

三氯化镧对一品红组培苗抗寒性的影响

段晓宇¹, 唐敏², 汪维双¹, 王玲¹

(1. 四川农业大学 风景园林学院, 四川 温江 611130; 2. 成都农业科技职业学院 实践教学中心, 四川 温江 611130)

摘要:以一品红(*Euphorbia pulcherrima*)“天鹅绒”为试材,在基本培养基(1/2MS+IAA (1.2 mg/L)+琼脂(7.2 g/L)+蔗糖(30 g/L))中添加不同浓度三氯化镧(LaCl_3),移栽后置于3℃低温条件下进行胁迫,研究了不同浓度 LaCl_3 对低温逆境下一品红组培苗生理生化指标影响及低温胁迫下 LaCl_3 对组培苗抗寒性调控机制。结果表明:适当浓度的 LaCl_3 能不同程度提高游离脯氨酸(Pro)、可溶性糖、可溶性蛋白含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性,降低低温胁迫后丙二醛(MDA)含量。 LaCl_3 能通过增强渗透调节能力和细胞清除活性氧能力,促进体内保护酶活性提高,降低膜脂过氧化程度,最终明显提高其低温抵御能力。 LaCl_3 适宜的最佳使用浓度为0.5~10 mg/L。

关键词:三氯化镧(LaCl_3);一品红;低温胁迫;生理生化特性

中图分类号:S 685.23 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)09-0073-05

一品红(*Euphorbia pulcherrima*)为大戟科大戟属花卉,多采用扦插、组织培养繁殖^[1-5],但无论是扦插苗还是组培苗,冬季室外均受冷害侵扰,特别是在夜间伤害更重,导致其观赏价值降低,甚至死亡。因此研究提高一品红抗寒性的有效方法、进一步扩大种植范围、提升商

业价值是当前生产急需解决的问题之一。

稀土元素在农作物和园艺作物中的应用及其对作物生长发育、生理生化效应的研究表明,低浓度的稀土元素,可以促进作物的新陈代谢活动,促进种子萌发、植株生长,利于作物对营养物质的吸收和叶绿素合成,增强作物抵御逆境伤害等作用^[6-14],这已在小麦(*Triticum aestivum*)、菜豆(*Phaseolus vulgaris*)、玉米(*Zea mays*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)、细茎石斛(*Dendrobium moniliiforme*)、流苏石斛(*Dendrobium fimbriatum*),

第一作者简介:段晓宇(1981-),女,在读博士,研究方向为植物生理学。E-mail: dxy861179@163.com.

基金项目:四川农业大学院级专项资助项目(64070113)。

收稿日期:2012-12-13

Study on Purified Efficiency of Plants on COD Removal from Domestic Sewage and the Change of DO

ZHAO Yan¹, QI Ji-zhong¹, WANG Xu-he²

(1. College of Forestry, Beihua University, Jilin, Jilin 132013; 2. Jilin Garden Management Office, Jilin, Jilin 132013)

Abstract: Taking 19 species of wetland plants along the Songhua river in Jilin city as test materials, the purification efficiency of chemical oxygen demand (COD) and the change of dissolved oxygen (DO) of domestic sewage was researched in this paper. The results showed that plants could purify domestic sewage, and the purification ability was varied in different species. *Coleus blumei* Benth. could effectively reduce content of chemical oxygen demand (COD), the highest removal efficiencies for COD was 95.18%; *Oenanthe javanica* (Blume) DC. had better efficiency to increase dissolved oxygen (DO) in sewage, and the maximum increase was 262.22%; *Rumex patientia* L. var. *callosus* F. Schmidt, *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Coleus blumei* Benth., *Polygonum persicaria* L., *Oenanthe javanica* (Blume) DC. may be used as plants for the construction of domestic sewage purification landscape, because these plants had better comprehensive capacity for domestic sewage purification of removal of chemical oxygen demand and increase of dissolved oxygen.

