

三种生物染色剂对银边吊兰植株生长及膜脂过氧化系统的影响

张永福,牛燕芬,赵 凤,韩 丽,王定康,李 颖

(昆明学院 农学院,云南 昆明 650214)

摘 要:以银边吊兰为试材,研究了不同浓度(0、0.5、1.0、2.0 mmol·L⁻¹)的3种生物染色剂(甲基橙、甲基紫、中性红)对其植株生长及膜脂过氧化系统的影响。结果表明:经3个浓度的甲基紫及0.5 mmol·L⁻¹的甲基橙和中性红处理后,银边吊兰的生物量、根系长度、叶片长度和叶片宽度均显著大于对照(CK),2.0 mmol·L⁻¹处理则使以上形态指标显著小于CK,而1.0 mmol·L⁻¹处理后则与CK差异不显著。处理后,叶片丙二醛、过氧化氢含量、氧自由基产生速率及过氧化物酶(POD)活性在整个试验期间均高于CK,且随着浓度的增加和时间的延长有明显的上升趋势;叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性随着时间的延长有先上升后下降的趋势,但2.0 mmol·L⁻¹处理的活性低于低浓度处理的活性,表明此时抗氧化系统已开始紊乱。综上,结合染色剂对植株生长和膜脂过氧化系统的影响来看,1.0 mmol·L⁻¹的甲基橙、甲基紫和中性红比较适合银边吊兰的活体染色。

关键词:银边吊兰;生物染色剂;植株生长;膜脂过氧化;生物量

中图分类号:S 681.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)11-0075-08

吊兰(*Chlorophytum comosum* (Thunb.) Baker)属百合科(Liliaceae)多年生常绿草本植物,其叶细长柔软,长有小植株的匍匐茎从叶腋中抽生,且由花盆边沿向下垂,舒展散垂,似仙鹤展翅跳跃,故有“折鹤

兰”之美称。吊兰不仅是居室内装饰极佳的悬垂观叶植物,也是一种良好的室内空气净化花卉,有“绿色净化器”之美称^[1]。

银边吊兰(*Chlorophytum comosum* var. *variegatum*)为吊兰的园艺栽培变种,其叶边缘为白色,中间绿色,具有较高的观赏和装饰价值,可常年养护,无季节限制,但其色彩单一,若能增加边缘色彩,将是家庭装饰植物的首选。若通过基因工程等育种手段来改变植株颜色,则成本较高,且需要较长时间,

第一作者简介:张永福(1981-),男,博士,副教授,研究方向为园艺植物抗性生理。E-mail:123017360@qq.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31660559);云南省高校优势特色重点学科(生态学)建设资助项目。

收稿日期:2017-03-07

Abstract: The annual hardwood of *Corylus heterophylla* × *Corylus avellana* was selected as cuttings, the effects of different concentrations of IBA and ABT 1 on cuttings individually or combinedly for 3 hours on rooting of cutting container were investigated. The results showed that ABT 1 with 100 mg·L⁻¹ was the best in all the treatments, the rooting percentage was 77.22%, average primary lateral root number of cuttings was 10.33, average root length was 8.25 cm, the thickest root diameter was 1.91 mm, compared with the control significantly increased by 22.19 times, 2.87 times, 2.99 times, 3.55 times; the suitable concentration of IBA was 400 mg·L⁻¹, the rooting percentage was 25.00%; the suitable concentration of the combined treatment of IBA and ABT 1 was 100 mg·L⁻¹ IBA + 25 mg·L⁻¹ ABT 1, the rooting percentage was 20.00%. In addition, the suitable treatment was steeping the cuttings for 3 hours with 100 mg·L⁻¹ ABT 1 for *Corylus heterophylla* × *Corylus avellana* hardwood on rooting of cutting container.

Keywords: hormones; *Corylus heterophylla* × *Corylus avellana*; hardwood; container; cutting

难以在短时间内达到增加植株颜色的效果,因而,对活体植株进行人工染色成为改变色彩的一个捷径^[2]。

目前,我国花卉活体染色领域仅对水仙^[3]、月季^[4]、马蹄莲^[5]、香石竹^[6]、菊花^[7]、百合^[8]和满天星^[9]等鲜切花有少量报道,并未见有对整个生长中植株进行活体染色的研究报道。植物活体染色中,常用的化学染色剂仅有甲基紫、中性红 2 种^[4],但为了获得橙色叶片的植株,该研究除了选用甲基紫和中性红外,还选用甲基橙共 3 种生物染色剂作为银边吊兰活体染色的染料。

通过活体染色可提高银边吊兰的观赏价值,丰富叶色,满足现代人不断变化的需求心理,为银边吊兰的生产和科研提供科学依据,但不同浓度的活体染色剂进入银边吊兰体内是否会对植株生长造成影响,是否会影响植株的膜脂过氧化系统,以及适宜的药剂浓度是多少等问题到目前为止,均鲜见相关报道。为此,该研究首次选用银边吊兰的活体植株作为研究材料,通过使用不同浓度的甲基橙、甲基紫和中性红 3 种染色剂处理,旨在探明 3 种生物染色剂被银边吊兰吸收后是否会对植株生长及膜脂过氧化系统造成影响,并筛选出适宜的处理浓度。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试银边吊兰扦插苗取自昆明学院农学院阳光中庭,于 2015 年 4 月初,剪取匍匐茎上簇生茎叶进行扦插培养。2015 年 6 月初,挑选生长健壮、大小均匀一致、根系发达、无病虫害的扦插苗移植于 12 cm×15 cm 的营养钵中,每钵种植 1 株,基质为草炭:蛭石:珍珠岩=3:1:1,把营养钵放置于长、宽、高分为 120 cm×20 cm×20 cm 的塑料方槽中,每槽放置 10 个营养钵,槽中的 Hoagland's 营养液(pH 6.5)每 3 d 更换一次。

