

不同光质处理对翠云草叶色变化的影响

张水木¹, 彭媛媛², 李林¹

(1. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004; 2. 深圳大学 建筑与城市规划学院, 广东 深圳 518052)

摘 要:以半年生长势良好的盆栽翠云草为试材, 设绿色光质处理 R_1 、红色光质处理 R_2 、黄色光质处理 R_3 、紫色光质处理 R_4 共 4 个处理, 以白色光质处理 R_0 为对照, 进行不同光质处理 6 个月后, 比较叶片中叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b、叶绿素 a/b、类胡萝卜素、花色素苷含量变化, 研究不同光质处理对翠云草叶色变化的影响。结果表明: 绿色光质处理 R_1 下花色素苷含量最高, 叶色表现出特殊的蓝绿色; 白色光质处理 R_0 下类胡萝卜素含量最高, 而花色素苷含量最低, 说明翠云草叶片受到胁迫, 叶片呈现的红色是类胡萝卜素的颜色而不是花色素苷的颜色。方差分析表明, 不同光质处理对翠云草叶片中花色素苷含量影响极显著, 而对叶绿素含量和类胡萝卜素含量影响不显著。

关键词:翠云草; 不同光质处理; 叶色变化

中图分类号:S 682.35 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)12-0075-05

观赏蕨翠云草(*Selaginella uncinata*)属蕨类卷柏科多年生草本植物, 又称之为绿绒草、龙须、蓝草、蓝地柏, 具有很高的观赏价值和应用价值。一方面可用作观叶商品盆栽, 另一方面也可以开发其所具有的良好药用价值用于医学研究。目前关于翠云草的研究较少, 在历年的研究文献中, 对翠云草的研究主要集中于医药和化工方面, 如马家宝等^[1]进行了翠云草的化学组成成分和有关药理作用等方面的研究; 郑俊霞等^[2]、赖红芳等^[3]则对于翠云草中的黄酮类物质的提取工艺方法进行了深入的研究; 乔家法等^[4]、应华忠等^[5]对翠云草的药理作用进行了相关研究; 黄莉洁^[6]对翠云草的引种和繁殖进行了相应的探讨研究。但目前关于翠云草蓝色叶相关影响

因子的研究尚鲜见报道。

不同光质处理对植物的生长发育和形态发育具有很大的影响^[7], 已有研究表明, 不同的光质不仅可以影响植物茎和根系的生长发育^[8], 还会影响植物芽的分化^[9], 植物叶片形态的形成^[10]。在关于植物叶色变化研究中, 有关光质对于植物叶片颜色变化和色素代谢的影响见于红叶桃^[11]、红栎^[12]等植物, 但鲜见光质对翠云草叶色变化的影响研究。

该试验通过改变翠云草生长环境的光质, 探讨不同光质处理对翠云草叶片色素(叶绿素、类胡萝卜素和花色素苷)含量的影响, 掌握其叶色变化规律, 以便在园林应用时满足其栽培条件, 创造别具特色的蓝色叶植物景观。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为翠云草新鲜叶片, 半年生翠云草盆栽在 2014 年 7 月购于广西花鸟市场。

1.2 试验方法

试验于 2014 年 8 月 1 日至 2015 年 1 月 30 日在广

第一作者简介:张水木(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向为风景园林与工程技术。E-mail: 944120498@qq.com.

责任作者:李林(1978-), 女, 硕士, 副教授, 现主要从事园林植物教学与研究工作。E-mail: lilin0771@163.com.

基金项目:广西林业厅青年骨干资助项目(桂林科字[2014]第 40 号); 广西大学科研基金资助项目(201510)。

收稿日期:2016-02-25

medium, hormone type, hormone level, and soaking time on the survival rate were hormone type(B) > soaking time(D) > hormone level(C) > cutting medium(A), and the effects on the average number of root were cutting medium(A) > hormone level(C) > soaking time(D) > hormones type(B), and on the average length of root were hormone level(C) > soaking time(D) > cutting medium(A) > hormones type(B). $A_2B_3C_1D_2$ (100 mg · L⁻¹ ABT for 2 hours, cutting medium under peat soil : perlite = 1 : 2) was the best treatment, which the survival rate was 60%, the average number of cutting roots were 6.70 bars, and the average root length was 6.57 cm.

