

不同光强对4种城市绿化树木生长的影响

张倩

上海辰山植物园(中科院上海辰山植物科学研究中心), 上海
Email: zhangqian90520@163.com

收稿日期: 2021年5月31日; 录用日期: 2021年6月29日; 发布日期: 2021年7月6日

摘要

本研究通过将供试植物置于5种光强条件下延时照明培养, 模拟城市夜间景观灯照明环境, 探究不同光强对4种城市绿化树木叶片结构、叶绿素、生长势和生物量的影响。结果表明, 随着光强增加, 4种植物的叶面积和比叶面积呈现先增加后降低的趋势, 在250 lx光强处理下叶面积最大, 在150~250 lx光强处理下比叶面积值最高; 延时光照处理下, 干物质含量均降低。在70~150 lx光强处理下, 可以促进叶绿素合成, 并且植株的树高生长量、当年生枝条生长量和生物量积累量均达到最大值; 当光强高于150 lx时, 随着光强增加叶绿素含量降低, 引起植物的光抑制, 植株的生长量和生物量积累受到抑制。

关键词

光强, 城市景观灯, 延时光照, 形态特性

Effects of Different Light Intensity on the Growth of Four Urban Greening Trees

Qian Zhang

Shanghai Chenshan Plant Science Research Center, The Chinese Academy of Science, Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai
Email: zhangqian90520@163.com

Received: May 31st, 2021; accepted: Jun. 29th, 2021; published: Jul. 6th, 2021

Abstract

The effects of different light intensity on leaf structure, chlorophyll, growth potential and biomass of four urban greening trees were studied through the cultivation experiment of the tested plants under five light intensities to simulate the lighting environment of urban landscape lamp at night. The results showed that the leaf area and specific leaf area of four plants increased first and then

decreased with the increase of light intensity. The leaf area was the largest under 250 lx treatment, and the specific leaf area was the highest under 150~250 lx treatment, and the content of dry matter decreased under delayed illumination. Chlorophyll synthesis was promoted, and the tree height growth, annual branch growth and biomass accumulation reached the maximum under the light intensity of 70~150 lx. When the light intensity was higher than 150 lx, the chlorophyll content decreased with the increase of light intensity, resulting in that the photo inhibition of plants, and the growth and biomass accumulation of plants were inhibited.

Keywords

Light Intensity, Urban Landscape Lamp, Delay Lighting, Morphological Characteristics

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着城市经济和建设的迅速发展,城市夜景已经成为市民休闲娱乐的重要部分,为人们夜晚活动提供了宜人的场所[1]。但景观灯光源的使用可能会引起植物夜晚光合作用的产生,改变植物的正常生长状态,从而影响植物正常的生理机能[2]。植物生长发育过程中光照是具有特殊地位的生态因子[3]。目前,城市绿化树木的生理特性,特别是光合特性受到众多学者的关注[4] [5] [6],而光强能够对植物的形态学、光合作用、内源激素、矿质营养、叶片结构和化学成分等产生影响[7]。因此,通过研究不同光强对城市绿化树木的叶形态、生理和生长等方面的影响,旨在从保护城市植物生态系统的角度,为减少城市夜景照明光污染,合理配置城市景观灯提供参考。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

本研究供试植物选择女贞(*Ligustrum lucidum*)、南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、枫香(*Liquidambar formosana*)和海棠(*Malus spectabilis*) 4种乔灌木树种种植株,每种树种的小苗大小、高度、长势均保持一致。

2.2. 试验设计与处理

按照图1搭建试验装置,开展探究不同光强对供试植物生长的影响试验,使用金属卤素灯作为光源,分别设置0、70 lx、150 lx、250 lx和400 lx的光强条件,照射时间为5~10月份每晚19:00~23:00。试验设置5个光强,4种供试植物,共计20个处理,每个处理4个重复,共计80株植株。

于4月初种植后,每株随机选择3根标准枝条,用于生长观测以及生长量、生理生化等指标测定。于叶片成熟期(夏季6~9月),选择当年生枝条上第3~4位的叶片,在试验处理前后采集植物样品,分析叶绿素含量、叶干物质含量、比叶面积等指标。并于植物生长期末,测定植株的株高生长量和一年生枝条生长量,并通过收割测定植物的鲜重和干重。

