

研究报告 Original Papers

稀土对麻楝幼苗抗寒性的影响

潘澜¹, 薛立^{1*}, 刘斌¹, 许鹏波¹, 冯慧芳¹, 王敏²¹华南农业大学林学院, 广州510642; ²佛山市云勇林场, 广东高明528518

摘要: 在低温胁迫下采用不同浓度的稀土喷施叶面, 研究稀土对麻楝幼苗的抗寒性的影响。结果表明: 麻楝幼苗的相对电导率在300 mg·L⁻¹稀土处理后有所增加, 700~1 500 mg·L⁻¹处理组均显著下降或相对稳定。不同稀土浓度处理的麻楝幼苗的脯氨酸含量有不同程度的增加, 可溶性蛋白质含量保持稳定或小幅增加, 叶绿素含量增加或显著增加, SOD活性保持稳定。300 mg·L⁻¹稀土喷施叶面使幼苗的丙二醛含量增加, 而700~1 500 mg·L⁻¹稀土处理使丙二醛含量先有所增加, 然后减少或显著减少。用主成分分析对各浓度稀土处理的幼苗抗寒性进行评价, 得出1 500 mg·L⁻¹稀土处理后幼苗抗寒性最佳, 其次是1 000和700 mg·L⁻¹处理。

关键词: 低温胁迫; 麻楝; 抗寒; 稀土; 主成分分析

Effects of Rare Earth on Cold Resistance of *Chukrasia tabularis* A. Juss. SeedlingsPAN Lan¹, XUE Li^{1*}, LIU Bin¹, XU Peng-Bo¹, FENG Hui-Fang¹, WANG Min²¹College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Yunyong Forest Farm of Foshan City, Gaoming, Guangdong 528518, China

Abstract: The effect of rare earth solution on the cold resistance of *Chukrasia tabularis* seedlings was studied. The results showed that under low temperature stress, the relative electrical conductivity of the seedlings sprayed with 300 mg·L⁻¹ had a significantly increase, whereas those sprayed with 700–1 500 mg·L⁻¹ significantly decreased or fluctuated slightly. The content of free proline in seedlings sprayed with various concentrations of rare earth solution increased in a certain degree, the content of soluble protein remained stable or increased slightly, the chlorophyll content increased or significantly increased, and the SOD activity remained stability. The MDA content of seedlings sprayed with 300 mg·L⁻¹ increased, whereas that of seedlings sprayed with 700–1 500 mg·L⁻¹ increased initially and then decreased or decreased significantly. The cold resistance of seedlings treated with five concentrations of rare earth solution was evaluated by analysis of principal components, the seedlings treated with 1 500 mg·L⁻¹ rare earth solution had best cold resistance and then the cold resistance order was 1 000 and 700 mg·L⁻¹ treatments.

Key words: low temperature stress; *Chukrasia tabularis*; cold resistance; rare earth; analysis of principal components

大量研究表明, 稀土是具有生理活性的化学元素(何跃君和薛立2005), 具有调节植物体内生理活动的功能, 能够增强植物的抗逆性, 加速植物生长和提高产量(杨敏生等1994; 邵红建等2003)。长期以来, 稀土应用对象多侧重于农作物(果实或蔬菜), 只在少数林木上进行了试验研究(韦如萍等2005; 2009), 而稀土对苗木抗寒生理指标的影响鲜有报道。

麻楝是楝科(Meliaceae)麻楝属植物, 适宜作风景树、绿荫树和行道树; 也是国际性珍贵速生用

材树种, 木材质量佳, 用途广泛; 还是一种药用植物(周静等2004)。本研究用稀土溶液对麻楝苗木进行叶面喷施, 研究植物活体叶片的细胞膜活性、叶绿素含量、脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量、SOD活性和丙二醛含量, 旨在揭示稀土对麻楝苗木的生理生化影响, 也可以为稀土在幼苗的应用提供参考。

收稿 2009-12-12 修定 2010-04-30

资助 广东省林业局资助项目(F09054)。

* 通讯作者 (E-mail: forxue@scau.edu.cn; Tel: 020-38297160)。

材料与方法

试验所用麻楝(*Chukrasia tabularis* A. Juss.)袋装实生苗, 购于中国林业科学研究院热带林业研究所苗圃基地, 苗龄2个月, 平均地径和平均苗高分别为0.20 cm和7.83 cm。供试稀土由广州化学研究所提供, 为混合硝酸稀土(稀土氧化物含量 RE_2O_3 为25.16%)。