Keywords: *Rosa floribunda* L.; cutting reproduction; survival rate; root number; root length

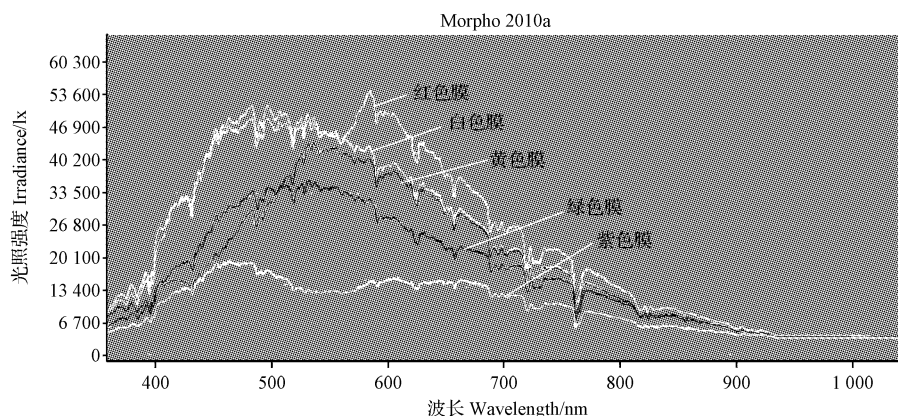


图1 不同颜色彩色膜波长

Fig. 1 Different color film wavelength

西大学林学院苗圃基地进行,历时6个月。采用单因素完全随机试验设计,首先选用市场售卖的黑色遮阳网进行一层遮阴处理,再分别利用彩色膜创造不同光质处理的环境,设绿色处理 R_1 、红色处理 R_2 、黄色处理 R_3 、紫色处理 R_4 4个不同光质处理(各波长见图1),以白色处理 R_0 为对照。每处理2盆,3次重复,共30盆。遮阴棚四周适当用遮阳网进行遮荫,并确保每个光质处理都能受到一致的光照。之后每7d进行1次调查,以保证每处理内的各植株获得一致的光照。从2014年8月1日开始,每隔15d随机采集翠云草各方向正常生长的成熟叶片,测定各种色素含量。

1.3 项目测定

在对翠云草进行不同光质处理6个月期间,每隔15d测定1次各项生理指标,重复3次,取平均值,并用所得数据作图。取翠云草叶片中的叶绿素(a+b)、类胡萝卜素和花色素苷含量最后1次测定值的平均值进行方差分析和多重比较。

1.3.1 翠云草叶片中叶绿素和类胡萝卜素的提取与测定 叶绿素和类胡萝卜素的提取采用乙醇-丙酮混合液(1:2,v/v)浸泡法^[13]。叶绿素a浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$): $Ca = 12.21OD_{663} - 2.81OD_{646}$;叶绿素b浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$): $Cb = 20.13OD_{646} - 5.03OD_{663}$;类胡萝卜素浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$): $Car = (1000OD_{470} - 3.27Ca - 104Cb)/229$;色素含量($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)=色素浓度(C)×提取液体积×稀释倍数/样品鲜样质量。其中, OD_{663} 、 OD_{646} 、 OD_{470} 分别为提取液在663、646、470 nm处的吸光度值(OD),下同。

1.3.2 翠云草叶片中花色素苷的提取和含量测定 参照崔晓静等^[14]的方法测定叶片中花色素苷含量。以1g鲜质量在1mL提取液中,吸光度 OD_{535} 为0.1时的花色素苷浓度为1个色素单位,则花色素苷相对含量(色素单位)= $OD_{535}/0.1$ 。

1.4 数据分析

采用Excell软件进行数据处理和绘图,采用SPSS统计分析软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同光质处理对翠云草叶片中色素含量的影响

由图2可知,处理6个月后,叶绿素a含量最高的是白色光质处理 R_0 ,含量为 $94.90 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;含量最低的是紫色光质处理 R_4 ,含量为 $39.54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,二者差值为 $55.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

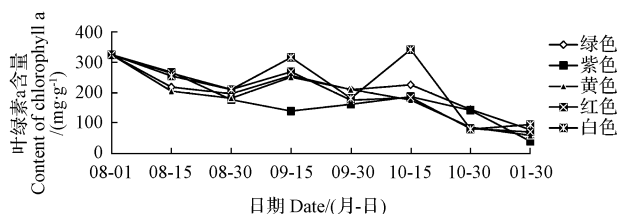


图2 叶绿素a含量变化

Fig. 2 Change of chlorophyll a content

由图3可知,处理6个月后,叶绿素b含量最高的是白色光质处理 R_0 ,含量为 $40.43 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;含量最低的是紫色光质处理 R_4 ,含量为 $21.54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,二者差值为 $18.89 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