1.2 试验方法

移栽后缓苗 7 d,在 Hoagland's 营养液中加入不同种类和不同浓度的生物染色剂进行处理,具体如下:T1 为 0.5 mmol·L⁻¹ 甲基橙,T2 为 1.0 mmol·L⁻¹ 甲基橙,T3 为 2.0 mmol·L⁻¹ 甲基橙,T4 为 0.5 mmol·L⁻¹ 甲基紫,T5 为 1.0 mmol·L⁻¹ 甲基紫,T6 为 2.0 mmol·L⁻¹ 甲基紫,T7 为 0.5 mmol·L⁻¹ 中性红,T8 为 1.0 mmol·L⁻¹ 中性红,T9 为 2.0 mmol·L⁻¹ 中性红,以不加任何染色剂为对照(CK)。每 50 株苗为 1 个处理,3 次重复。从处理后的第 10 天开始测定各项指标,共测定

6 次,样品为生长健壮、无病虫害、新鲜的植株和叶片,测定指标包括总生物量、叶长、叶宽、植株高度、丙二醛含量、过氧化氢含量、氧自由基产生速率、过氧化物酶(POD)活性以及超氧化物歧化酶(SOD)活性。

1.3 项目测定

总生物量采用天平(精度为 0.01 g)称量,根长、叶长和叶宽采用直尺测量。丙二醛含量测定采用双组分分光光度法,过氧化氢含量测定采用硫酸钛-浓氨水法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑光反应法^[10]。此外,过氧化物酶活性的测定采用愈创木酚-双氧水显色法,氧自由基产生速率的测定采用对氨基苯磺酸-α-萘胺显色法^[11]。

1.4 数据分析

试验数据采用统计软件 SPSS 20.0 进行 Duncan's 新复极差检测($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 3 种生物染色剂对银边吊兰总生物量的影响

从表 1 可以看出,在处理的第 10 天,T1、T4、T5、T7 处理的总生物量显著大于 T3、T9 处理,而 T2、T6、T8 处理和 CK 则与其它处理无显著差异。在处理的第 20 天,T1、T7 处理的生物量显著高于 T3、T6、T9 处理。在处理的第 30 天和第 50 天,T1、T7、T8 处理的生物量显著大于 T3、T6、T9 处理和 CK,其中 T3、T9 处理显著小于其它处理。在处理的第 40 天,T1、T7 处理的生物量显著高于 T2、T3、T5、T6、T9 处理和 CK,同样 T3、T9 处理显著低于其它处理。在处理的第 60 天,T1 处理的生物量显著大于除 T7 处理外的所有处理,其中比 CK 大 15.04 g;而 T3、T9 处理则显著低于其它处理,其中分别比 CK 小 14.38、12.73 g。

此外,从表 1 还可以看出,各处理的生物量均随时间的增长而呈增长趋势,但增幅大小差异较大。从处理的第 10~60 天,增幅最大的是 T1 处理,增加了 130.17%,增幅最小的是 T3 处理,仅增加了 16.21%。综上,3 个浓度的甲基橙及 0.5 mmol·L⁻¹ 甲基橙和中性红处理对银边吊兰生物量的积累有明显促进作用,而 2.0 mmol·L⁻¹ 的甲基橙和中性红则明显抑制生物量积累。

2.2 3 种生物染色剂对银边吊兰根系长度的影响

由表 2 可知,在处理的第 10、20 天时,T1、T4、T5、T7、T8 处理的根系长度显著长于 CK,尤其是 T1 处理,分别比 CK 长 3.27、4.71 cm。在处理的第 30 天,T1、T7、T8 处理的根系长度显著长于 CK。在处理

表 1 3 种生物染色剂对银边吊兰植株总生物量的影响

Table 1 Effect of three biological stains on plant total biomass of <i>Chlorophytum comosum</i> var. <i>variegatum</i> g						
处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	21.38±1.97a	25.14±1.20a	29.99±2.33a	38.48±2.27a	43.06±3.67a	49.21±3.43a
T2	19.72±1.04ab	22.07±2.09ab	25.48±2.18ab	29.39±2.09b	32.51±2.72c	35.29±2.76c
T3	17.03±1.36b	17.47±1.47b	18.06±1.76c	18.52±1.45d	19.62±1.33e	19.79±1.04d
T4	20.22±1.21a	23.08±1.96ab	26.17±2.09ab	32.76±2.50ab	38.29±2.97a	44.07±2.36b
T5	21.07±2.03a	23.11±2.15ab	25.23±2.22ab	28.42±2.18b	36.17±2.04b	42.39±2.19b
T6	19.28±1.57ab	20.04±1.63b	23.54±1.64b	25.91±2.31bc	31.48±2.18c	37.64±2.47c
T7	20.39±0.99a	24.05±2.01a	27.83±1.73a	35.57±2.96a	39.09±2.59a	46.01±3.18ab
T8	19.98±1.86ab	23.18±2.18ab	27.04±2.27a	33.62±1.74ab	38.04±2.13a	40.80±3.40b
T9	17.44±1.29b	18.65±1.35b	19.03±0.89c	19.97±1.20d	20.69±1.07e	21.44±1.35d
CK	18.35±0.72ab	20.34±1.71ab	22.07±2.13b	23.85±1.83c	26.64±1.25d	34.17±2.71c

注:表中同一列数字旁不同字母表示通过 Duncan 新复极差检验差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters of the same column indicate by the Duncan new complex difference test difference significant at 0.05 level. The same below.

