彭少麟 (1956 年生), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为生态学。E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

**收稿日期:** 2013-05-13

这6种城市灌木进行夜晚加光处理(1和10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ),对6种常用行道树在对照和夜晚光处理条件下的生长,生物量分配,叶片形态,叶绿体超微结构等进行比较研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与设计

#### 1.1.1 实验材料

本文实验材料为广州最常用的行道树种<sup>[14]</sup>,6种行道树种均为常绿灌木,分别为希茉莉,扶桑,福建茶,黄金榕,假连翘和洒金榕。希茉莉、扶桑和假连翘全年开花。

#### 1.1.2 实验地点

广州是中国的第三大城市,位于北纬 $23^{\circ}06'32''$ ,东经 $113^{\circ}15'53''$ ,地处低纬度,濒临南海,广州归属南亚热带海洋性季风气候带,一年内冬夏季风交替,具有光能充裕、夏长冬短、雨量充沛的气候特征。年平均气温为 $21.4\sim 21.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。广州市道路路灯每天开灯时间为晚上19:00到第二天早上7:00。根据实地调查,广州城市行道树夜晚受到的光强普遍为 $1\sim 10\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

#### 1.1.3 生长条件

植物材料为袋装扦插小苗,每种树种的小苗大小,高度,长势均一致,2009年3月从苗圃买回后上盆,进行盆栽(花盆直径为25cm,高为20cm),栽培基质为腐叶土,经过一个月的稳定期后,从2009年4月开始进行光照处理,利用黄色节能荧光灯作为光源,荧光灯不发热,不会对植物的温度产生影响。光照强度,光质和光照时间均模拟城市夜晚行道树普遍受到的光照条件。6种行道树均种植在室外环境,对照和处理白天均为全日照,处理夜晚人工光强设定为1和10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,夜晚光照时间从晚上19:00到第二天早上7:00,对照夜晚不照光。每种植物对照和处理各8盆,每盆一株。每天早晚均对所有植物进行浇水,实验过程中,植物生长阶段给所有植物施肥。实验地选在中国科学院华南植物园苗圃进行(东经 $113^{\circ}17'$ ,北纬 $23^{\circ}8'$ )。

### 1.2 测定的项目和方法

#### 1.2.1 植物株高的测定

每个月进行一次株高的测定。

#### 1.2.2 植物叶面积、叶面积干质量、比叶面积的测定

夜晚光照处理10个月后,于2010年1月取生长状况良好,无病虫害、无损伤、水分和营养状况良好,叶龄一致,叶片生长环境,位置一致的叶片15片,用叶面积仪(LI-3100A, Li-COR Company, USA)附带叶片自动传送系统测定叶面积。测定完叶面积后,将样品置于 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱烘干至恒质量,

称量,计算出比叶面积。每种测定3次重复,取平均值。

#### 1.2.3 植物生物量的测定

在2010年1月,对所有植物进行收割,将收割的每株植株分别分成根、茎和叶放入纸袋中,放入烘箱内 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒质量,分别称其生物量。

#### 1.2.4 植物超微结构的测定

在2009年9月进行取样,每种光照处理取3片叶子。植物样品用0.1 mol/L的磷酸钠缓冲液配制的 $\varphi=2.5\%$ 戊二醛和 $\varphi=2\%$ 的多聚甲醛固定液固定24h以上,接着用0.1 mol/L的磷酸钠缓冲液清洗6次;再用0.1 mol/L的磷酸钠缓冲液配制的 $w=1\%$ 的锇酸固定液固定8h,用0.1 mol/L的磷酸钠缓冲液清洗6次;梯度乙醇脱水( $\varphi=30\%、50\%、70\%、80\%、90\%、100\%$ ,3次),每次20min;环氧丙烷过渡(20min,3次);渗透(环氧丙烷:sppur=1:1,0.5h);纯sppur过夜(中间换1~2次);包埋;聚合( $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,8h);半薄切片用光学显微镜观察确定研究的准确部位后,用徕卡-S型超薄切片机切片; $w=2\%$ 醋酸双氧铀(1h)和 $w=6\%$ 柠檬酸三铅双染色(20min);JEM-1010型透射电镜观察拍片,观察叶绿体、线粒体、基粒片层、淀粉粒及脂肪滴。