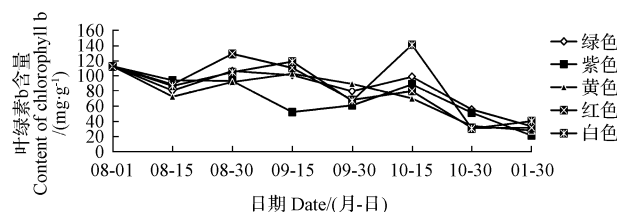


图3 叶绿素b含量变化

Fig. 3 Change of chlorophyll b content

由图4可知,处理6个月后,叶绿素a+b含量最高的是白色光质处理 R_0 ,含量为 $135.33 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;含量最

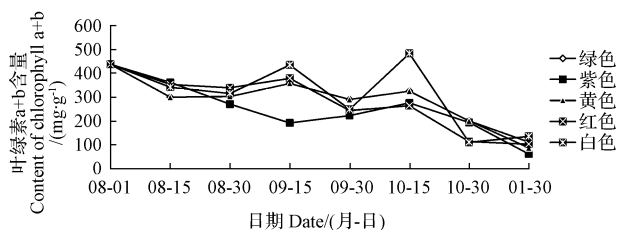


图4 叶绿素 a+b 含量变化

Fig. 4 Change of chlorophyll a+b content

低的是紫色光质处理 R_4 , 含量为 $61.08 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 二者差值为 $74.25 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

图2、3、4表明,不同光质处理6个月后,翠云草叶片中的叶绿素 a、b、a+b 含量总体均呈下降趋势,偶尔有上升,但变化不规律。不同光质条件对植物叶片内叶绿素的形成具有显著的影响,对大多数植物而言,叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素(a+b)在红色光质条件下含量较高,在蓝光条件下含量较低^[15]。该试验的研究结果并不支持该观点。

图5表明,进行不同光质处理后,叶绿素 a/b 值总体也呈现下降趋势,这有利于对环境中弱光的利用。处理6个月后,叶绿素 a/b 值最大的是白色光质处理 R_0 , 为 2.35; 值最低的是紫色光质处理 R_4 , 为 1.84, 二者差值为 0.51。

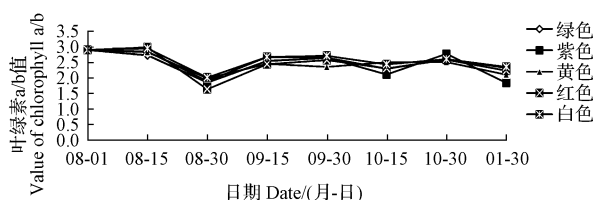


图5 叶绿素 a/b 值变化

Fig. 5 Change of chlorophyll a/b value

图6中,类胡萝卜素含量总体也呈下降趋势,且降幅比叶绿素大。处理6个月后,紫色光质 R_4 处理下类胡萝卜素含量和叶绿素含量降幅分别为 92.20% 和 86.03%。白色光质处理 R_0 下类胡萝卜素的含量除9月30日和10月30日数值外,均高于其余4种光质处理下的含量。处理6个月后,类胡萝卜素含量最高的为白色光质处理 R_0 , 为 $17.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$; 含量最低的为紫色光质处理 R_4 , 仅为 $6.64 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 二者差值为 $10.96 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$; 绿色光质处理 R_1 、红色光质处理 R_2 和黄色光质处理 R_3 处理下类胡萝卜素含量之间的差异较小。这与叶用莴苣在蓝光、红光、黄光条件下类胡萝卜素的含量比在白光条件下的含量均降低的研究结果相似^[15]。

由图7可知,翠云草叶片中的花色素苷相对含量总体也呈下降趋势。处理6个月后,花色素苷相对含量最高的为绿色光质处理 R_1 , 为 0.32(色素单位); 含量最低的是白色光质处理 R_0 , 仅为 0.14, 二者的差值为 0.18, 说明白色光质处理 R_0 条件下对翠云草叶片已造成强光胁迫,