麻楝幼苗置于华南农业大学教学苗圃内, 用0(对照)、300、700、1 000和1 500 $mg \cdot L^{-1}$ 的稀土溶液进行叶面喷施, 喷量以全面喷施叶片但不滴水为度。隔10 d喷1次, 连续喷3次。如果喷施后次日下雨, 在天晴后补喷1次。将5组浓度的稀土溶液喷施3次后的麻楝幼苗分批放入人工气候箱中, 温度设置为6 $^{\circ}C$, 昼夜时长为11 h/13 h, 光照强度为100 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。分别在处理时间为0(对照)、1、5和10 d时取样测定各生理指标。相对电导率用电导率法测定。叶绿素含量测定采用分光光度法测定。脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮法。可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝G-250染色法。SOD酶活性测定采用NBT光化还原法。丙二醛含量测定采用硫代巴比妥酸法(陈建勋和王晓峰2002)。每种指标测定做3次重复。

为了综合评价不同浓度稀土处理的苗木抗寒

性, 采用主成分分析方法将变量较多而且变量间有相关关系的数据转换成一组变量数较少而且变量间相互独立的新数据, 由主成分的特征向量可计算出每个稀土浓度的主成分得分(抗寒分数)。由于主成分之间相互独立且有着不同的贡献率, 因此, 每个主成分得分就是其加权值, 其中权重就是主成分对应的贡献率(区靖祥和邱健德2002)。本研究的数据统计均采用Excel和SAS软件进行运算和统计分析。

结果与讨论

1 稀土对低温处理下麻楝幼苗相对电导率的影响

如图1所示, 未经稀土处理的麻楝幼苗相对电导率在低温处理后1、5、10 d都显著大于对照($P < 0.05$), 在10 d达到最大, 为40.07%, 比对照增加103.71%。表明幼苗受低温胁迫时, 可能引起细胞膜选择性的减弱, 细胞内部分电解质外渗, 导致电导率的增加。300 $mg \cdot L^{-1}$ 处理组在1、5、10 d都显著大于对照($P < 0.05$), 在低温处理后5 d达到最大值, 为49.11%, 后缓慢下降, 10 d时为45.03%, 比对照增加了57.06%。这种随着低温时间延长相对电导率有不同程度增加的现象, 反映了幼苗外渗电解质比较多, 可能是植株抗寒性较弱, 细胞膜受到伤害而引起了透性增加所致。700和1 000 $mg \cdot L^{-1}$

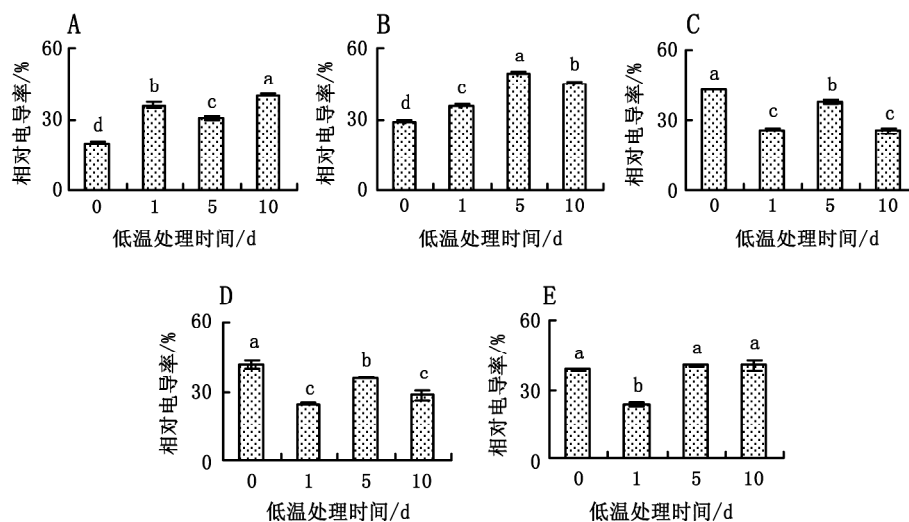


图1 稀土溶液对低温处理苗木相对电导率的影响

Fig.1 Effect of rare earth solution on the relative electrical conductivity in seedling with low temperature treatment