### 1.3 数据分析

对所有数据采用单因素方差分析方法(One-way ANOVA)进行分析。采用最小显著差异法(LSD)比较不同处理间的差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 城市夜晚人工光照对行道树株高的影响

6种行道树的株高增长如图1所示,6种植物从4月份到9月份的5个月时间里生长速度较快,9月份后,除了假连翘植株高度继续以较大速度增长外,其它5种行道树均进入缓慢生长阶段,说明假连翘较其它5种行道树生长旺盛。实验结果还显示,收割时,除了假连翘的植株高度显著高于对照之外,其它5种植物均没有显著性差异,说明假连翘对夜晚光照非常敏感。

### 2.2 城市夜晚人工光照对行道树叶面积的影响

如表1所示,与对照相比,夜晚加光处理使6种灌木的叶面积均显著增加,增加的百分比从9.93%到194.37%,但除了黄金榕在10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 处理下没有显著差异。夜晚人工光照对大部分行道树的比叶面积均没有显著差异,除了福建茶的比叶面积显著低于对照。

### 2.3 城市夜晚人工光照对行道树叶片生物量的影响

从表2可以看出,除了希茉莉根的生物量显著低于对照外,其它五种植物的根生物量和对照均无

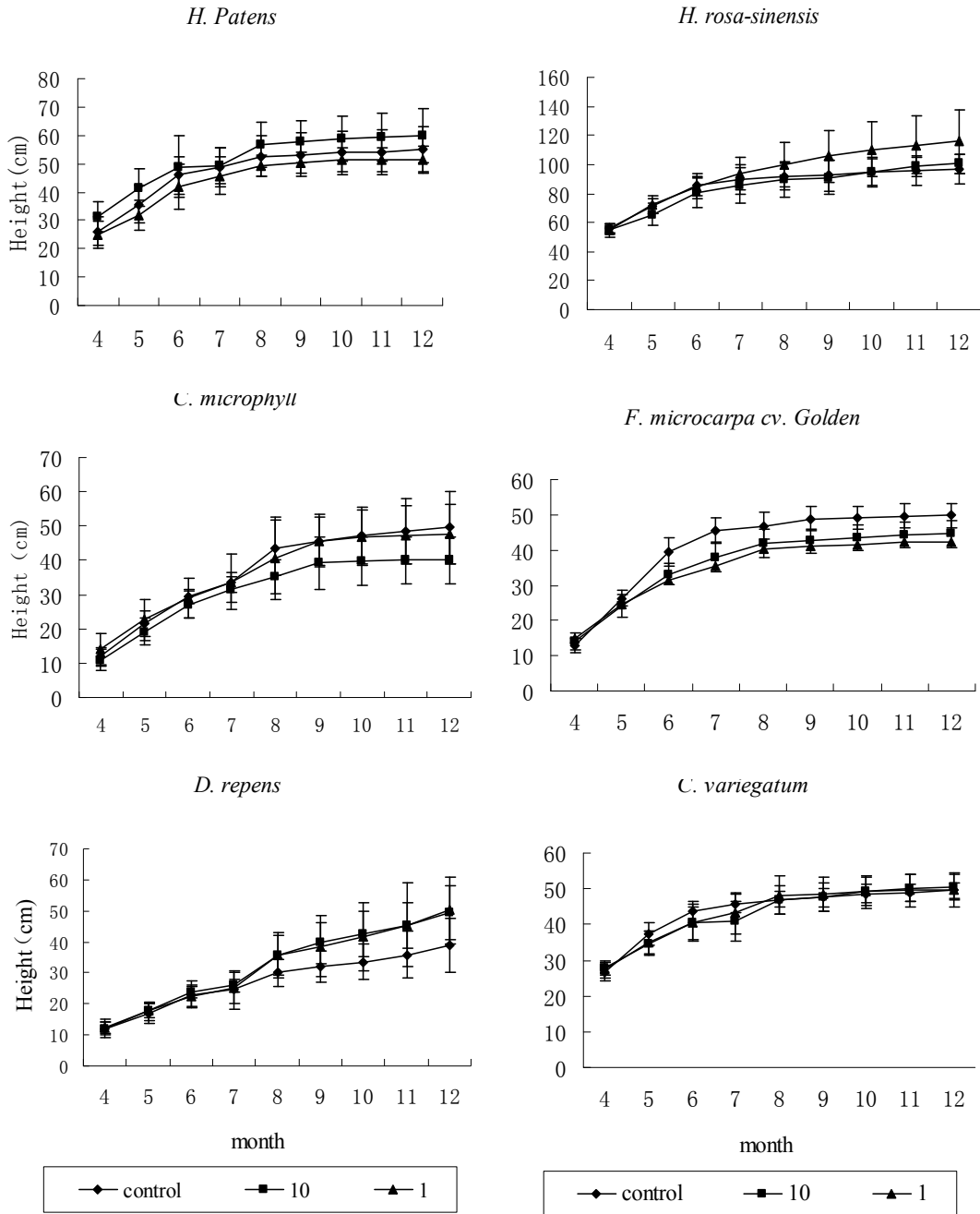


图1 城市夜晚人工弱光照射对6种行道树株高的影响  
Fig.1 The effects of night light on plant height of six shrubs

显著性差异。在1和10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光照处理下, 希茉莉的根生物量分别下降44.68%和47.22%。夜晚光照处理对6种行道树茎生物量的影响也不大。但是, 夜晚光照处理显著增加扶桑、假连翘和洒金榕3种灌木的叶片生物量。结果说明, 叶片对夜晚光照较敏感。

#### 2.4 城市夜晚人工光照对行道树叶片超微结构的影响

图2和图3显示了透射电子显微镜下对照和光污染处理的6种城市绿化植物叶肉(栅栏组织)的

叶绿体超微结构和类囊体结构。通过形态解剖观测发现不管是对照还是处理, 6种植物的栅栏组织的叶绿体细胞中, 淀粉粒均占据较大的体积。结果表明, 叶绿体结构在夜晚光照条件下发生一定程度的改变, 这种对叶绿体细胞结构的改变随着夜晚光照的加强而加剧, 在10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光照处理下破坏最明显。类囊体结构的瓦解伴随着类囊体片层结构垛叠的消失。结果说明南亚热带夏季的强光会对这6种灌木的叶片光合器官产生损害, 而城市夜晚的光污染进一步导致这种损害的加剧。研究表明也进