叶绿素含量测定采用95%乙醇浸提法[8],将装有乙醇的试管置于黑暗处,间隔一定时间摇一摇,待叶片完全褪色后,浸提液用分光光度计分别于665 nm、649 nm和470 nm下测定吸光度。用美国Li-Cor公司生产的Li-3000叶面积仪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℃烘箱烘干至恒重,称重,计算比叶面积。



Figure 1. Projection lamp scheme for extended lighting test

图 1. 延长照明试验投光灯方案图

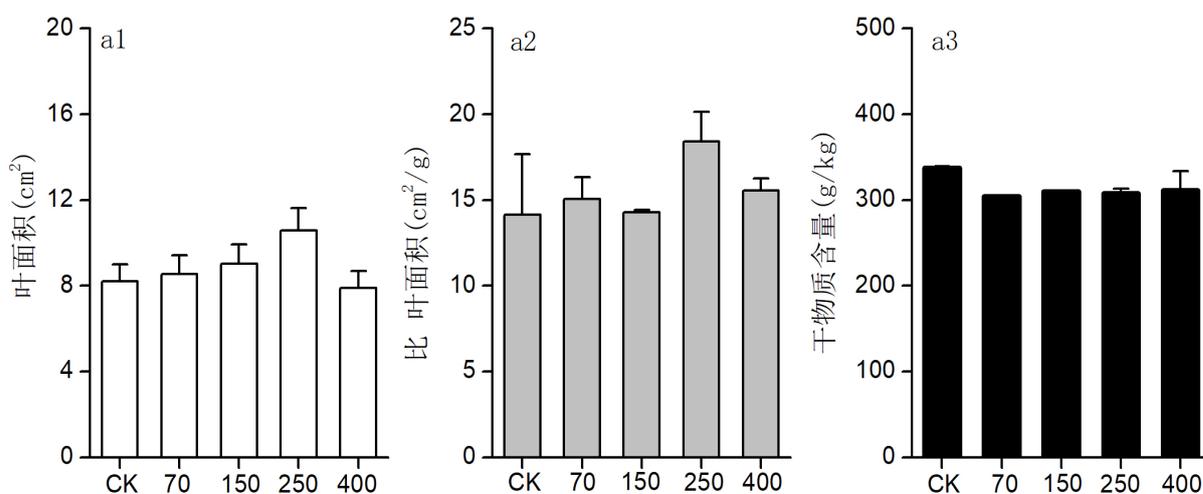
2.3. 数据整理与分析

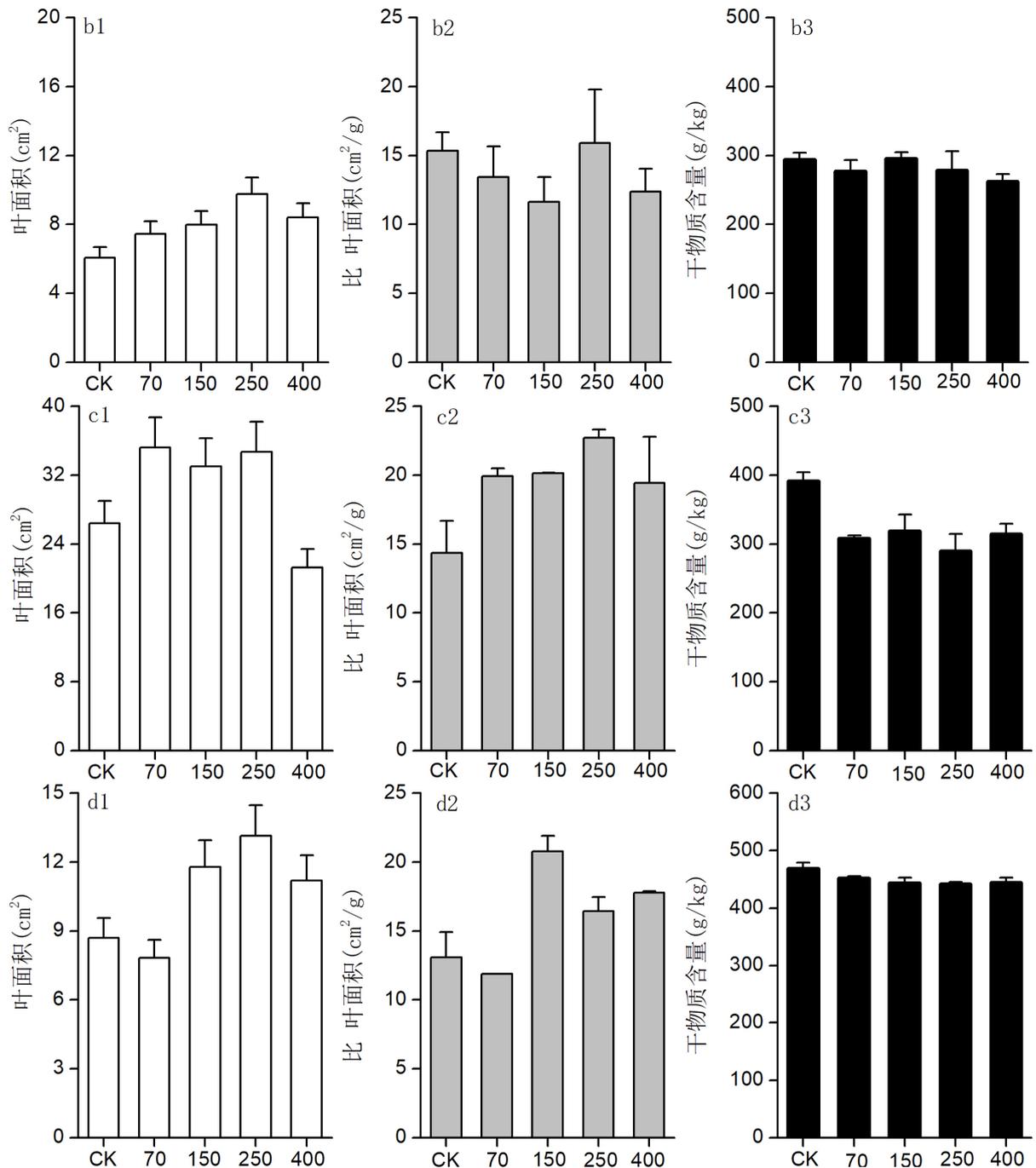
使用 Excel 对数据进行整理和计算, 利用 SPSS 22.0 进行方差分析, 利用 LSD 测验进行差异显著性检验($P < 0.05$)。