Key words: plants; purification; chemical oxygen demand (COD); dissolved oxygen (DO); landscape design

黑麦草(*Lolium perenne* L.)、短穗鱼尾葵(*Caryota mitis* Lour.)、董棕(*Caryota urens*)等多种植物中得以证实,且供试植物品种、稀土种类和处理方式不同,提高的程度和稀土适宜浓度也不同。可以假设,LaCl₃亦能通过多种机制提高一品红组培苗对低温胁迫的抵御能力,进而提升商业价值。该研究选择稀土元素中最重要、最活泼的La³⁺,通过模拟自然低温,在一品红组培苗转入3℃低温胁迫前,用不同浓度LaCl₃处理,研究LaCl₃对一品红组培苗受低温胁迫后多种生理生化特性的影响,包括渗透调节物质含量、膜脂过氧化产物丙二醛含量和多种抗氧化酶活性,以探讨利用LaCl₃提高一品红抗寒能力的可行性及机制,对了解组织培养完成后移栽过程中一品红抗寒能力的形成机制具有重要的理论意义,对育苗实践中一品红组培苗抗寒能力的提高也具有指导作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为经过继代培养的长势相近、株高约2 cm左右的一品红“天鹅绒”品种无菌苗丛,每株真叶3~4片。

1.2 试验方法

试验在四川农业大学成都校区试验基地(103°51'E, 30°42'N)进行。以1/2MS+IAA(1.2 mg/L),附加琼脂(7.2 g/L)、蔗糖(30 g/L)作为基本培养基。在基本培养基中添加不同浓度的LaCl₃,每个浓度接30瓶,每瓶接2苗。每处理3次重复。LaCl₃质量浓度分别为0、0.5、5、10、15、25、35、45 mg/L。培养温度(25±2)℃,光照强度1 000~1 500 lx,光照时间12 h/d,培养时间50 d。50 d后分别于室内、室外练苗10 d,之后移栽至灭菌处理的基质(泥炭:珍珠岩:蛭石=3:1:1)中,移栽所用容器为直径10 cm×高12 cm的反边塑料盆,每盆移栽2株幼苗。

移栽10 d后将苗木连同栽培容器一起放入3℃人工气候箱中低温处理0、24、48 h后,在室温下恢复24 h,随后随机采集足够量的成熟叶片,立即测定各项生理生化指标。

1.3 项目测定

丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定;游离脯氨酸(Pro)含量采用茚三酮水杨酸提取,采用茚三酮显色法测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法测定;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法^[15]测定。

1.4 数据分析

试验数据采用SPSS 17.0统计软件进行数学统计分析,多重比较采用Duncan法进行。

2 结果与分析

2.1 LaCl₃对短期低温胁迫下一品红组培苗叶片渗透调节物质含量影响

2.1.1 LaCl₃对一品红组培苗Pro含量的影响 由表1可以看出,随胁迫时间增加,Pro含量均上升,但上升幅度因LaCl₃浓度、处理时间存在显著差异。除高浓度LaCl₃(35、45 mg/L)处理和CK外,胁迫前期(0 h)Pro含量快速上升,随后(24、48 h)上升速率减缓。低温0 h,Pro含量差异(除5 mg/L)均不显著,但随胁迫时间增加(24、48 h)显著性增强。低温24、48 h,0.5 mg/L LaCl₃处理表现最优,Pro含量分别比CK增加56.4%、16.0%,均极显著高于对照。高浓度LaCl₃(35、45 mg/L)处理,胁迫前与CK无显著性差异,随胁迫时间增长,Pro含量低于对照,低温24、48 h下,35 mg/L处理低于对照12.8%、1.7%;45 mg/L低于对照38.3%、1.7%。

表1 LaCl₃对一品红组培苗游离脯氨酸含量影响

Table 1 Effects of LaCl₃ on the content of Pro of *Euphorbia pulcherrima* plantlets in vitro

LaCl ₃ 浓度 LaCl ₃ concentration /mg·L ⁻¹	低温胁迫时间 Time of low temperature stress		
	0 h	24 h	48 h
CK	30.064±2.742Ba	39.569±0.792Cde	58.856±1.919Bb
0.5	45.603±4.189ABa	61.872±1.919Aa	68.270±2.473Aa
5	46.517±2.742Aa	58.137±2.288Aab	63.426±3.450ABab
10	35.549±16.679ABa	49.691±1.673Bbcd	62.055±5.708Bab
15	35.549±10.968ABa	56.350±2.079Aabc	59.953±2.644Bab
25	36.463±9.630ABa	49.213±10.313Bbcd	59.313±4.189Bb
35	30.979±3.166ABa	35.092±1.784CDef	57.861±3.428Bb
45	30.064±4.749Ba	28.602±1.038Df	57.850±0.881Bb