A~E 分别表示叶面喷施的稀土浓度为0、300、700、1 000和1 500 $mg \cdot L^{-1}$, 图中不同字母表示不同处理的不同取样时间的检测值在 $P < 0.05$ 水平有显著差异, 以下各图同。

处理的呈现波动性下降的趋势。1 500 mg·L⁻¹ 处理的相对电导率先减少为23.65%, 后增加到40.67%, 在5 d和10 d接近对照水平。可见, 在6 °C低温处理下, 700~1 500 mg·L⁻¹ 稀土作用的麻楝幼苗对低温胁迫产生了一定的应激反应, 维持了麻楝幼苗细胞膜的完整性, 表现出较强的抗寒性(何跃君和薛立 2005)。

2 稀土对低温处理下麻楝幼苗脯氨酸含量的影响

由图2可知, 未经稀土处理的麻楝幼苗脯氨酸含量在低温处理1、5、10 d都显著大于对照($P<0.05$), 于10 d达到最大值, 为1.29 mg·g⁻¹, 比对照增加了430.28%。300 mg·L⁻¹ 处理组的脯氨酸含量在1、5、10 d都显著大于对照($P<0.05$)。700 mg·L⁻¹ 处理组的脯氨酸含量在10 d时为0.88 mg·g⁻¹, 显著大于对照($P<0.05$)。随着低温时间的延长, 1 000 mg·L⁻¹、1 500 mg·L⁻¹ 处理的幼苗脯氨酸含量不断上升, 在10 d急增到最大值, 分别为1.70 mg·g⁻¹、1.69 mg·g⁻¹。脯氨酸含量的增加能稳定原生质的胶体性质及组织内的代谢过程, 防止和缓解细胞在低温下引起的蛋白质变性作用, 因而可缓解低温对植物的不良影响(陈发河和张维一 1991)。不同稀土浓度处理的麻楝幼苗脯氨酸含量均有不同程度的增加, 高浓度稀土处理能更有效的增加麻楝幼苗脯氨酸的含量, 说明随着稀土处理浓度的提高, 有利于增强麻楝幼苗的抗寒性。

3 稀土对低温处理下麻楝幼苗可溶性蛋白含量的影响

由图3可知, 未经稀土处理的麻楝幼苗可溶性蛋白含量在低温处理1 d后下降, 为25.94 mg·g⁻¹, 然后恢复到对照水平。300 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的可溶性蛋白含量在大幅波动后, 10 d接近对照水平。700和1 000 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的可溶性蛋白含量在1、5、10 d与对照都无显著差异。1 500 mg·L⁻¹ 组在低温处理后5 d可溶性蛋白显著下降($P<0.05$), 为21.36 mg·g⁻¹, 后又上升到对照水平。植物可溶性蛋白升高有利于抗寒性提高(万琳琛等 2001), 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害致死的机会(杨德浩等 2004), 是对低温胁迫的一种保护性反应, 有利于苗木抗寒(巫光宏等 2001)。

4 稀土对低温处理下麻楝幼苗叶绿素含量的影响

由图4可知, 未经稀土处理的幼苗叶绿素含量随着低温的延长波动较小, 与对照差异不显著。300 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的叶绿素含量在低温后5 d达到最大值, 为4.50 mg·g⁻¹, 后又缓慢减少。700 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的叶绿素含量随着低温的延长显著增加($P<0.05$), 10 d达到4.05 mg·g⁻¹ 的最大值。1 000 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的叶绿素含量并未随低温时间延长而与对照呈现显著差异。1 500 mg·L⁻¹ 处理组幼苗的叶绿素含量在1、5、10 d都显著大