表1 城市夜晚人工弱光照射对6种行道树叶片形态的影响

Table 1 The effects of light pollution treatment on leaf area, dry weight and specific leaf area of six shrubs.

物种	处理/( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	叶面积/ $\text{cm}^2$	干质量/g	比叶面积
希茉莉	对照	92.48±4.95 c	0.63±0.03 b	146.79±5.27 a
	1	109.97±11.08 b	0.70±0.09 b	157.46±6.97 a
	10	129.40±7.17 a	0.88±0.06 a	147.14±2.04 a
扶桑	对照	68.06±7.18 c	0.51±0.10 c	135.79±15.09 a
	1	200.35±16.50 a	1.57±0.14 a	127.38±2.38 a
	10	150.74±25.78 b	1.19±0.24 b	126.77±4.52 a
福建茶	对照	12.30±0.99 b	0.06±0.02 b	202.76±58.00 a
	1	16.32±1.91 a	0.22±0.06 a	75.36±14.18 b
	10	15.99±0.59 a	0.17±0.03 a	99.00±22.34 b
黄金榕	对照	126.17±10.34 b	1.69±0.14 a	74.53±2.77 a
	1	138.71±3.64 a	1.75±0.02 a	79.13±2.61 a
	10	114.96±8.72 b	1.54±0.13 b	74.74±3.63 a
假连翘	对照	52.60±10.03 b	0.38±0.08 b	140.09±4.51 a
	1	83.97±7.13 a	0.62±0.03 a	134.54±5.35 a
	10	76.69±6.24 a	0.53±0.07 a	145.48±11.50 a
福建茶	对照	123.21±3.31 b	0.76±0.04 b	163.11±9.45 a
	1	153.44±3.39 a	1.02±0.06 a	151.11±5.04 a
	10	140.65±5.50 a	0.90±0.08 a	156.68±7.63 a