2.1.2 LaCl₃对一品红组培苗可溶性糖含量的影响 由表2可知,低温胁迫前LaCl₃对一品红可溶性糖含量增加有促进作用,但差异不显著。随胁迫时间增加,LaCl₃对可溶性糖含量影响加大,表现为低浓度促进,高浓度抑制。胁迫处理24 h,0.5~25 mg/L处理均能有效提高

表2 LaCl₃对一品红组培苗可溶性糖含量的影响

Table 2 Effects of LaCl₃ on the content of soluble sugar of *Euphorbia pulcherrima* plantlets in vitro

LaCl ₃ 浓度 LaCl ₃ concentration /mg·L ⁻¹	低温胁迫时间 Time of low temperature stress		
	0 h	24 h	48 h
CK	15.926±1.073Aa	22.062±9.137Aa	26.933±2.467Bab
0.5	23.935±9.890Aa	24.849±0.614ABa	27.355±0.707Bab
5	24.333±4.645Aa	31.359±8.962ABa	38.643±9.659Aa
10	18.525±0.177Aa	25.849±0.614ABa	28.010±3.668Bab
15	20.984±5.845Aa	25.200±1.572ABa	25.059±2.66Bab
25	22.694±0.562Aa	27.378±8.132ABa	26.582±0.884Bab
35	17.729±5.568Aa	18.830±4.567Ba	20.141±3.320Bb
45	18.666±6.308Aa	19.649±4.604Ba	19.228±9.395Bb

可溶性糖含量,但差异不显著;35、45 mg/L 处理则抑制可溶性糖增加,与 CK 相比均达显著性差异。胁迫处理 48 h,随 LaCl_3 浓度增加,与 CK 相比,可溶性糖含量先增加后减少,其中 5 mg/L 处理效果最优,比 CK 增加了 43.48%,达显著性差异。

2.1.3 LaCl_3 对一品红组培苗可溶性蛋白含量的影响

由表 3 可以看出, LaCl_3 处理对一品红组培苗可溶性蛋白含量有较大影响,随 LaCl_3 浓度增加,低温胁迫前(0 h)、中期(24 h)可溶性蛋白含量差异较后期(48 h)较大。低温 0 h,各浓度 LaCl_3 均提高了可溶性蛋白含量,除 0.5 mg/L 处理外,其余处理均极显著高于对照,其中 10、15、25 mg/L 处理效果较其它处理更优,比 CK 分别高出 31.95%、29.50%、35.08%。低温 24 h,10、15、25 mg/L 处理对可溶性蛋白含量的增幅进一步增大,分别是 CK 的 1.366、1.358 和 1.396 倍,且均达极显著差异。低温 48 h,可溶性蛋白含量增量减小,其最大值出现在添加 LaCl_3 25 mg/L 处,比对照高出 15.98% ($P<0.05$)。

表 3 LaCl_3 对一品红组培苗可溶性蛋白含量影响

Table 3 Effects of LaCl_3 on the content of soluble protein of *Euphorbia pulcherrima* plantlets in vitro

LaCl ₃ 浓度 LaCl ₃ concentration /mg · L ⁻¹	低温胁迫时间 Time of low temperature stress		
	0 h	24 h	48 h
CK	2.078±0.137De	2.395±0.037Cc	3.110±0.198Cb
0.5	2.208±0.132De	2.941±0.136Bb	3.254±0.141BCab
5	2.540±0.070Cb	3.042±0.080Bb	3.333±0.243ABCab
10	2.742±0.115ABab	3.272±0.095Aa	3.470±0.109ABab
15	2.691±0.119ABCab	3.252±0.074Aa	3.492±0.219ABab
25	2.807±0.022Aa	3.343±0.063Aa	3.607±0.057Aa
35	2.583±0.087BCab	2.283±0.062CDc	3.326±0.130ABCab
45	2.561±0.012BCab	2.237±0.014Dc	3.110±0.099Cb