表 2 3 种生物染色剂对银边吊兰根系长度的影响

Table 2 Effect of three biological stains on root length of <i>Chlorophytum comosum</i> var. <i>variegatum</i> cm						
处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	9.27±0.59a	13.49±1.07a	15.28±0.94a	17.81±1.13a	19.34±1.32a	20.92±1.94a
T2	6.45±0.29d	8.07±0.78b	9.03±0.72c	11.69±0.69c	12.06±0.93c	14.72±1.57b
T3	4.98±0.33e	5.72±0.44c	5.77±0.45d	6.03±0.43d	7.43±0.51d	8.86±0.86c
T4	8.28±0.20b	11.78±0.86a	13.56±0.89ab	15.06±1.39ab	16.56±1.09b	18.29±1.38a
T5	8.16±0.34b	12.28±0.71a	13.37±1.04ab	15.20±0.79ab	17.93±0.74ab	19.47±1.53a
T6	6.51±0.26cd	9.06±0.53b	11.74±0.77b	14.94±0.91b	16.49±0.66b	18.29±1.52a
T7	7.50±0.25c	12.22±0.87a	14.72±1.17a	16.36±1.59ab	17.69±0.76ab	19.47±0.72a
T8	8.49±0.35ab	12.33±0.96a	15.17±0.87a	12.33±0.66c	15.17±0.87b	18.18±0.67a
T9	4.95±0.23e	5.78±0.44c	5.87±0.45d	6.33±0.43d	7.43±0.41d	8.86±0.86c
CK	6.00±0.31d	8.78±0.87b	10.44±0.68bc	11.78±0.87c	11.94±0.79c	12.28±0.87b

的第 40 天, T1、T4、T5、T6、T7 处理的根系长度显著长于 CK, 尤其是 T1 处理, 比 CK 长 6.03 cm。在处理的第 50 天和第 60 天, T1、T4、T5、T6、T7、T8 处理的根系长度显著长于 CK, 其中差异最大的 T1 处理分别比 CK 长 7.40、8.64 cm。此外, 在处理的各个时期, T3、T9 处理的根系长度均显著短于 CK。

从表 2 还可看出, 各处理的根系长度均随时间的增长而呈增长趋势, 但增幅大小差异较大, 从处理的第 10~60 天, 增幅最大的是 T6, 增加了 180.95%, 增幅最小的是 T9 处理, 仅增加了 78.99%。综上, 3 个浓度的甲基紫及 0.5 mmol·L⁻¹ 甲基橙和中性红处理对银边吊兰根系的生长有明显促进作用, 1.0 mmol·L⁻¹ 处理与 CK 相差不大, 而 2.0 mmol·L⁻¹ 处理则明显抑制根系的生长。

2.3 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片长度的影响

从表 3 可以看出, 处理的第 10 天, T1~T9 处理与 CK 叶片长度差异均不显著, 但 T1、T4、T5 处理显著长于 T2、T3、T9 处理。在处理的第 20 天, T1 处理

叶片长度显著长于 CK, 差值为 5.32 cm; 而 T3、T9 处理则显著短于 CK, 差值分别为 4.84、4.24 cm。在处理的第 30 天, T1、T4、T5、T7 处理的叶片长度显著长于 CK, 差值分别为 6.64、4.65、4.27、4.05 cm; 而 T2、T3、T9 处理则显著短于 CK, 差值分别为 3.26、6.11、5.33 cm。在处理的第 40 天, T1、T4、T5、T7 处理的叶片长度显著长于 CK, 而 T2、T3、T9 处理则显著短于 CK。在处理的第 50 天, 仅 T1 处理的叶片长度显著长于 CK, 而 T3、T9 处理均显著短于 CK。到处理的第 60 天, T1、T4、T5、T7 处理的叶片长度显著长于 CK, 而 T2、T3、T9 处理则显著短于 CK。

从表 3 还可以看出, 随着处理时间的增长, 各处理叶片长度均有增长趋势, 处理的第 60 天与处理的第 10 天相比, 增幅最大的是 T1 处理, 增加了 113.59%, 而增幅最小的是 T9 处理, 仅增加了 17.14%; 此外, 无论在处理的哪个时期, T1 处理的叶片长度均显著长于 CK。可见, 0.5 mmol·L⁻¹ 甲基橙、0.5 mmol·L⁻¹ 甲基紫、1.0 mmol·L⁻¹ 甲基紫和