3. 结果与分析

3.1. 不同光强对叶片结构的影响

比较不同光强处理下, 女贞(图 2, a1-3)、南酸枣(图 2, b1-3)、枫香(图 2, c1-3)和海棠(图 2, d1-3)的单叶叶面积、比叶面积和干物质含量, 发现相比于未有延时光照处理条件下, 4 种植物的各项指标均发生了显著变化。延时光照下, 随着光强增加, 4 种植物的叶面积大小呈先增加后降低的趋势, 在 250 lx 处理下影响最大。比叶面积也呈相似趋势, 在 150 lx~250 lx 光强处理下的比值最高。干物质含量则呈下降趋势, 250 lx 以上光强处理下, 干物质含量变化不明显。





注: a为女贞, b为南酸枣, c为枫香, d为海棠; 文中其他图片标注同上。

Figure 2. Effects of different light intensity on plant leaves

图 2. 不同光强对植物叶片的影响

3.2. 不同光强对叶绿素的影响

不同光强处理下, 女贞、南酸枣、枫香和海棠的叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量发生相应的变化 (表 1)。与对照相比, 各光强处理下, 叶绿素 a 的变化相对较小, 各处理间差异不显著。不同光强处理对叶绿素 b 的影响较大, 且随着光强增加呈降低的趋势, 总叶绿素含量呈降低的趋势。在 70 lx~150 lx 光强

下, 促进了叶绿素的合成; 而光强超过 150 lx 后, 随着光强增加叶绿素含量降低, 引起植物的光抑制。因此, 对于叶绿素含量而言, 高于 150 lx 的光强易导致植物的光抑制。

Table 1. Effects of different light intensity treatments on plant chlorophyll
表 1. 不同光强处理对植物叶绿素的影响