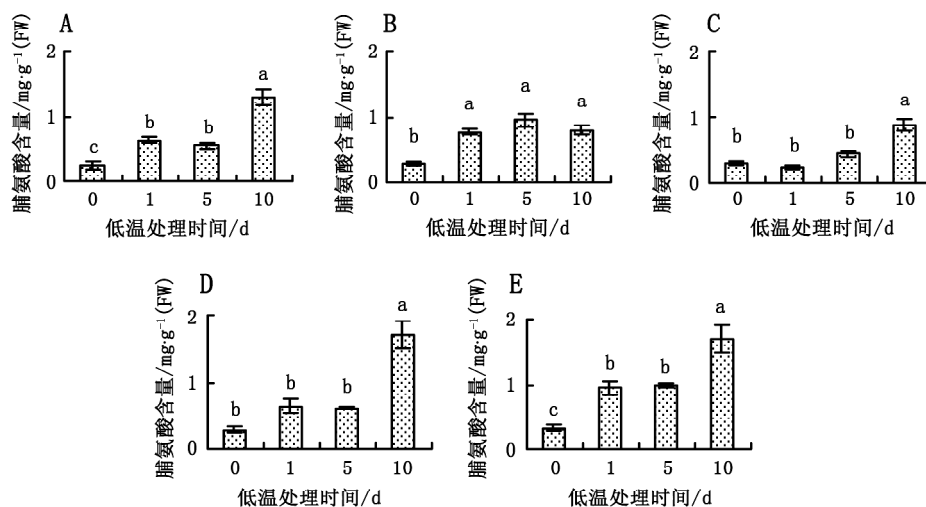


图2 稀土溶液对低温处理苗木脯氨酸含量的影响

Fig.2 Effect of rare earth solution on free proline content in seedling with low temperature treatment

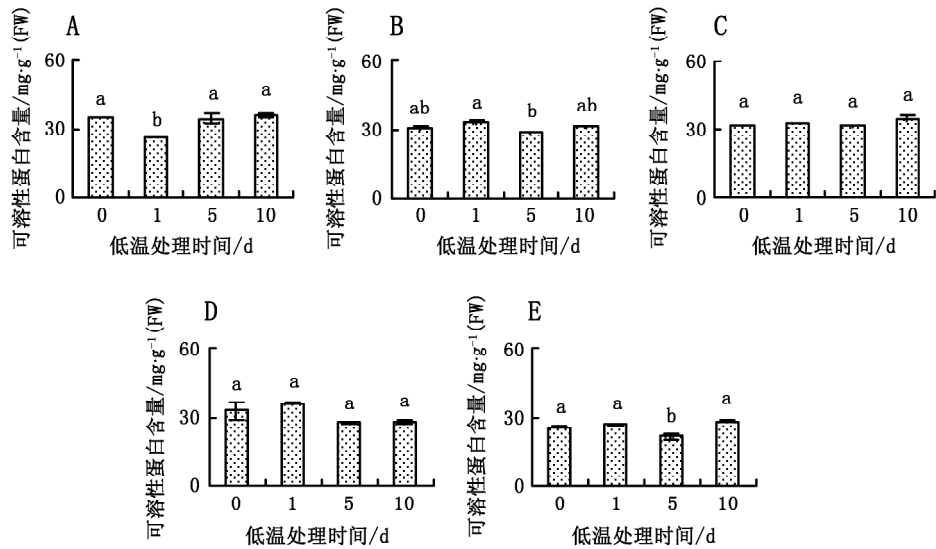


图3 稀土溶液对低温处理苗木可溶性蛋白含量的影响

Fig.3 Effect of rare earth solution on soluble protein content in seedling with low temperature treatment