0.5 mmol · L⁻¹ 中性红可显著促进银边吊兰叶片增长,其中以 0.5 mmol · L⁻¹ 甲基橙的效果最佳;而

1.0 mmol · L⁻¹ 甲基橙、2.0 mmol · L⁻¹ 甲基橙、2.0 mmol · L⁻¹ 中性红则显著抑制叶片增长。

表 3

3 种生物染色剂对银边吊兰叶片长度的影响

Table 3

Effect of three biological stains on leaf length of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*

cm

处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	14.86±1.55a	20.21±2.26a	22.90±1.68a	25.68±2.77a	28.12±3.39a	31.74±3.17a
T2	10.40±1.63b	12.82±2.07bc	13.00±1.64c	13.47±2.96c	15.99±2.06bc	16.45±2.11d
T3	10.05±1.18b	10.05±1.96c	10.15±2.56d	10.94±1.80c	11.56±2.25c	12.44±2.33e
T4	15.01±2.25a	18.01±1.48ab	20.91±2.91a	22.41±3.65a	25.84±2.72ab	29.49±2.09ab
T5	14.12±1.14a	17.63±3.23ab	20.53±2.06a	23.51±2.02a	26.22±1.93ab	28.73±2.45ab
T6	13.29±2.35ab	15.17±2.66b	18.99±2.63ab	20.23±1.94ab	22.39±2.91b	25.03±2.73bc
T7	13.76±2.04ab	17.63±3.05ab	20.31±2.87a	22.70±2.95a	25.80±1.67ab	27.86±1.82ab
T8	12.42±1.74ab	15.30±2.71b	17.72±2.14ab	18.98±2.67b	21.98±1.32b	24.53±2.34bc
T9	10.62±1.73b	10.65±1.96c	10.93±2.72d	11.07±1.64c	11.34±1.07c	12.44±2.33e
CK	13.10±2.72ab	14.89±1.02b	16.26±1.50b	17.38±2.16b	18.75±1.55b	20.98±1.83c

2.4 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片宽度的影响

表 4 表明,在处理的第 10 天,T1、T4、T5、T6、T7 处理的叶片宽度显著宽于 CK,尤其是 T1 处理,比 CK 宽 0.41 cm,其余各处理与 CK 差异不显著。在处理的第 20 天,T1、T4、T5、T6、T7 处理的叶片宽度显著宽于 CK,其中最宽的 T1 处理比 CK 宽 0.72 cm。从处理的第 30~60 天,T1、T4、T6、T7、T8 处理的叶片宽度均显著宽于 CK,而 T3、T9 处理处理则显著窄于 CK。

表 4

3 种生物染色剂对银边吊兰叶片宽度的影响

Table 4

Effect of three biological stains on leaf width of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*

cm

处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	1.74±0.12a	2.26±0.24a	2.48±0.21a	2.73±0.14a	2.78±0.19a	3.14±0.16a
T2	1.30±0.15cd	1.77±0.13bc	1.74±0.12c	2.21±0.18bc	1.94±0.12de	2.29±0.19b
T3	1.18±0.13d	1.40±0.17c	1.46±0.11d	1.78±0.20d	1.87±0.13e	1.77±0.07c
T4	1.59±0.06ab	1.94±0.19b	2.34±0.23ab	2.46±0.11ab	2.51±0.09bc	2.95±0.17a
T5	1.73±0.18a	1.90±0.14b	2.06±0.13b	2.25±0.18bc	2.32±0.15c	2.74±0.18ab
T6	1.66±0.10a	1.90±0.15b	2.24±0.12ab	2.50±0.16b	2.60±0.22ab	2.98±0.15a
T7	1.58±0.13ab	1.99±0.06ab	2.33±0.19ab	2.59±0.18ab	2.69±0.10ab	3.01±0.16a
T8	1.54±0.12bc	1.72±0.12bc	2.18±0.17b	2.47±0.18ab	2.59±0.27ab	2.96±0.05a
T9	1.12±0.13d	1.40±0.17c	1.46±0.12d	1.78±0.20d	1.87±0.13e	1.77±0.17c
CK	1.33±0.22cd	1.54±0.24c	1.78±0.13c	2.04±0.24c	2.01±0.09d	2.45±0.10b

2.5 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片丙二醛含量的影响

从表 5 可以看出,处理的第 10 天,除 T1 处理叶片丙二醛含量与 CK 差异不显著外,其余各处理均显著高于 CK,其中,T9 处理与 CK 的差值最大,达 1.55 μmol · g⁻¹。从处理的第 20~40 天,T1~T9 处理的丙二醛含量均显著大于 CK,其中 T9 处理与 CK 的差值最大。此外,随着处理时间的增

长,随着处理时间的增长,各处理的叶片宽度呈增宽趋势,其中,增幅最大的是 T8 处理,从处理的第 10~60 天增加了 92.21%,而增幅最小的则是 T3 处理,从处理的第 10~60 天仅增加了 50.00%;此外 T4、T7 处理的增幅均大于 CK(增幅为 84.21%),而 T1、T2、T5、T6、T9 处理的增幅均小于 CK。可见,相对而言,低浓度的染色剂能够促进银边吊兰叶片增宽,而高浓度则抑制增宽。

长,9 个处理的丙二醛含量均基本呈上升趋势,其中,上升幅度最大的是 T3 处理,从处理的第 10~60 天共上升了 72.22%,而上升幅度最小的是 T7 处理,仅上升了 15.41%。可见,不同浓度的染色剂处理均会增大银边吊兰叶片丙二醛含量,甲基橙和中性红的处理浓度越高,丙二醛含量也越高,但 3 个浓度的甲基紫对丙二醛含量的影响差别不大。