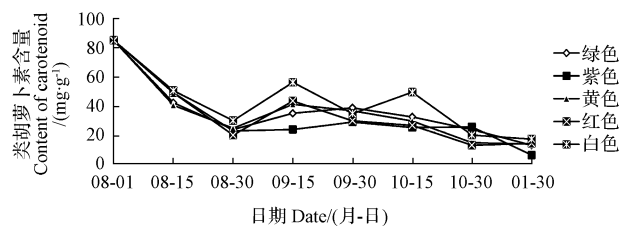


图6 类胡萝卜素含量变化

Fig. 6 Change of carotenoid content

迫,不利于花色素苷的积累。红色光质处理 R_2 、黄色光质处理 R_3 和紫色光质处理 R_4 下花色素苷含量基本相等。有研究表明,不同的光质中,蓝光和紫外光相比于其它光质更能促进植物中花色素苷的合成^[16]。该试验中短光波的绿色光质处理下花色素苷相对含量最高,试验结果与该结论一致。

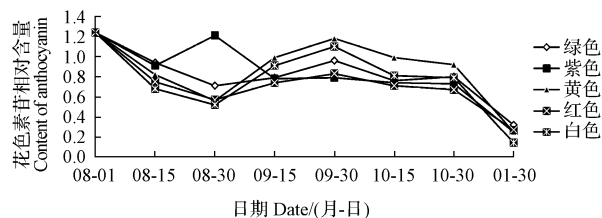


图7 花色素苷含量变化

Fig. 7 Change of anthocyanin content

2.2 不同光质处理对翠云草叶片色素含量影响的多重比较

方差分析结果表明(表1),不同光质处理对翠云草叶片中的叶绿素总含量影响不显著(处理组间 $F=2.3250$, $P=0.1273>0.05$);对类胡萝卜素含量影响不显著(处理组间 $F=1.5120$, $P=0.2709>0.05$);对花色素苷含量影响极显著(处理组间 $F=18.1670$, $P=0.0001<0.01$)。

表1 不同光质条件下翠云草叶片色素含量方差分析

Table 1 ANOVA about *Selaginella uncinatas* leaf pigment content under different sunlight quality

项目 Project	变异来源 Sources of variation	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F value	P 值 P value
叶绿素总含量 Content of chlorophyll	处理间	9 213.490 6	4	2 303.372 6	2.325 0	0.127 3
	处理内	9 908.192 6	10	990.819 3		
	总变异	19 121.683 2	14			
类胡萝卜素含量 Content of carotenoid	处理间	196.170 6	4	49.042 6	1.512 0	0.270 9
	处理内	324.267 8	10	32.426 8		
	总变异	520.438 4	14			
花色素苷含量 Content of anthocyanin	处理间	0.053 8	4	0.013 4	18.167 0	0.000 1
	处理内	0.007 4	10	0.000 7		
	总变异	0.061 2	14			

注: $P<0.05$ 时差异显著; $P<0.01$ 时差异极显著。下同。

Note: $P<0.05$, difference is remarkable; $P<0.01$, difference is extremely remarkable. The same below.

多重比较结果(表 2)表明,白色光质处理 R_0 组下,叶片产生的花色素苷含量均低于其它 4 种光质处理的植株,且极显著低于其它 4 种光质处理($P=0.000$)。绿色光质处理 R_1 组下,叶片产生的花色素苷均高于其它 4 种光质处理的植株,且极显著高于白色光质处理 R_0 组($P=0.000$)和紫色光质处理 R_4 组($P=0.010$),显著高于红色光质处理 R_2 组($P=0.037$)和黄色光质处理 R_3 组($P=0.013$)。红色光质处理 R_2 组下,叶片产生的花

色素苷极显著高于白色光质处理 R_0 组($P=0.000$),显著低于绿色光质处理 R_1 组($P=0.037$)。黄色光质处理 R_3 组下,叶片产生的花色素苷极显著高于白色光质处理 R_0 组($P=0.000$),显著低于绿色光质处理 R_1 组($P=0.013$)。紫色光质处理 R_4 组下,叶片产生的花色素苷极显著高于白色光质处理 R_0 组($P=0.000$),极显著低于绿色光质处理 R_1 组($P=0.010$)。

表 2 不同光照处理对翠云草叶片色素含量影响的多重比较

Table 2 Multiple comparisons of effect in different light treatment on leaf pigment content of *Selaginella uncinata*