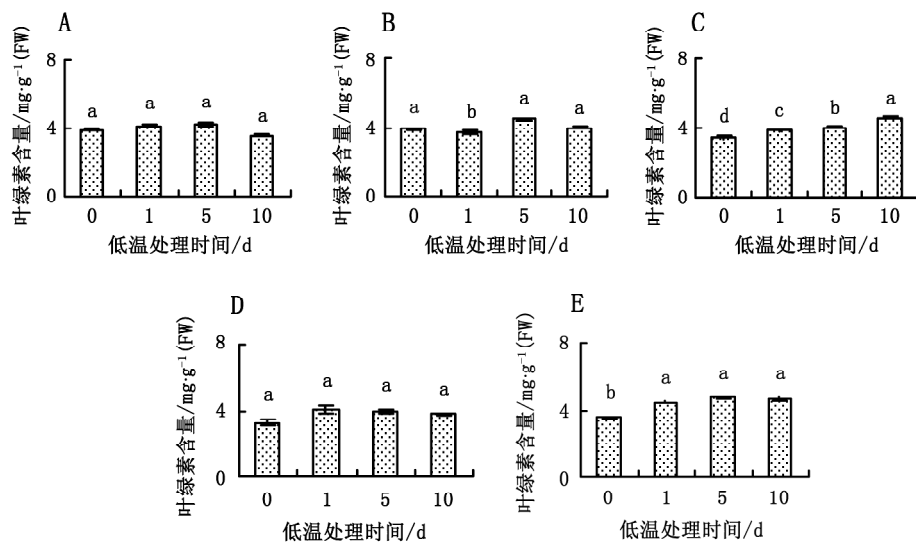


图4 稀土溶液对低温处理苗木叶绿素含量的影响

Fig.4 Effect of rare earth solution on chlorophyll content in seedling with low temperature treatment

于对照($P < 0.05$)。低温能加剧叶绿体的降解和抑制其合成,因此叶绿素含量的变化也能反映低温对植物的伤害程度(刘慧英等 2004)。稀土能促进苗木的生理活动和相关的生物化学反应,从而提高叶片的含氮量,显著增加植物体内的叶绿素含量(沈应柏等 1991)。经 10 d 低温处理后, 700~1 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀土处理的麻楝幼苗叶绿素含量均有明显增加,表明适当浓度的稀土处理增加了幼苗的抗寒

性。

5 稀土对低温处理下麻楝幼苗 SOD 活性的影响

由图5可以看出,未经稀土处理的幼苗SOD活性在低温处理后第1天显著上升($P < 0.05$),在 5 d、10 d 急剧下降,分别为 127.2 和 135.67 $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$,显著小于对照($P < 0.05$)。在低温胁迫下,细胞内自由基代谢平衡失调而产生过剩的活性氧自由基,会引发或加剧膜脂过氧化,造成细胞膜系统损伤(Prasad

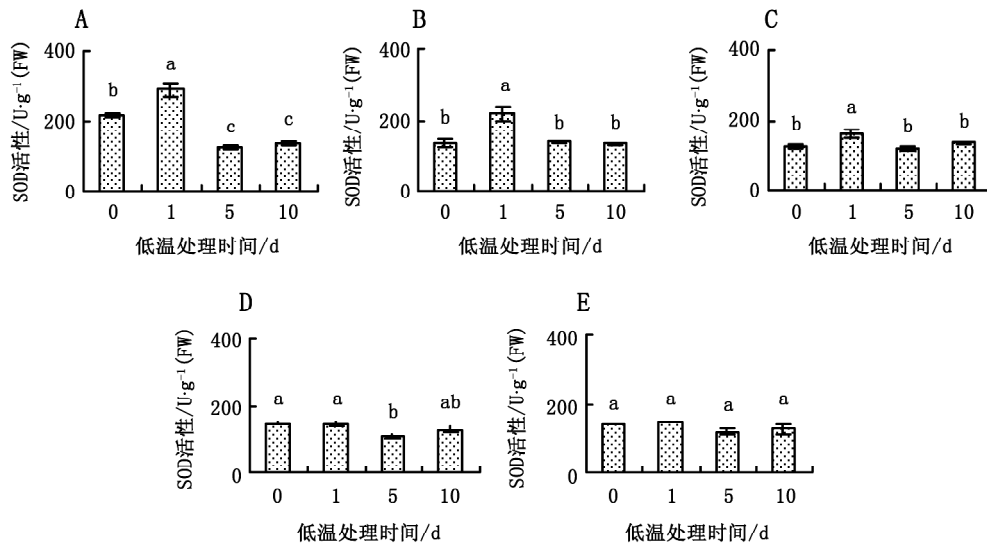


图5 稀土溶液对低温处理苗木SOD活性的影响

Fig.5 Effect of rare earth solution on SOD activity in seedling with low temperature treatment

1996)。在低温胁迫下, 未经稀土处理的幼苗中SOD活性上升后显著减小, 表明幼苗叶片内活性氧的产生与消除的动态平衡没有维持在良好的水平(蔡志全和曹坤芳 2004)。300 mg·L⁻¹和700 mg·L⁻¹处理组叶片SOD活性均在第1天显著大于对照($P < 0.05$), 然后下降到对照水平。1 000 mg·L⁻¹处理组在1 d、10 d与对照无显著差异, 5 d显著小于对照($P < 0.05$), 为107.90 U·g⁻¹。1 500 mg·L⁻¹处理组在1、5和10 d与对照无显著差异。SOD在活性氧清除反应过程中处于核心地位, 其含量保持稳定。可能是稀土处理后的幼苗SOD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(任向荣等 2008)。