表 5 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片丙二醛含量的影响

处理	处理时间 Treatment time/d					
Treatment	10	20	30	40	50	60
T1	2.07±0.06e	2.50±0.21d	2.74±0.13c	2.55±0.12e	2.68±0.85e	3.10±0.34d
T2	2.65±0.16c	2.89±0.16cd	3.29±0.20b	3.77±0.16b	3.87±0.17c	4.19±0.38b
T3	3.06±0.24b	3.43±0.13b	3.76±0.23a	3.62±0.24b	4.03±0.28b	5.27±0.23a
T4	2.31±0.26d	2.55±0.20d	2.76±0.16c	3.06±0.19c	3.12±0.27d	3.50±0.04d
T5	2.34±0.20d	2.54±0.13d	2.51±0.23c	2.95±0.22c	3.33±0.23d	3.52±0.22d
T6	2.71±0.29c	2.85±0.12cd	2.87±0.16c	2.70±0.01d	3.54±0.12cd	3.85±0.20c
T7	2.92±0.24bc	3.01±0.31bc	3.21±0.11b	3.25±0.04c	3.29±0.16d	3.37±0.05d
T8	3.13±0.11b	3.29±0.20b	3.89±0.21a	4.06±0.14a	4.14±0.97b	4.51±0.47b
T9	3.48±0.17a	3.77±0.21a	3.99±0.14a	4.28±0.12a	4.86±0.30a	5.09±0.48a
CK	1.93±0.14e	1.72±0.10e	1.82±0.15d	1.67±0.03f	1.60±0.11f	1.59±0.14e

2.6 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片过氧化氢含量的影响

从表 6 可以看出,处理的第 10 天,T2~T9 处理叶片过氧化氢含量均显著高于 CK,其中,差值最大的是 T3 处理,比 CK 大 79.81 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在处理的第 20 天和第 40 天,除 T4 处理外,各处理的丙二醛含量均显著高于 CK。在处理的第 30、50、60 天

时,T2~T9 处理的过氧化氢含量均显著高于 CK。此外,从处理的第 10~60 天,除 T1 处理外,其余各处理的过氧化氢含量均有不同程度的上升,其中上升幅度最大的是 T9 处理,增幅为 31.24%。可见,3 种染色剂均会使银边吊兰叶片过氧化氢含量升高,相对而言,高浓度处理增高的幅度大于低浓度处理。

表 6 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片过氧化氢含量的影响

处理	处理时间 Treatment time/d					
Treatment	10	20	30	40	50	60
T1	209.66±18.38c	220.37±17.55d	218.62±4.90c	223.61±6.80b	201.98±13.83c	206.82±13.28d
T2	261.77±11.98a	299.05±5.05a	306.19±16.08a	279.89±19.77a	253.23±12.90ab	269.91±15.74c
T3	283.53±15.54a	269.87±2.65b	298.62±18.54a	295.28±7.72a	288.23±24.14a	295.41±26.71b
T4	228.82±12.27b	233.72±4.44d	234.26±8.75b	212.98±13.28bc	245.04±12.24b	289.54±29.63bc
T5	245.06±7.95b	241.15±8.19c	250.80±9.44b	219.00±12.98b	259.25±28.89ab	266.95±11.48c
T6	272.95±17.51a	280.93±2.73a	282.59±27.14ab	284.63±14.78a	263.38±20.99ab	278.09±12.78c
T7	235.84±16.26b	241.39±3.82c	258.74±13.31b	294.77±12.94a	269.66±6.56a	288.24±18.31bc
T8	247.78±5.97b	252.16±11.27c	264.01±5.50b	277.33±25.76a	270.30±12.11a	289.27±10.78bc
T9	250.99±7.36ab	264.02±3.86b	275.43±23.34ab	267.08±12.94a	289.91±10.76a	329.39±8.31a
CK	203.72±13.71c	186.56±4.02e	205.16±13.64c	207.09±4.81c	205.02±10.65c	204.91±19.44d

2.7 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片氧自由基产生速率的影响

从表 7 可以看出,从处理的第 10~60 天,T1~T9 处理的叶片氧自由基产生速率均高于 CK。在处理的第 10 天,仅 T3、T8、T9 处理与 CK 的差异达到显著性水平;在处理的第 20 天,仅 T2、T3、T8、T9 处理与 CK 的差异达到显著性水平;在处理的第 30 天,T2、T3、T5、T6、T8、T9 处理与 CK 的差异达到显著性水平;而在处理的第 40、50、60 天,所有处理与 CK 的差异均达到显著性水平。此外,从处理的第 10~60 天,T1~T9 处理的氧自由基产生速率均有不同程度的上升,其中上升幅度最大的是 T9 处理,增幅

为 60.28%,上升幅度最小的是 T7 处理,增幅仅为 10.67%。可见,3 种染色剂均会使银边吊兰叶片氧自由基产生速率加快,且高浓度处理的加快幅度大于低浓度处理。

2.8 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片过氧化物酶(POD)活性的影响

从表 8 可以看出,在处理的第 10 天和第 20 天,T2、T3、T8、T9 处理的叶片 POD 活性显著高于 CK。在处理的第 30 天,T3、T5、T6、T7、T8、T9 处理的 POD 活性显著高于 CK,其中 T8 处理与 CK 的差值最大,达 8.18 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,而 T1 则显著低于 CK。在处理的第 40 天和第 50 天,T2~T9 处理的