表2 城市夜晚人工弱光照射对6种行道树根, 茎, 叶和总生物量的影响

Table 2 The effect of light pollution treatment on root, stem, leaf and total biomass of six shrubs

物种	处理/( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	根生物量/g	茎生物量/g	叶生物量/g	总生物量/g
希茉莉	对照	24.82±8.62 a	20.55±3.24 a	6.50±1.33 a	51.86±7.83 a
	1	13.73±4.63 b	23.06±2.92 a	9.46±3.04 a	46.25±10.23 a
	10	13.10±2.65 b	25.16±3.79 a	11.76±5.12 a	50.01±11.05 a
扶桑	对照	19.72±2.98 a	41.97±6.69 b	4.14±1.03 c	65.83±5.75 b
	1	33.94±21.27 a	132.18±25.90 a	44.26±6.38 a	210.38±53.10 a
	10	25.45±6.47 a	60.50±11.30 b	17.71±10.39 b	103.66±27.93 b
福建茶	对照	24.21±3.88 a	51.88±10.95 a	16.96±1.88 b	93.06±16.65 b
	1	25.70±2.44 a	49.44±6.00 a	29.34±4.65 a	104.48±12.95 a
	10	18.88±6.23 a	32.83±1.80 b	10.04±2.04 b	61.76±9.44 c
黄金榕	对照	17.62±2.77 a	18.33±1.89 a	8.55±1.62 b	44.51±2.01 a
	1	9.45±2.02 a	20.84±1.90 a	11.97±1.23 b	42.27±3.27 a
	10	16.72±8.52 a	20.27±9.57 a	18.04±4.17 a	55.02±3.16 a
假连翘	对照	22.30±7.79 a	36.88±8.88 a	29.35±4.12 c	88.53±18.37 b
	1	44.86±19.35 a	77.97±34.40 a	69.96±23.39 a	192.79±36.63 a
	10	37.93±6.91 a	56.88±4.68 a	49.51±5.47 b	144.27±12.04 a
福建茶	对照	9.75±1.94 a	15.00±3.59 a	5.17±0.89 c	29.91±3.50 a
	1	6.40±2.66 a	15.13±0.62 a	9.66±0.53 b	31.19±3.29 a
	10	14.55±5.67 a	17.09±3.84 a	12.11±2.91 a	43.75±9.58 a

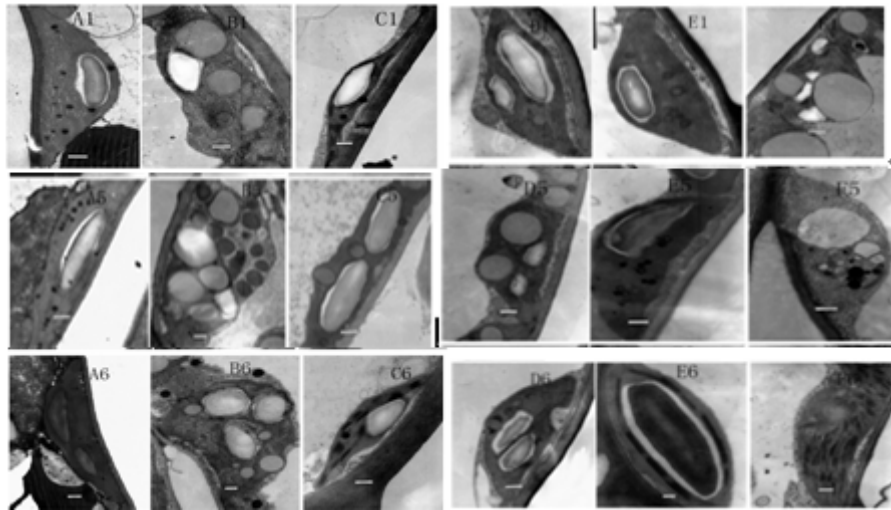
一步显示强度为  $1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的夜晚弱光处理下, 足以达到进一步损害光合器官所需的光强。