2.2 LaCl_3 对短期低温胁迫下一品红组培苗叶片 MDA 含量影响

由表 4 可知,MDA 含量随胁迫时间增加而持续累

表 5

LaCl_3 对一品红组培苗叶片 SOD、POD 活性影响

Table 5 Effects of LaCl_3 on the activity of SOD and POD of *Euphorbia pulcherrima* plantlets in vitro

LaCl ₃ 浓度 LaCl ₃ concentration/mg · L ⁻¹	SOD			POD		
	0 h	24 h	48 h	0 h	24 h	48 h
CK	86.811±13.934Dcd	206.005±7.085Dd	235.500±6.074Cc	39.815±6.365BCb	61.960±3.265BCDabc	68.210±5.971ABab
0.5	117.218±9.122Cc	314.557±7.970Aa	324.590±23.512Aa	52.161±4.660ABab	70.810±4.537ABabc	88.426±5.689Aa
5	150.665±5.267Bb	279.590±0.912Bb	294.185±14.933ABab	61.420±1.414Aa	74.198±5.465ABab	79.012±7.207Aab
10	187.153±5.267Aa	287.495±2.296Bb	312.733±11.332Aab	45.670±1.336BCab	68.272±8.616ABCabc	75.309±5.523Aab
15	190.194±9.122Aa	278.981±5.935Bb	310.604±33.192Aab	50.617±7.640ABCab	67.701±5.915ABCabc	76.852±2.122Aab
25	171.950±9.122ABab	255.264±9.137Cc	277.157±4.591Bb	60.494±15.537Aa	79.213±13.822Aa	84.105±18.152Aa
35	89.852±9.122Dcd	199.012±6.407Dd	223.033±11.097Cc	41.821±1.336BCb	56.343±5.928CDbc	68.210±14.166ABab
45	83.770±27.868Dd	163.436±6.907Ee	212.999±12.067Cc	37.809±1.927Cb	51.975±5.391DC	52.778±14.080Bb

积,低浓度 LaCl_3 处理累积速度前期较慢后期较快,CK 在 0~48 h 胁迫过程中,MDA 增长速率变化不大。胁迫 24 h,低浓度 LaCl_3 处理(0.5~10 mg/L),MDA 含量均低于 CK,其中 5 mg/L 差异最大,比 CK 低 46.42%,中、高浓度(15~45 mg/L)则相反,45 mg/L 处理达到最大值,比 CK 高 66.92%。胁迫 48 h,低、中浓度(0.5~25 mg/L)MDA 含量低于 CK,5 mg/L 处为最小值,比 CK 低 38.78%,高浓度(35~45 mg/L)高于 CK,仍以 45 mg/L 处理含量最高,高出对照 14.99%。说明低温胁迫已使一品红叶片的细胞膜受到损伤,抗氧化能力降低。低、中浓度 LaCl_3 处理后 MDA 含量降低,表明膜系统的过氧化损伤得以部分恢复,从而增强了抵御低温的能力。

表 4 LaCl_3 对一品红组培苗 MDA 含量影响

Table 4 Effects of LaCl_3 on the content of MDA of *Euphorbia pulcherrima* plantlets in vitro

LaCl ₃ 浓度 LaCl ₃ concentration /mg · L ⁻¹	低温胁迫时间 Time of low temperature stress		
	0 h	24 h	48 h
CK	1.573±0.264Aa	2.621±0.134Aa	3.808±0.603Aa
0.5	1.487±0.948Aa	1.933±0.650Aa	3.194±0.597Aa
5	1.532±1.233Aa	1.790±1.660Aa	2.744±0.699Aa
10	1.501±1.277Aa	2.101±1.904Aa	2.879±1.083Aa
15	1.447±0.285Aa	2.858±2.846Aa	3.368±0.939Aa
25	1.611±1.169Aa	3.012±2.954Aa	3.786±0.404Aa
35	1.681±0.281Aa	3.627±0.822Aa	4.326±3.220Aa
45	1.636±1.228Aa	4.375±0.560Aa	4.379±1.594Aa