6 稀土对低温处理下麻楝幼苗丙二醛含量的影响

植物在低温胁迫时, MDA的积累能对膜和细胞造成进一步伤害。随着低温的延长, 未经稀土处理的幼苗丙二醛含量不断增加, 在10 d显著大于对照($P < 0.05$), 为87.59 nmol·g⁻¹; 300 mg·L⁻¹处理组MDA含量的变化趋势类似, 在10 d显著大于对照。丙二醛含量增加, 表明细胞膜受到了一定伤害。700 mg·L⁻¹处理组的丙二醛含量在5 d和10 d显著小于对照($P < 0.05$)。1 000 mg·L⁻¹处理组第1天丙二醛含量显著上升($P < 0.05$)到最大值, 为91.59

nmol·g⁻¹, 后下降, 在10 d小于对照($P < 0.05$), 为45.30 nmol·g⁻¹。1 500 mg·L⁻¹处理组在1 d、10 d与对照无显著差异, 5 d显著小于对照($P < 0.05$), 为43.72 nmol·g⁻¹。700~1 500 mg·L⁻¹稀土处理的丙二醛含量第1天有所增加, 而后减少或显著减少, 可能是幼苗经过短暂低温后适应了新环境, 表明在此浓度稀土的作用下, 麻楝幼苗可能具有防止膜脂过氧化作用的能力, 从而使MDA含量控制在正常水平。可见高浓度稀土有助于提高麻楝幼苗的抗寒性能(滕开琼等 2002; 缴丽莉等 2006)。

7 稀土对低温处理下麻楝幼苗抗寒指标的综合影响

植物的抗寒性受多种生理指标影响, 利用单一指标对比难以得出准确的结果。利用主成分分析可以判断苗木的综合抗寒能力(何跃君等 2008)。根据生理指标与抗寒性的联系, 由主成分的特征向量可计算出每个树种的主成分得分如表1。由表1可以看出, 5组浓度稀土处理的麻楝幼苗主成分顺序为1 500、1 000、700、0、300 mg·L⁻¹, 700~1 500 mg·L⁻¹的高浓度稀土处理的幼苗抗寒性明显高于未经稀土处理的幼苗。

运用主成分分析对不同浓度稀土处理的麻楝幼苗的抗寒能力进行定量评价, 得出抗寒性700~1 500 mg·L⁻¹稀土处理的麻楝幼苗抗寒性明显增加, 这个结论可以为稀土在树种抗寒研究提供参考。

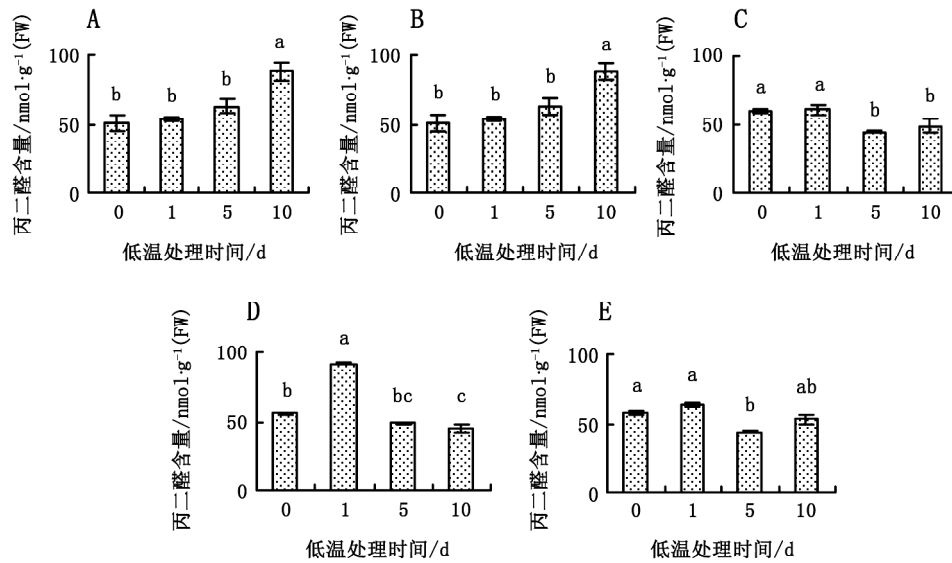


图6 稀土溶液对低温处理苗木MDA含量的影响

Fig.6 Effect of rare earth solution on content of MDA in seedling with low temperature treatment