光照水平 Light level (I)	光照水平 Light level (J)	叶绿素总含量 Content of total chlorophyll		类胡萝卜素含量 Content of carotenoid		花色素苷含量 Content of anthocyanin	
		比较组之间均数之差 Difference in means between comparison group(I—J)	显著性水平 Significance level	比较组之间均数之差 Difference in means between comparison group(I—J)	显著性水平 Significance level	比较组之间均数之差 Difference in means between comparison group(I—J)	显著性水平 Significance level
R_0	R_1	23.683 33	0.378	4.166 67	0.391	-0.183 33**	0.000
	R_2	32.873 33	0.230	2.920 00	0.544	-0.130 00**	0.000
	R_3	48.290 00	0.090	3.483 33	0.471	-0.116 67**	0.000
	R_4	74.246 67*	0.016	10.956 67*	0.040	-0.113 33**	0.000
	R_0	-23.683 33	0.378	-4.166 67	0.391	0.183 33**	0.000
R_1	R_2	9.190 00	0.728	-1.246 67	0.794	0.053 33*	0.037
	R_3	24.606 67	0.361	-0.683 33	0.886	0.066 67*	0.013
	R_4	50.563 33	0.077	6.790 00	0.175	0.070 00**	0.010
	R_0	-32.873 33	0.230	-2.920 00	0.544	0.130 00**	0.000
	R_1	-9.190 00	0.728	1.246 67	0.794	-0.053 33*	0.037
R_2	R_3	15.416 67	0.562	0.563 33	0.906	0.013 33	0.562
	R_4	41.373 33	0.139	8.036 67	0.115	0.016 67	0.470
	R_0	-48.290 00	0.090	-3.483 33	0.471	0.116 67**	0.000
	R_1	-24.606 67	0.361	0.683 33	0.886	-0.066 67*	0.013
	R_2	-15.416 67	0.562	-0.563 33	0.906	-0.013 33	0.562
R_3	R_4	25.956 67	0.336	7.473 33	0.139	0.003 33	0.884
	R_0	-74.246 67*	0.016	-10.956 67*	0.040	0.113 33**	0.000
	R_1	-50.563 33	0.077	-6.790 00	0.175	-0.070 00**	0.010
	R_2	-41.373 33	0.139	-8.036 67	0.115	-0.016 67	0.470
	R_3	-25.956 67	0.336	-7.473 33	0.139	-0.003 33	0.884

3 结论与讨论

叶绿素、类胡萝卜素和花青素是形成植物叶色的主要 3 类色素,其含量、比值关系和环境变化都会造成叶色变化。该试验结果表明,不同光质处理对翠云草叶片中花色素苷含量影响极显著,而对叶绿素含量和类胡萝卜素含量影响不显著。

试验过程中,从翠云草生长的外观形态观察发现,不同光质处理下植物的生长状况不一致。白色光质处理下叶片最先出现红色,且红色叶片数量比其它 4 种光质都多,但是新生叶片为绿色;绿色、红色、黄色和紫色光质处理下叶色整体均呈现出蓝绿色,其间夹杂有红色叶片,其中绿色光质处理下的叶片蓝色最明显(图 8)。

分析相应的色素含量发现,白色光质处理 6 个月,植物叶片中类胡萝卜素含量最高,花色素苷含量最低,绝大多数类胡萝卜素呈黄色、橙色或红色,这与实际观察到的翠云草叶色呈现明显红色结果相一致,因此可认为翠云草叶片呈现的红色是类胡萝卜素的色素而不是花色素苷的色素,这与李林等^[17]研究得出的结论一致。



注:从左至右分别为紫光处理 R_4 、黄光处理 R_3 、红光处理 R_2 、绿光处理 R_1 、白光处理 R_0 。

Note: Left to right are purple R_4 , yellow R_3 , red R_2 , green R_1 , white R_0 .