2.3 LaCl_3 对短期低温胁迫下一品红组培苗叶片抗氧化酶活性影响

由表 5 可知,随胁迫时间增加,各处理 SOD 活性均升高,胁迫前(0 h)、中(24 h)、后期(48 h)分别在 15、0.5、0.5 mg/L 处 SOD 活性最高,分别是对照的 2.191、1.527、1.378 倍,可以看出,随胁迫时间的增长, LaCl_3 对 SOD 活性增强效果减弱,与对照间差异逐渐减小。同 SOD 活性一样,随低温胁迫时间增长,POD 活性增高。低、中浓度(0.5~25 mg/L) LaCl_3 对 POD 活性增强有促

进效果,且在胁迫前、中期极显著(或显著)高于对照,胁迫后期则与对照差异不显著。低温 0、24、48 h, POD 活性分别以 5、25、0.5 mg/L 处理效果最好,比 CK 分别高出 73.56%、23.91%、29.64%。

3 结论与讨论

低温胁迫影响植物叶片细胞的正常功能和结构,细胞质和细胞器膜系统遭到破坏将导致代谢紊乱,结构和组织遭到破坏,进而在形态上出现症状^[16]。该研究结果表明,持续低温胁迫下使一品红叶片的各生理生化指标出现不同程度的变化,通过渗透调节物质含量变化和多种抗氧化酶活性的增强来提高其抵御低温的能力。

植物体内游离脯氨酸作为细胞质的渗透调节物,在低温逆境下平衡细胞代谢,保持细胞内环境相对稳定,降低质膜受冻害的程度^[17-18]。该研究结果表明,中、低浓度 LaCl_3 提高一品红叶片游离脯氨酸含量,表明一品红可通过渗透调节而增加其对低温胁迫的适应,这与前人关于茉莉^[19]、麻楝^[20]、西葫芦^[21]等研究结果一致,但该试验与以往研究的稀土处理最佳浓度不同,这可能是因为稀土类型、植物种类差异所致。前人进行稀土对植物生理生化影响研究的处理方式与该试验有同有异,大多数进行叶面喷施或灌根,但无论处理方式如何, LaCl_3 提高游离脯氨酸含量进而增强抗寒性的结论一致。

可溶性糖能够提高细胞液的浓度,增加细胞持水组织中的非结冰水,从而降低细胞质的冰点,还可缓冲细胞质过度脱水,保护细胞质胶体不至于遇冷凝固^[22-23]。Li 等^[24]提出,秋季随着气温下降苜蓿根中可溶性糖含量持续增加,尤其是在 11 月,豆科牧草根内会积累较多的可溶性糖,并在冬季保持较高水平。徐基艳等^[25]提出相反结论,指出可溶性糖含量的增加量受一定温度的限制,并不是随温度下降一直增加。该研究表明中、低浓度 LaCl_3 可增加一品红叶片可溶性糖含量,随胁迫时间增长而持续增加,这可能与胁迫时间较短,植物种类不同有关。

一般认为,植物可溶性蛋白升高有利于抗寒性提高,因为可溶性蛋白的增加可以束缚更多的水分,减少原生质内结冰失水而伤寒致死的机会^[26],但该结论存在争议,有人认为冷害加快蛋白质分解变性,其含量与抗寒性无关^[27]。该研究表明,低温处理后可溶性蛋白含量增加,并随胁迫时间增长持续累积,说明一品红可溶性蛋白含量与抗寒性之间有密切关系,低温胁迫下,一品红可形成新的蛋白质参与抗寒过程。另外,适宜浓度 LaCl_3 可进一步增加一品红叶片可溶性蛋白含量,从而增加植物体的抗寒性,这与潘澜等^[20]的研究结果有差异,可能与稀土、植物种类不同有关。

低温胁迫可引起植物细胞膜透性的改变,使细胞膜

的半透性降低或丧失,细胞内物质外渗,MDA 含量增加,低温下 MDA 含量变化可以反映细胞膜的受伤害程度。该研究发现,低温胁迫已使一品红叶片的细胞膜受到损伤,抗氧化能力降低,但低、中浓度 LaCl_3 处理后 MDA 含量低于对照,表明膜系统的过氧化损伤在 LaCl_3 影响下得以减轻,从而增强了抵御低温的能力,这与潘澜等^[20]、叶亚新等^[28]结论一致。同样,该试验与以往研究的 LaCl_3 处理的最佳浓度也不同。