POD 活性均显著高于 CK。在处理的第 60 天, T1~T9 处理的 POD 活性均显著高于 CK, 其中 T3 处理与 CK 的差值最大, 为 $11.98 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。此外, 随着处理时间的增长, T1~T9 处理的 POD 活性均呈上升趋势, 从处理的第 10~60 天, POD 活性上

升幅度最大的是 T3 处理, 增幅为 185.05%, 而上升幅度最小的是 T1 处理, 增幅仅为 31.94%。可见, 3 种染色剂的 3 个浓度对银边吊兰的 POD 活性均有一定影响, 总体看来, 高浓度的影响大于低浓度。

表 7 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片氧自由基产生速率的影响

Table 7 Effect of three biological stains on oxygen free radical generation rate of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	64.33±4.12c	66.78±5.44c	65.39±7.31d	70.24±6.39c	72.18±5.09c	71.77±5.04c
T2	72.98±6.91bc	78.97±5.89b	85.55±9.03bc	90.32±8.25b	93.41±5.72b	97.46±9.27b
T3	102.72±8.79a	107.89±8.12a	114.63±8.74a	125.70±4.28a	141.33±10.80a	149.21±8.46a
T4	61.33±3.76c	70.22±6.53bc	72.35±5.88cd	79.74±5.07bc	80.12±7.38c	81.67±9.31bc
T5	61.24±7.21c	69.88±7.01bc	75.43±5.75c	77.59±6.22c	80.27±6.17c	82.39±6.22bc
T6	63.47±4.68c	68.23±5.94c	74.38±6.43c	76.99±6.31c	81.27±5.92c	84.29±7.06bc
T7	69.89±5.56bc	68.95±6.07c	72.33±4.89cd	75.18±7.04c	78.36±6.37c	77.35±4.79c
T8	78.32±7.23b	82.41±7.88b	86.46±7.90bc	90.27±8.75b	94.31±8.09b	101.24±5.57b
T9	98.75±8.92a	103.38±9.04a	119.25±10.01a	123.48±11.02a	140.46±11.33a	158.28±12.55a
CK	59.97±4.53c	62.16±6.15c	60.23±4.00d	58.15±4.32d	58.87±6.46d	60.44±4.96d

表 8 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片过氧化物酶活性的影响

Table 8 Effect of three biological stains on POD activity of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time/d					
	10	20	30	40	50	60
T1	5.51±0.12d	6.13±0.08b	6.04±0.43f	6.08±0.51e	7.04±0.71f	7.27±0.50e
T2	6.67±0.18a	7.06±0.13a	7.95±0.45de	8.06±0.62c	10.01±0.92d	12.31±0.62b
T3	6.42±0.03b	7.20±0.21a	12.07±0.75b	11.19±1.03b	15.13±1.02ab	18.30±1.67a
T4	5.24±0.23d	6.39±0.31b	7.12±0.10e	7.06±0.41d	8.08±0.51e	8.65±0.54d
T5	5.55±0.13d	6.14±0.10b	8.79±0.61d	8.08±0.33c	10.18±0.80d	10.42±1.10c
T6	5.51±0.19d	6.08±0.12b	10.38±0.33c	11.05±0.87b	12.20±1.04c	13.32±1.22b
T7	5.43±0.25d	6.10±0.24b	12.20±0.66b	10.44±0.69b	13.36±1.09bc	13.46±0.83b
T8	6.28±0.10c	7.11±0.27a	15.12±0.50a	15.06±1.02a	15.22±1.16ab	16.62±1.21a
T9	6.26±0.15c	7.14±0.10a	13.56±1.23ab	14.13±1.11a	16.16±1.21a	17.52±1.27a
CK	5.30±0.13d	6.04±0.31b	6.94±0.67e	6.05±0.52e	7.08±0.39f	6.32±0.31f

2.9 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

从表 9 可以看出, 在处理的第 10 天, T8 处理叶片 SOD 活性显著高于 CK, 而 T1、T2、T3、T4 处理则显著低于 CK。在处理的第 20 天, 除 T5 处理外, 其余处理的 SOD 活性均显著高于 CK, 其中, 与 CK 差值最大的是 T8 处理, 差值为 $36.08 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在处理的第 30 天, 仅 T7 处理的 SOD 活性显著大于 CK, 而 T3、T4、T5、T9 处理的 SOD 活性则显著低于 CK。在处理的第 40、50、60 天, 各处理的 SOD 活性均显著大于 CK, 其中差值较大的依次为 T9、T8、T2 处理。此外, 从处理的第 10~50 天, T1~T9 处理的 SOD 活性基本呈上升趋势, 而从处理的第 50~60 天, T2、

T3、T4、T5 处理仍然呈上升趋势, 但 T1、T6、T7、T8、T9 处理却呈下降趋势。

3 讨论与结论

活体染色新技术的出现为丰富花卉的花色类型提供了一条新的途径。随着经济社会的发展, 广大消费者产生了求新、求异的消费心理, 为满足消费者的这种心理, 近年来在国内外鲜切花市场上出现了通过人工染色获得的稀有鲜切花花色, 如月季“蓝色妖姬”, 而对盆栽植株整体进行染色还鲜有报道。该研究利用甲基橙、甲基紫和中性红对银边吊兰盆栽植株进行活体染色后发现, 从处理的第 10~60 天, 当浓度为 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 甲基橙和中性红能促进银边吊兰快速生长, 且均能使银边吊兰的总生物