### 3 讨论与结论

1) 以往的许多研究文献表明, 植物的生物量和叶面积在延长的光周期影响下呈现增加的趋势<sup>[15-18]</sup>。植物的叶片大小和形状也很容易受光照的影响<sup>[19]</sup>。用  $5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的夜晚光强处理洋桔梗发现它的茎节数目发生改变<sup>[20]</sup>, 用  $0.02\sim 3.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的夜晚加光处理会使菊花的叶片数量增加, 用夜晚

人工弱光对菠菜进行处理, 发现菠菜的高度、生物量、叶面积增加。我们经过10个月的实验研究发现, 城市夜晚人工弱光 ( $1$ 和 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 显著增加6种行道树的叶面积和叶片生物量。以往的研究表明, 遮阴处理可以调高植物的叶绿素含量和叶面积, 本实验中植物的叶绿素含量和叶面积增加可能是由于夜晚弱光诱导使植物的遮光效应增强。

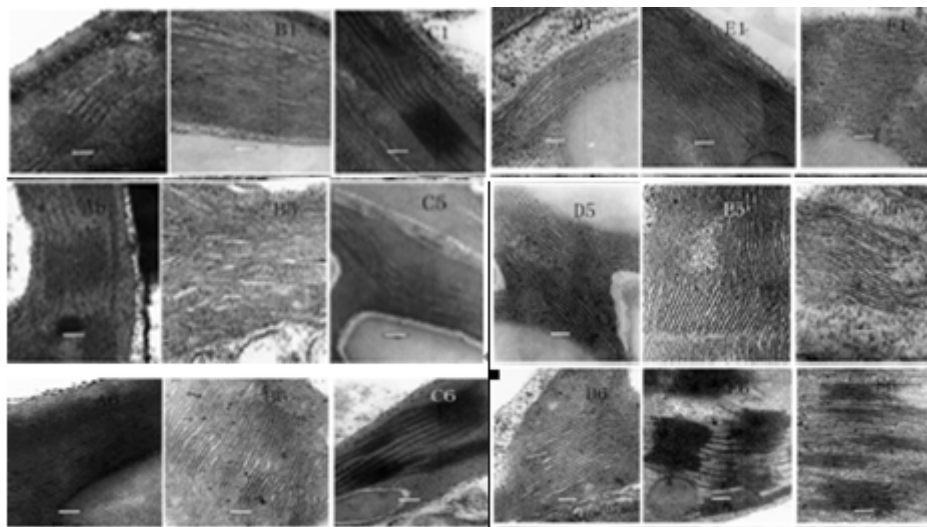
2) 以往的研究表明, 在强光胁迫<sup>[21]</sup>, UV-B 辐射<sup>[21]</sup>等光照环境条件下都可以使叶片的叶绿体内



(A)希茉莉, (B)扶桑, (C)福建茶, (D)黄金榕, (E)假连翘, (F)洒金榕; (1)对照, (5)  $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , (6)  $1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , A1, A5, A6, B1, B5, B6, C1, C5, C6, D5, D6, E5, F5, F6 ( $\times 12\,000$ , Bars=500 nm); D1, E1, E6 ( $\times 20\,000$ , Bars=200 nm), F1, ( $\times 8\,000$ , Bars=1  $\mu\text{m}$ )

图2 城市夜晚人工弱光照射对6种行道树叶叶绿体超微结构的影响

Fig.2 Transmission electron micrographs showing chloroplast structure of leaves grown in control and light pollution treatment