图 8 翠云草叶色

Fig. 8 Leaf color of *Selaginella uncinata*

绿色光质处理 6 个月后,植物叶片中花色素苷含量最高,叶绿素含量也较高,而类胡萝卜素含量较低,这与实

际观察到的翠云草叶色呈现明显蓝绿色结果相一致,因此推测翠云草叶片呈现的蓝绿色可能是叶绿素的颜色,或者是花色苷中的飞燕草色素的颜色,具体成分还有待探究,可在以后的试验中用液质联用技术 LC-MS 进行测定。

综上所述,在不同光质处理对翠云草叶色变化影响试验中,以绿色光质处理效果最为理想,叶色呈现出特殊的蓝绿色,观赏效果较好。

该试验研究了 6 个月不同光质条件下翠云草叶片色素含量的变化情况,由于时间从夏天跨及冬天,试验结果可能受到温度的影响。对于翠云草叶色受其它环境条件影响的情况还需要设计其它试验进一步探讨,以便更好地在园林中应用、配置。

参考文献

- [1] 马家宝,韦丽富,梁建莉,等. 翠云草的化学成分及药理作用研究概况[J]. 广西中医药大学学报,2014(3):67-69.
- [2] 郑俊霞,郑扬,颜秋萍,等. 翠云草总黄酮的提取工艺研究[J]. 中药材,2011(12):1940-1942.
- [3] 赖红芳,温晓娟. 果胶酶法提取翠云草中总黄酮的工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志,2012(23):34-36.
- [4] 乔家法,俞冰. 翠云草水提液的祛痰止咳作用研究[J]. 浙江中医药大学学报,2012(5):563-565.
- [5] 应华忠,王德军,徐孝平,等. 翠云草平喘作用的实验研究[J]. 江西科学,2004(5):379-381.
- [6] 黄莉洁. 观赏蕨类卷柏:翠云草的引种栽培和繁殖技术[J]. 农业研究与应用,2011(5):80-82.
- [7] KEARA A F. Light and temperature signal crosstalk in plant development[J]. Current Opinion in Plant Biology,2008,121:63-68.
- [8] 蒲高斌,刘世琦,刘磊,等. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 园艺学报,2005,32(3):420-425.
- [9] 张丕方,董崇楣,倪德祥,等. 光质对五种不同生活型植物的器官发生和生长的影响[J]. 武汉植物学研究,1989(4):339-344.
- [10] 孔云,王绍辉,沈红香,等. 不同光质补充对温室葡萄新梢生长的影响[J]. 北京农学院学报,2006(3):23-25.
- [11] 张斌斌,蔡志翔,沈志军,等. 光质对红叶桃叶片呈色的影响[J]. 果树学报,2013(4):602-607.
- [12] 张超. 不同光质对美国红栎叶色表达的影响[J]. 山西林业科技,2011(3):1-3,6.
- [13] 杨振德. 分光光度法测定叶绿素含量的探讨[J]. 广西农业大学学报,1996(2):145-150.
- [14] 崔晓静,肖建忠,关楠,等. 不同遮光处理对红叶石楠叶色表现的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2008,36(10):152-156.
- [15] 许莉,刘世琦,齐连东,等. 不同光质对叶用莴苣光合作用及叶绿素荧光的影响[J]. 中国农学通报,2007(1):96-100.
- [16] OHTO M, ONAI K, FURUKAWA Y, et al. Effects of sugar on vegetative development and floral transition in *Arabidopsis* [J]. Plant Physiology, 2001,127:252-261.
- [17] 李林,黄洁瑜,张水木,等. 不同遮荫处理对翠云草叶色变化的影响[J]. 分子植物育种,2015(5):1135-1140.

Effect of Different Light Quality Treatments of Leaf Color Change of *Selaginella uncinata*

ZHANG Shuimu¹, PENG Yuanyuan², LI Lin¹

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004; 2. College of Architecture and Urban Planning, Shenzhen University, Shenzhen, Guangdong 518052)

Abstract: Using half-year-old, well-grown pot plants of *Selaginella uncinata* as material, the effects of different light treatments on the changes of leaves color were studied. Four treatments were conducted as follows: green light treatment (denoted as R_1), red light treatment (denoted as R_2), yellow light treatment (denoted as R_3), purple light treatment (R_4), and white light treatment (denoted as R_0) as the control. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, chlorophyll a/b, carotenoid, anthocyanin within the leaves were determined after six months of light treatments. The results showed that for R_1 , the content of anthocyanin was the highest, and the leaves were special blue-green; for R_0 , the content of carotenoid was the highest, while the content of anthocyanin was the lowest, thus, leaves were red. Variance analysis indicated that different light treatments had significant effects on the content of anthocyanin within the leaves of *Selaginella uncinata*, while the effects on the contents of chlorophyll and carotenoid were indistinctive.

Keywords: *Selaginella uncinata*; different light quality treatments; change of leaf color