表 9 3 种生物染色剂对银边吊兰叶片超氧化物歧化酶活性的影响

Table 9		Effect of three biological stains on SOD activity of <i>Chlorophytum comosum</i> var. <i>variegatum</i>					U · g ⁻¹
处理	处理时间 Treatment time/d						
Treatment	10	20	30	40	50	60	
T1	30.37±1.13c	38.25±1.02e	39.97±3.39b	52.85±4.69bc	92.56±9.94ab	83.10±8.39c	
T2	30.56±2.19c	38.97±2.46e	41.06±2.11b	47.57±2.29c	94.62±5.41a	129.78±9.87a	
T3	33.70±3.41c	36.51±2.03e	28.22±1.06d	43.48±3.22d	88.55±7.74b	98.21±6.19b	
T4	31.67±2.24c	42.68±3.07d	34.62±1.11c	59.46±3.41b	75.75±7.79c	99.57±4.40b	
T5	39.44±2.68b	34.42±3.83f	34.99±3.80c	64.83±3.37b	89.67±7.07ab	93.46±6.99bc	
T6	40.74±3.69b	49.75±2.58c	43.74±2.21b	69.49±3.16ab	96.02±1.38a	75.09±10.14cd	
T7	37.22±4.10b	37.73±1.72e	57.46±4.04a	48.04±1.81c	89.11±9.67ab	78.87±7.49cd	
T8	50.56±5.64a	67.26±2.02a	42.4±2.12b	68.10±4.09ab	94.71±3.66a	80.53±5.10c	
T9	42.04±3.40b	56.20±5.57b	34.87±1.44c	74.26±3.73a	87.71±1.96b	71.92±5.48d	
CK	39.07±4.02b	31.18±3.10f	41.47±4.31b	33.63±2.89e	45.19±7.11d	45.27±3.55e	

量、根系长度、叶片长度和叶片宽度显著大于 CK;但当浓度为 2.0 mmol · L⁻¹ 时,甲基橙和中性红严重抑制植株的生长,使上述指标均显著小于 CK;而当浓度为 1.0 mmol · L⁻¹ 时,甲基橙和中性红处理后植株的上述指标与 CK 差异不显著;此外,3 个浓度的甲基紫均能不同程度地促进银边吊兰的生长。可见,利用甲基橙、甲基紫、中性红对银边吊兰进行活体染色后,植株还能正常生长,且除生长速率发生改变外,并没有出现叶片萎蔫或焦枯现象,而与韩智豪等^[3]、刘立波等^[12]报道的鲜切花染色后花瓣容易出现萎蔫焦枯、缩短切花寿命的结果不一致,原因可能是由于该研究中的银边吊兰是整个植株,其生理代谢功能及抗逆性强于鲜切花。低浓度甲基橙和中性红及 3 个浓度的甲基紫能促进银边吊兰植株生长的内在机制还有待于进一步的研究。

植物在处于逆境胁迫下时,体内活性氧产生与清除系统失衡,导致细胞中活性氧的大量积累,致使植物膜脂、蛋白质和其它细胞组分受到伤害,甚至导致整个植株细胞死亡^[13]。丙二醛是膜脂过氧化的产物,其含量增加预示着植物细胞膜受到的伤害加剧,则常被用来指示植物受到伤害程度^[14],如张永福等^[15]发现,铝胁迫导致葡萄叶片丙二醛含量显著升高,且随着处理时间的增长,增加的幅度不断加大。该研究发现,生物染色剂进入银边吊兰体内也会导致其膜脂过氧化,其叶片丙二醛和过氧化氢含量以及氧自由基产生速率均会有不同程度的升高,导致生物染色剂胁迫。这种生物染色剂胁迫的程度与其使用浓度和胁迫时间密切相关,该研究发现,随着 3 种生物染色剂的浓度由 0.5 mmol · L⁻¹ 增加到 2.0 mmol · L⁻¹,其叶片丙二醛含量有明显的升高,此外从染色剂处理的第 10~60 天,各处理的丙二醛含量也有大幅度升高,这与干旱胁迫下吊兰叶

片丙二醛含量的变化情况一致^[16]。

逆境胁迫下,植物体内将会产生和积累大量的氧自由基和过氧化氢,而细胞中过氧化氢的积累会降低二氧化碳的同化效率,尤其是过氧化氢和氧自由基通过 Haber-Weiss 反应会产生更多的活性氧,所以及时清除过氧化氢对防止活性氧伤害十分重要。通常,植物会通过各种抗氧化酶的联合作用而清除氧自由基,以降低其伤害,如超氧化物歧化酶(SOD)可消除氧自由基,而过氧化物酶(POD)可有效降低植物组织中过氧化氢的浓度^[17-18]。当植物受到轻度逆境胁迫时,抗氧化酶活性会迅速升高,以加大对活性氧的清除能力,但当逆境胁迫增大到一定的程度时,抗氧化系统的平衡遭到破坏,抗氧化酶活性受抑,体内活性氧大量积累,导致有机体受损,因此,抗氧化酶活性也是反映植物抗逆性强弱的重要指标^[19]。大量研究均发现逆境胁迫下,植物体内过氧化氢含量和氧自由基产生速率大幅度升高^[16,20-21]。该研究发现,染色剂被银边吊兰吸收后,促使其叶片产生大量的过氧化氢,并加速了氧自由基产生的速率,且其含量和产生速率随染色剂浓度的增大和处理时间的延长而增大;同时,银边吊兰叶片的 SOD 活性和 POD 活性也有不同程度的上升,其中,SOD 活性在 2.0 mmol · L⁻¹ 浓度下有降低的趋势,说明其逆境伤害较大,活性氧代谢系统已经开始紊乱,而 POD 活性在 2.0 mmol · L⁻¹ 浓度下且有大幅度的升高,而 POD 还具有催化植株老化,延缓生长的功能,在 2.0 mmol · L⁻¹ 浓度下银边吊兰生长缓慢的原因可能与此有关。