植物	处理	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	总叶绿素(mg/g)
女贞	CK	0.71 ± 0.11a	0.52 ± 0.07a	1.23 ± 0.06ab
	70 lx	0.68 ± 0.03a	0.61 ± 0.08a	1.29 ± 0.07a
	150 lx	0.69 ± 0.06a	0.59 ± 0.05a	1.28 ± 0.02a
	250 lx	0.72 ± 0.05a	0.38 ± 0.09b	1.09 ± 0.05c
	400 lx	0.71 ± 0.03a	0.46 ± 0.04ab	1.18 ± 0.03b
南酸枣	CK	0.71 ± 0.05a	0.44 ± 0.02a	1.15 ± 0.12a
	70 lx	0.71 ± 0.03a	0.32 ± 0.07b	1.02 ± 0.11a
	150 lx	0.68 ± 0.04a	0.52 ± 0.12a	1.20 ± 0.12a
	250 lx	0.57 ± 0.03b	0.29 ± 0.02b	0.86 ± 0.15b
	400 lx	0.60 ± 0.04ab	0.28 ± 0.07b	0.88 ± 0.08b
枫香	CK	0.71 ± 0.04a	0.50 ± 0.05a	1.21 ± 0.04a
	70 lx	0.70 ± 0.08a	0.56 ± 0.03a	1.26 ± 0.05a
	150 lx	0.67 ± 0.11a	0.65 ± 0.04a	1.32 ± 0.03a
	250 lx	0.69 ± 0.12a	0.57 ± 0.02a	1.26 ± 0.12a
	400 lx	0.69 ± 0.03a	0.57 ± 0.04a	1.26 ± 0.09a
海棠	CK	0.64 ± 0.08a	0.73 ± 0.02a	1.38 ± 0.07a
	70 lx	0.71 ± 0.03a	0.46 ± 0.01c	1.16 ± 0.05c
	150 lx	0.68 ± 0.05a	0.61 ± 0.05b	1.29 ± 0.04b
	250 lx	0.72 ± 0.06a	0.43 ± 0.02c	1.15 ± 0.02c
	400 lx	0.71 ± 0.12a	0.51 ± 0.07bc	1.22 ± 0.08b

注: P < 0.05。

3.3. 不同光强对生长势的影响

从植株生长情况来看, 延时光照处理下不同光强植物长势良好, 表观差异不明显, 未有徒长现象。随着光照增加, 植株的树高生长量和当年生枝条生长量呈现先增加后降低的趋势, 在 70 lx~150 lx 光强处理下, 植株的树高生长量和当年生枝条生长量达最大值; 150 lx 以上光强处理下, 植株的生长量受到抑制。在 70 lx 光强处理下, 女贞、南酸枣、枫香和海棠的树高生长量分别较对照增加了 9.92%、26.87%、21.65%和 5.58% (图 3); 当年生枝条生长量较对照增加了 11.17%、24.86%、24.15%和 6.03% (图 4)。

3.4. 不同光强对生物量的影响

随着光强增加, 植株的生物量积累呈现降低的趋势, 在 70 lx~150 lx 光强处理下, 植株的生物量积累量达最大值, 150 lx 以上光强处理下, 植株的生物量积累受到抑制。在 70 lx 光强处理下, 女贞、南酸枣、枫香和海棠的生物量积累(鲜重)分别较对照增加了 9.82%、11.29%、32.01%和 19.81% (图 5); 生物量积累(干重)较对照增加了 31.24%、55.95%、25.54%和 12.15% (图 6)。

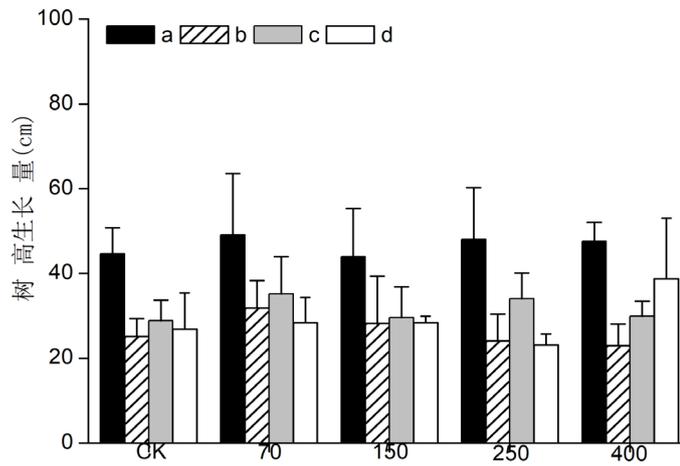


Figure 3. Effects of different light intensity on tree height growth
图 3. 不同光强对树高生长量的影响