表1 不同浓度稀土处理的麻楝幼苗的主成分得分

Table 1 Analysis of principal components of *C. tabularis* seedlings treated with rare earth of different concentrations

稀土浓度 /mg·L ⁻¹	主成分得分	抗寒位次
0	0.367 7	4
300	0.150 0	5
700	0.536 9	3
1 000	0.553 2	2
1 500	1.107 2	1

参考文献

蔡志全, 曹坤芳(2004). 遮荫下2种热带树苗叶片光合特性和抗氧化酶系统对自然降温的响应. 林业科学, 40 (1): 47~51

陈发河, 张维一(1991). 低温胁迫对甜椒果实游离脯氨酸的影响. 植物生理学通讯, 27 (5): 365~368

陈建勋, 王晓峰(2002). 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社

郇红建, 常江, 张自立, 丁士明, 魏俊岭(2003). 稀土在植物抗逆中的生理作用. 中国稀土学报, 10 (21): 487~490

何跃君, 薛立(2005). 稀土元素对植物的生物效应及其作用机理. 应用生态学报, 16 (10): 1983~1989

何跃君, 薛立, 任向荣, 曹鹤, 梁丽丽, 徐燕(2008). 低温胁迫对六种苗木生理特性的影响. 生态学杂志, 27 (4): 524~531

缴丽莉, 倪志云, 路丙社, 白志英, 周如久, 冯蕾(2006). 低温胁迫对青榨槭幼树抗寒指标的影响. 河北农业大学学报, 29 (4): 44~47

刘慧英, 朱祝军, 吕国华(2004). 低温胁迫对嫁接西瓜耐冷性和活

性氧清除系统的影响. 应用生态学报, 15 (4): 659~662

区靖祥, 邱健德(2002). 多元数据的统计分析方法. 北京: 中国农业科学技术出版社, 63~80

任向荣, 薛立, 王相娥, 谢腾芳, 曹鹤, 何跃君(2008). 低温对6种绿化树种幼苗生理过程的影响. 中南林业科技大学学报, 28 (6): 56~60

沈应柏, 王骏, 杨春华, 王沙生(1991). 稀土元素对I-69杨水培苗木生长和光合作用的影响. 北京林业大学学报, 13 (4): 47~52

滕开琼, 杨秋生, 戴钢, 籍越(2002). 低温胁迫对黑壳楠幼苗生理效应及脂质过氧化作用的影响. 河南农业大学学报, 36 (2): 151~154

万琳琛, 肖尊安, 王英典, 张崇浩, 陈星(2001). 猕猴桃属种间体细胞杂种试管苗的抗寒性. 果树学报, 18 (3): 148~151

韦如萍, 薛立, 陈红跃, 彭耀强, 许松葵(2005). 叶面喷施稀土对千年桐幼苗生长和生理的影响. 林业科学, 41 (2): 164~168

韦如萍, 薛立, 陈红跃, 胡德活, 谢腾芳, 王相娥(2009). 稀土对马占相思和大叶相思种子萌发和幼苗生长的影响. 土壤通报, 40 (4): 896~901

巫光宏, 詹福建, 黄卓烈, 罗焕亮, 邵志芳(2001). 低温胁迫对马占相思树代谢的影响研究. 林业科学研究, 14 (6): 633~640

杨德浩, 杨敏生, 王进茂, 王世兰, 李帅英, 叶振魁, Naujoks G (2004). 欧洲白桦苗期低温胁迫时膜系统的变化. 东北林业大学学报, 32 (6): 13~15

杨敏生, 康明, 刘艳枝(1994). 稀土延缓杨树花粉和种子衰老的研究. 林学科学, 30 (2): 166~169

周静, 周波, 谭德懿, 苏薇薇, 廖文波(2004). 麻楝叶挥发油成分的GC-MS分析. 中药材, 27 (11): 815~817

Prasad TK (1996). Mechanism of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedlings: changes in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities. Plant J, 10 (6): 1017~1026