参考文献

- [1] 余亚白,陈源,赖呈纯,等.室内空气净化植物的研究与利用现状及应用前景[J].福建农业学报,2006,21(4):425-429.
- [2] 韩科厅,胡可,戴思兰.观赏植物花色的分子设计[J].分子植物

育种,2008,6(1):16-24.

[3] 韩智豪,朱艳,鲁婷,等.常用染色剂对水仙的染色效应[J].农业工程技术,2013(5):58-60.

[4] 李宁义,韩艳茹,常秀丽,等.月季鲜切花染色技术的研究[J].温室园艺,2005(10):24-25.

[5] 杨志明.马蹄莲鲜切花染色技术的研究[J].北方园艺,2006(5):120-121.

[6] 章玉平,刘武,朱运美,等.7种食用色素对香石竹的染色效应[J].河北农业科学,2008,12(5):26-27,29.

[7] 刘立波,岳君,窦海洋,等.菊花鲜切花染色技术的研究[J].吉林农业大学学报,2004,26(6):642-643,648.

[8] 王华,耿进华.百合切花染色技术的研究[J].安徽农学通报,2007,13(5):66-66,15.

[9] 章玉平.食用色素对满天星切花的染色效应[J].安徽农学通报,2008,14(15):136-137,54.

[10] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.

[11] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.

[12] 刘立波,岳君,窦海洋,等.菊花鲜切花染色技术的研究[J].吉林农业大学学报,2004,26(6):642-643,648.

[13] 秀妹,刘信宝,李志华,等.不同水分胁迫下水杨酸对分枝期扁蓊豆生长及光合生理的影响[J].草业学报,2012,21(6):82-93.

[14] 樊瑞苹,周琴,周波,等.盐胁迫对高羊茅生长及抗氧化系统的影响[J].草业学报,2012,21(1):112-117.

[15] 张永福,任祺,陈泽斌,等.水杨酸对缓解葡萄苗铝毒害的生理机制[J].华北农学报,2015,30(1):182-187.

[16] 贾学静,董立花,丁春邦,等.干旱胁迫对金心吊兰叶片活性氧及其清除系统的影响[J].草业学报,2013,22(5):248-255.

[17] 付畅,关琦,徐娜.盐胁迫对野生和栽培大豆中抗氧化酶活性的影响[J].大豆科学,2007,26(2):144-148.

[18] GAJEWSKA E, SKŁODOWSKA M. Effect of nickel on ROS content and antioxidative enzyme activities in wheat leaves[J]. Bio Metals, 2007,20:27-36.

[19] 欧晓明,雷满香,王晓光,等.新杀虫剂 HNPC-A9908 对蛋白核小球藻生理生化特性的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(1):154-158.

[20] 林琪,侯立自,韩伟,等.干旱胁迫对小麦旗叶活性氧代谢及灌浆速率的影响[J].西北植物学报,2004,23(12):2152-2156.

[21] 华春,周泉澄,张边江,等.毕氏海蓬子和盐角草幼苗对 PEG-6000 模拟干旱的生理响应[J].干旱区研究,2009,26(5):702-707.

Effect of Three Biological Stains on Plant Growth and Membrane Lipid Peroxidation System of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*

ZHANG Yongfu, NIU Yanfen, ZHAO Feng, HAN Li, WANG Dingkang, LI Ying

(School of Agriculture, Kunming University, Kunming, Yunnan 650214)

Abstract: *Chlorophytum comosum* var. *variegatum* was used as test material, the effect of three biological stains (methyl orange, methyl violet and neutral red) of different concentration ($0, 0.5, 1.0, 2.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) on plant growth and membrane lipid peroxidation system were studied. The results showed that after treatment with the three concentrations of methyl violet and $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ of methyl orange and neutral red, biomass, root length, leaf length and leaf width of *Chlorophytum comosum* var. *variegatum* were significantly larger than those of control (CK), after $2.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment, the above morphological indicators were significantly less than CK, whereas after $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment and CK were not significantly different. After treatment, MDA, H_2O_2 content, oxygen free radical production rate and peroxidase (POD) activity of leaves were higher than CK during the whole experiment, and with the increase of concentration and time, there was an obvious upward trend; the superoxide dismutase (SOD) increased first and then decreased with time, but the activity of $2.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ treatment was lower than that of low concentration, which indicated that the antioxidant system was beginning to disorder. Thus, combined with the effect of dying agent on plant growth and membrane lipid peroxidation system, $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ methyl orange, methyl violet and neutral red were more suitable for *Chlorophytum comosum* var. *variegatum* intravital staining.

Keywords: *Chlorophytum comosum* var. *variegatum*; biological stain; plant growth; membrane lipid peroxidation; biomass