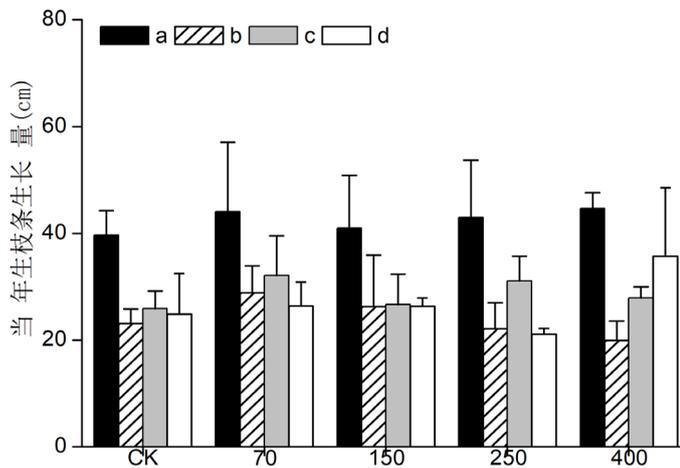


Figure 4. Effects of different light intensity on the growth of current branch
图 4. 不同光强对当年生枝条生长量的影响

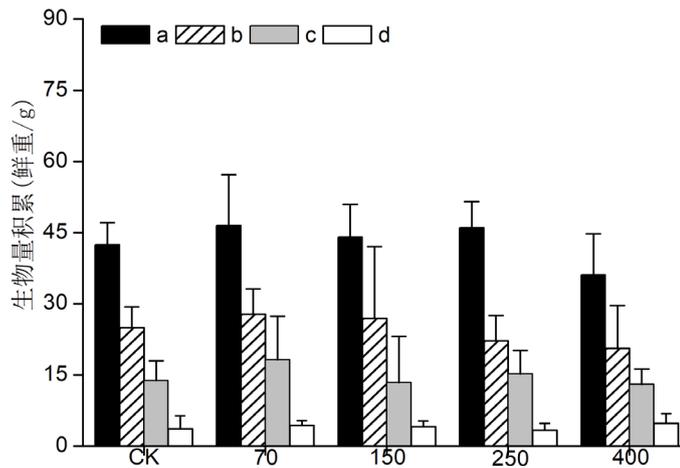


Figure 5. Effects of different light intensity on biomass accumulation (fresh weight)
图 5. 不同光强对生物量积累(鲜重)的影响

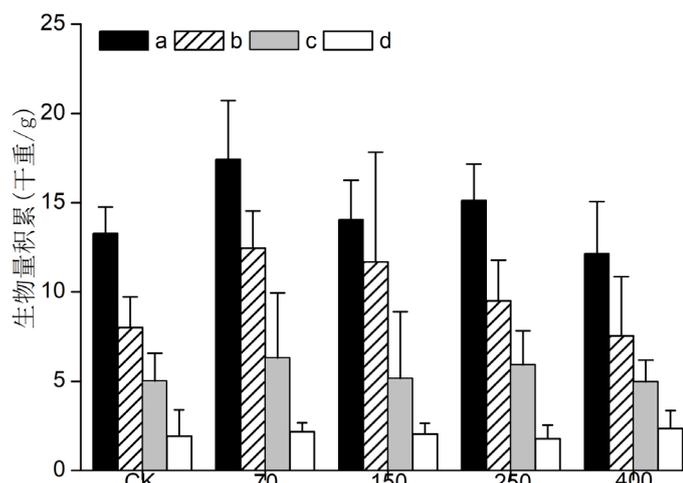


Figure 6. Effects of different light intensity on biomass accumulation (dry weight)

图 6. 不同光强对生物量积累(干重)的影响

4. 讨论

光对植物的形态建成和生殖器官的发育影响很大，全光照条件下生长的树木，一般树干粗壮、树冠庞大、枝下高较低，具有较高的观赏与生态价值。在高强光中生长的树木较矮，但是干重增加，并且根根的伸长量减少，新根发生数少，甚至停止生长。当因光照不足，同化量降低，同化物减少时，根据有机物运输就近分配的原则，同化物质首先给地上部分使用，然后才送到根系。徐飞等研究了不同光环境对麻栎和刺槐幼苗生长和光合特征的影响，发现极度弱光环境限制了幼苗的株高、基径、总叶面积、冠面积、叶面积指数和总叶数等形态指标的增长，与自然光环境相比，适度遮荫有利于幼苗的形态生长[9]。孙晶等的研究发现，全光照下薯蓣植株生长较弱，20%的自然光照下生长茂盛；随着光强的减弱，株高、茎粗、叶片厚度和鲜叶质量都呈先升后降的趋势。这表明不同植物品种对光强的适应性不同，每种植物应该有其最佳适应光强[10]。