植物的抗寒性与活性氧代谢关系密切,低温胁迫下植物体内会产生大量的 H_2O_2 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot\text{OH}$ 等活性氧自由基,这些活性氧可导致膜脂过氧化,进而造成膜系统的氧化损伤^[29]。而植物体内存在着一系列酶促的和非酶促的抗氧化剂以清除活性氧自由基,保护植物细胞免受活性氧的伤害,维持膜系统的稳定性,以增强植株的抗寒力。SOD、POD 等被认为是清除活性氧过程中最主要的抗氧化酶类,SOD 的主要功能是清除 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 并产生 H_2O_2 ,而 POD 可以清除体内的 H_2O_2 ,二者协作及时清除自由基,有利于维持植物体内的活性氧代谢平衡,从而使植物能在一定程度上忍耐、减缓或抵抗低温胁迫^[30]。该研究发现,低温诱导一品红 SOD、POD 活性提高,表明其为避免遭受低温伤害已做出适应性反应,也说明苗木在逆境下已生成了相应的氧自由基,氧自由基的产生可能已超过 SOD、POD 等抗氧化系统的清除能力,故部分未能清除的活性氧可能已引起膜脂过氧化,导致膜系统损伤(MDA 含量均增加)。相关研究发现, La^{3+} 诱导 SOD、POD 活性增加从而清除活性氧^[20,28]。中、低浓度 La^{3+} 处理后,一品红叶片一直保持较高的 SOD、POD 活性,说明适宜浓度 La^{3+} 可提高苗木对低温伤害的抵御能力,这可能是 La^{3+} 处理后的一品红 SOD、POD 保护酶形成一定的耐寒机制,能够使活性氧代谢处于一定的平衡,因而避免由于活性氧等自由基的大量积累而造成细胞膜严重破坏^[31]。

总之, LaCl_3 能提高低温胁迫下一品红苗木的 SOD、POD 保护酶活性,降低 MDA 含量,明显提高渗透调节物质含量,并最终提高其抗寒性,适宜的最佳使用浓度为 0.5~10 mg/L。

参考文献

- [1] 李畅,苏家乐,陶俊. 现代温室一品红高效栽培技术及效益分析[J]. 江苏农业科学,2010(6):273-275.
- [2] 柏新富,张萍,蒋小满,等. 一品红组培苗移栽期叶片生理与解剖变化[J]. 林业科学,2005,41(6):170-173.
- [3] 邵元健,周蒋陈. 一品红组培苗快繁技术的研究[J]. 北方园艺,2012(2):127-129.
- [4] 赵娟,王育选,温银元. 影响一品红试管苗生根的因素[J]. 山西农业科学,2007,35(6):62-64.
- [5] 马惠英. 一品红组培苗炼苗试验研究[J]. 甘肃科技,2010,26(11):156-157,188.
- [6] 陈远孟,白厚义,李杨瑞. 镧在主要农作物上的应用及生理生化作用