(A)希茉莉, (B)扶桑, (C)福建茶, (D)黄金榕, (E)假连翘, (F)洒金榕; (1)对照, (5)  $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , (6)  $1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , ( $\times 80\,000$ , Bars=100 nm)

图3 城市夜晚人工弱光照射对6种行道树叶类囊体超微结构的影响

Fig.3 Transmission electron micrographs showing thylakoid structure of leaves grown in control and light pollution treatment

部结构瓦解。在本实验中,通过超微结构观察发现,不管是处理还是对照,叶绿体生物膜都发生膨胀或破损,叶绿体出现淀粉粒或者空泡,基粒不明显,类囊体片层结构垛叠不紧密,类囊体膜肿胀,叶绿体中出现脂质小球。经过光污染强度为  $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  处理的6种植物,栅栏组织脂质小球明显增多,类囊体进一步肿胀,基粒退化甚至消失。叶片的超微结构发生改变,可能是连续的夜晚弱光改变了植物的昼夜节律和光周期,从而启动了植物的一些生理行为,研究表明光周期诱导需要的光强仅为  $0.06\sim 3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。淀粉粒变多变大表明淀粉的合成,降解和运输出叶绿体之间的平衡受到了长

时间夜晚光照的影响。光合作用的抑制反馈和类囊体结构受破坏能够导致更多的淀粉粒聚集在叶绿体中。其次,夜晚光照产生的过剩能量增大了叶片对污染空气的吸收,在叶片中打开的气孔在长时间的光照条件下将承受更多的空气污染从而进一步导致叶绿体结构的破坏。

3) 整个实验期间,假连翘的植株均生长旺盛,植株长速高于其它5种植物。城市夜晚人工弱光对假连翘的影响高于其它5种植物,在城市夜晚人工弱光照射下,假连翘的植物株高、叶面积和叶片生物量都显著高于对照。这说明假连翘在夜晚光照的影响下,能够将更多的光能转化成自身的化学能,

增大生物量,增加碳的积累,生产力高,有利于减轻城市热岛、改善城市的生态环境,而且假连翘管理简便,萌发力强,生长强健,有着较强的绿化功能和观赏价值,因此是城市行道树的较好选择。在城市建设中,路灯的设置应尽量远离行道树,并且降低城市夜晚的亮度,从而减少或避免对行道树的影响。

4) 但本实验时间仅有10个月,部分指标的测定仅仅经过几个月的光污染处理,植物的许多生理生态响应可能还没有真正体现出来,还没形成一种长期的适应机制,因此实验还需要更长的时间周期来进一步验证,其次实验植物的种类也需要增加,并根据植物的阴生和阳生性进行比较研究,从而找出规律性。