光强对植物的叶绿素合成起到调控作用，光照不足会严重影响光合同化力，从而限制光合碳同化，同时，光合作用关键酶的活化也会受到影响，最终影响到植物光合作用中叶绿素的合成。一般认为弱光下生长的植物叶片单位叶面积叶绿数目减少，但叶绿体变大，叶绿素含量增加，且叶绿素 b 的含量增加的更多。光照过强又往往引起植物的光抑制，同样也影响植物的叶绿素合成。当植物处于强光环境时，过剩光能可引发氧化胁迫，对光合色素和光合膜产生巨大的伤害。甄伟等和姚允聪等的研究表明，弱光照条件下，叶片中叶绿体结构发育完善，基粒数增多，基质片层数增多。这样叶绿体捕光能力增强，光系统的光化学效率提高[11] [12]。时向东等研究发现光强对叶绿体光合膜上色素及其色素蛋白复合体的形成、含量和分布均有直接的影响。一般认为弱光下生长的作物叶片单位叶面积叶绿体数目减少，但叶绿体变大，叶绿素含量增加，且叶绿素 b 的含量增加得更多[7]。

城市夜景灯光形成的光污染对人类及全球生态环境的危害日趋严重，特别对植物的生长发育有较大的影响[13]。有调查显示城市夜晚景观灯开放后植株上的光照强度从 0.1~100 klx 不等，其中草坪灯、造型灯、灯串和灯带本身亮度很小，在其周边的植物上的光强也比较小，照度值一般在 100~500 lx 左右[2]，对植物生长影响较小。景观灯的开放实质上就是在夜晚对绿地植物进行了补光，延长植物的光照时间，可以促进植物的光合作用，已有研究表明，适当延长光照时间有利于植物的生长，提高了叶片的光合同化能力，促进叶片生长和干物质积累[14] [15]。

5. 结论

随着光强增加, 4种植物的叶面积和比叶面积呈现先增加后降低的趋势, 在 250 lx 光强处理下叶面积最大, 在 150 lx~250 lx 光强处理下比叶面积值最高; 延时光照处理下, 干物质含量均降低。在 70 lx~150 lx 光强处理下, 可以促进叶绿素合成, 并且植株的树高生长量、当年生枝条生长量和生物量积累量均达到最大值; 当光强高于 150 lx 时, 随着光强增加叶绿素含量降低, 引起植物的光抑制, 植株的生长量和生物量积累受到抑制。

参考文献

- [1] 何卓超. 园林灯具应用现状的调查与研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
- [2] 奉树成, 郭卫珍, 张亚利. 上海城市绿地中景观灯配置对植物的影响[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(1): 57-63.
- [3] 徐大鹏, 吕艳丽, 兰长林. 不同光照强度对植物发育形态影响的研究概述[J]. 中国科技纵横, 2013(8): 31-32.
- [4] 刘弘, 马杰, 李保印. 2种彩叶植物的光合特性日变化研究[J]. 河南职业技术师范学院学报, 2004, 32(2): 33-35.
- [5] 刘桂林, 梁海永, 刘兴菊. 国槐光合特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(4): 68-70.
- [6] 蒋文伟, 刘彤, 温国胜, 等. 城市观赏树种木犀的光合特性初步研究[J]. 浙江林业科技, 2003, 23(5): 18-21.
- [7] 时向东, 文志强, 刘艳芳, 等. 不同光强对作物生长影响的研究综述[J]. 安徽农业科学, 2006(17): 4216-4218.
- [8] 谭瑶, 曹兵, 赖声谓. 3个绿化树种的光合特性比较[J]. 农业科学研究, 2007, 28(2): 82-84.
- [9] 向芬, 李维, 刘红艳, 等. 茶叶叶绿素测定方法的比较研究[J]. 茶叶通讯, 2016, 43(4): 37-40.
- [10] 孙晶, 李向民, 张晶. 光强对盾叶薯蓣生长发育皂素含量的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(3): 536-542.
- [11] 甄伟, 张福墁. 弱光对黄瓜功能叶片光合特性及超微结构的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 290-292.
- [12] 姚允聪, 王绍辉, 孔云. 弱光条件下桃叶片结构及光合特性与叶绿体超微结构变[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 855-863.
- [13] 杨庆华, 于福江, 汪幼江, 等. 城市夜景植物照明的生态思考[J]. 上海绿化市容, 2016(88): 19-23.
- [14] 栾征, 曹前进, 成浩, 等. 冬季增温和延长光照对茶苗生长的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2007, 33(5): 519-524.
- [15] 徐超华, 李军营, 崔明昆, 等. 延长光照时间对烟草叶片生长发育及光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(4): 763-770.