- [J]. 广西农业科学, 2003(6):14-17.
- [7] 童贯和, 刘天骄, 黄伟. 模拟酸雨及其酸化土壤对小麦幼苗膜脂过氧化水平的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(6):1509-1516.
- [8] 黄晓华, 周青. 镧对水培菜豆和玉米幼苗镧胁迫的缓解作用[J]. 中国稀土学报, 2005, 23(2):245-249.
- [9] 严重玲, 洪业汤, 王世杰, 等. 稀土元素对酸雨胁迫小麦活性氧清除系统响应的作用[J]. 作物学报, 1999, 25(4):504-507.
- [10] 高青海, 王秀峰, 史庆华, 等. 镧对硝酸盐胁迫下黄瓜幼苗生长及叶片抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5):976-980.
- [11] 段晓宇, 汪维双, 杨红, 等. 硝酸镧、硝酸铈对细茎石斛组培苗生长的影响[J]. 四川农业大学学报, 2012, 30(2):186-189.
- [12] 莫昭展, 曹福亮, 欧祖兰. 硝酸镧对流苏石斛试管苗生长的影响[J]. 南京林业大学学报, 2009, 33(4):158-160.
- [13] 刘建新, 王鑫, 胡浩斌, 等. 硝酸镧对碱胁迫下黑麦草幼苗生长和光合生理的影响[J]. 植物研究, 2010, 30(6):674-679.
- [14] 阮志平, 王芬芬, 黄全能, 等. 硝酸镧处理对短穗鱼尾葵幼苗耐寒性的影响[J]. 热带作物学报, 2011, 32(6):1055-1059.
- [15] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000:134-263.
- [16] 傅睿清, 高山, 许端祥, 等. 瓠瓜低温相关生理指标的研究[J]. 福建热作科技, 2008, 33(3):1-2.
- [17] 陈钰, 郭爱华, 姚延涛. 自然降温条件下杏品种蛋白质、脯氨酸含量与抗寒性的关系[J]. 山西农业科学, 2007, 35(6):53-55.
- [18] 崔红, 于晶, 高秀芹, 等. 3个紫斑牡丹品种的抗寒生理特性研究[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(7):24-27.
- [19] 何丽斯, 夏冰, 孟祥静. 茉莉对自然降温的生理生化响应[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(6):28-32.
- [20] 潘澜, 薛立, 刘斌, 等. 稀土对麻楝幼苗抗寒性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(8):773-778.
- [21] 边才苗, 王锦文. 镧对西葫芦幼苗模拟酸雨胁迫的缓解效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4):1030-1034.
- [22] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001:279-288.
- [23] 孟繁静, 刘道宏, 苏业瑜. 植物生理生化[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:366-369.
- [24] Li R, Volence J J, Joern B C, et al. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover and birdsfoot trefoil[J]. Crop Science, 1996, 36:617-623.
- [25] 徐基艳, 雷家军, 胡新颖. 地被菊抗寒生理生化特性研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(1):23-26.
- [26] 杨德浩, 杨敏生, 王进茂, 等. 欧洲白桦苗期低温胁迫时膜系统的变化[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(6):13-15.
- [27] 艾希珍, 于贤昌, 王绍辉, 等. 低温胁迫下黄瓜嫁接苗与自根苗某些物质含量的变化[J]. 植物生理学通讯, 1999, 35(1):26-28.
- [28] 叶亚新, 金进, 陈佳佳, 等. 镧对低温胁迫萝卜幼苗保护酶系统的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9):3503-3505.
- [29] Dat J, Vandenabeele S, Vranova E, et al. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses[J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2000, 57:779-795.
- [30] Gechev T, Willekens H, Montagu M V, et al. Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress[J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160:509-515.
- [31] 任向荣, 薛立, 王相娥, 等. 低温对6种绿化树种幼苗生理过程的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(6):56-60.

Effects of LaCl_3 on Cold Resistance of Tissue Culture Seedling of *Euphorbia pulcherrima*

DUAN Xiao-yu¹, TANG Min², WANG Wei-shuang¹, WANG Ling¹

(1. College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Wenjiang, Sichuan 611130; 2. Practice Teaching Center, Chengdu Vocational College of Agricultural Science and Technology, Wenjiang, Sichuan 611130)

Abstract: Taking *Euphorbia pulcherrima* as test materials, the regulation mechanism of LaCl_3 which was frost resistance under the stress of low temperature were discussed, in the basic medium (1/2 MS+IAA (1.2 mg/L)+agar (7.2 g/L)+sucrose (30 g/L)) adding different concentrations of LaCl_3 , the physiological and biochemical index influence of tissue culture seedling of *Euphorbia pulcherrima* were studied in different concentrations of LaCl_3 at low temperature of 3°C after transplanting. The results showed that the proper concentration of different degree LaCl_3 could improve free Pro, soluble sugar, soluble protein content and SOD, POD activity, and reduce MDA content. LaCl_3 could increase the protective enzyme activity through the enhancement of osmotic adjustment ability and osmoregulation and scavenging active oxygen and reducing the membrane lipid peroxidation level of *Euphorbia pulcherrima* under low temperature stress, resulting in an increase in the cold resistance of tissue culture seedling of *Euphorbia pulcherrima*. Appropriate concentration of LaCl_3 was 0.5~10.0 mg/L.

Key words: LaCl_3 ; *Euphorbia pulcherrima*; low temperature stress; physiological and biochemical characteristics