#### 参考文献:

- [1] GOLAN T, MULLER M P, NIYOGI K K. Photoprotection mutants of *Arabidopsis thaliana* acclimate to high light by increasing photosynthesis and specific antioxidants [J]. *Plant Cell and Environment*, 2006, 29 (5): 879-887.
- [2] CHANEY R W. Does night lighting harm trees? [J]. *Turfgrass Trends*, 2005, 9(1): 65-69.
- [3] NARISADA K, SCHREUDER D. *Light pollution handbook*[M]. Springer, The Netherlands, 2004: 61.
- [4] LONGCORE T, RICH C. Ecological light pollution [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2004, 2(4): 191-198.
- [5] ELVIDGE C, BAUGH K E, KIHN E A, et al. Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1997, 63(6): 727-734.
- [6] 何旻昊. 广州市越秀区夜间光污染调查与防治对策研究[J]. *广州环境科学*, 2008, 23(1): 7-11.
- [7] VINCE P D, CANHAM A E. Horticultural significance of photomorphogenesis[M]//Shropshire W, Mohr H, eds. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1983: 518-544.
- [8] CHOI Y W. Effect of red, blue, and far-red LEDs for night break on growth, flowering, and photosynthetic rate in *Perilla ocymoides*[J]. *Journal Korean Society Horticultural Science*, 2003, 44(4): 442-446.
- [9] HEW C S, YONG J W H. The physiology of tropical orchids in relation to the industry[M]. World Scientific, Singapore, 2004: 171-212.
- [10] MATTSON N S, ERWOM J E. The impact of photoperiod and irradiance on flowering of several herbaceous ornamentals [J]. *Scientia Horticulturae*, 2005, 104(3): 275-292.
- [11] OH W, RHIE Y H, PARK J H, et al. Flowering of cyclamen is accelerated by an increase in temperature, photoperiod and daily light integral [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83: 559-562.
- [12] RUNKLE E S, HEINS R D, CAMERON A C, et al. Flowering of herbaceous perennials under various night interruption and cyclic lighting treatments [J]. *HortScience*, 1998, 33(4): 672-677.
- [13] 林鸿辉, 代色平, 刘湘源, 等. 广州城市道路绿化存在问题和改进建议[J]. *广东园林*, 2006, 28(3): 36-39.
- [14] 杨伟儿, 张乔松, 周先武. 广州城市绿地生物多样性的现状与展望[J]. *广东园林*, 2006, 28(2): 47-55.
- [15] ADAMS S R, LANGTON F A. Photoperiod and plant growth: a review [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2005, 80(1): 2-10.
- [16] SOFFE RW, LENTON J R, MILFORD G F J. Effects of photoperiod on some vegetable species [J]. *Annals of Applied Biology*, 1977, 85(3): 411-415.
- [17] WHEELER R M, TIBBITS T W. Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) under continuous light [J]. *Plant Physiology*, 1986, 80(3): 801-804.
- [18] YAMASAKI A, MIURA H, TANAKA K. Effect of photoperiods before, during and after vernalization on flower initiation and development and its varietal difference in Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2000, 75(6): 645-650.
- [19] TSUKAYA H. Mechanism of leaf-shape determination [J]. *The Annual Review of Plant Biology*, 2006, 57:477-496.
- [20] YAMADA A, TANIGAWA T, SUYAMA T, et al. Night break treatment using different light sources promotes to delays growth and flowering of *Eustoma grandiflorum*(Raf.) Shinn[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2008, 77(1): 69-74.
- [21] 张守仁, 高荣孚, 王连军. 杂种杨无性系光系统 II 放氧活性、光合色素及叶绿体超微结构对光胁迫的响应[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(2): 143-149.
- [22] PENG Q, ZHOU Q. Influence of lanthanum on chloroplast ultrastructure of soybean leaves under ultraviolet-B stress [J]. *Journal Rare Earths*, 2009, 27(2):304-307.

## Effects of night “light pollution” on street shrubs in urban area

CHEN Fang<sup>1</sup>, PENG Shaolin<sup>2\*</sup>

1. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. State Key Laboratory of Biocontrol, School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, East Campus, Guangzhou 510275, China

**Abstract:** Numerous studies have been reported that night light has negative effects on daily human life and animals. Limited information exists, however, concerning the effects of potentially increasing global night light intensity on plants. We hypothesized that the constant increase of the night light intensity in urban area may have substantial effects on the growth of street plants. In the present study, 6 commonly used street shrubs in Guangzhou, south China were selected to treat with 2 supplemental night light intensities (1 and 10  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), and the effects of modeled night street light on plant growth and leaf morphology were investigated. The results showed that night light significantly impacted six shrubs, and the responses of the tested parameters somewhat differed from six species. In general, night light caused an increase in leaf area and leaf biomass, but damaged the leaf chloroplast ultrastructure of most species. Among the six shrubs, *Duranta repens* Linn. might adapt to the urban street light better than other 5 species in Guangzhou. We suggested that highly sensitive trees should be avoided in areas where high intensity lighting is used. Our data provide a key starting point toward a better understanding to the effects of street lighting on the growth and suitable management of avenue shrubs in urban area.

**Key words:** light pollution; night light; shrubs; urban area; chloroplast ultrastructure; leaf area