

DOI:10.11937/bfyy.201503021

# 外源钙对自然低温下富贵竹叶片生长的影响

闫秋洁<sup>1,2</sup>, 黄 丹<sup>2</sup>, 辜英琼<sup>2</sup>, 李旭锋<sup>1</sup>, 杨 毅<sup>1</sup>

(1. 四川大学 生命科学学院, 生物资源与生态环境教育部重点实验室, 四川 成都 610064;

2. 绵阳师范学院 生命科学与技术学院, 四川 绵阳 621000)

**摘 要:**为探究能够提高富贵竹叶片生长的适宜外源钙浓度,用水培法研究了冬季自然低温下0.3%~0.7%氯化钙溶液对富贵竹叶片黄叶面积及黄叶指数,叶片干尖率及叶片含水量、叶绿素含量、丙二醛含量、游离脯氨酸含量及电导率等形态和生理指标的影响。结果表明:0.3%氯化钙溶液处理下,富贵竹叶片的黄叶面积,叶片干尖率和叶绿素b含量低于对照,黄叶指数高于对照,但均与对照无显著差异;叶片含水量极显著地高于对照;叶绿素a含量、相对电导率、丙二醛含量和游离脯氨酸含量极显著地低于对照,但与对照的差值最小。综合各项指标,0.3%的氯化钙溶液优于0.4%~0.7%氯化钙处理浓度。因此,0.3%氯化钙溶液有利于自然低温下水培富贵竹叶片的生长。

**关键词:**富贵竹;自然低温;氯化钙;相对电导率;丙二醛;游离脯氨酸

**中图分类号:**S 682.36 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)03-0066-04

富贵竹(*Disporum cautoniense*)属龙舌兰科龙血树属,又名万寿竹,原产于非洲西部,在我国大部分地区都有分布<sup>[1]</sup>。它具有净化水资源和调节空气湿度的作用<sup>[2]</sup>,其体内所含有效成分多且具有典型的人体生理功效和良好的药物活性,在生活及工业废弃物利用等方面

具有其它科学手段不能达到的收益<sup>[3]</sup>,因此深受人们的喜爱,成为近几年来受欢迎和畅销的室内观赏花卉品种<sup>[4]</sup>。富贵竹适宜在明亮的散射光下生长,其生长适温为20~30℃,越冬温度为10℃<sup>[2]</sup>。最低温度为5~10℃<sup>[5]</sup>。但在冬季栽种富贵竹时,容易发生低温伤害造成其叶片泛黄及死亡,破坏了其观赏价值<sup>[6]</sup>。

目前,用钙离子浓度改善植物抗低温的研究较少。钙离子是生物体内重要的金属离子,可以促进细胞分裂,激活和调节酶的活性<sup>[7]</sup>。植物根系生长弱、叶片坏死和卷缩等都与钙离子浓度过低有关<sup>[8]</sup>。钙离子参与植物的生长发育调控<sup>[9]</sup>。适宜浓度的外源钙离子加入,能有效地阻止植物气孔的张开,减少胁迫中植物的水分

**第一作者简介:**闫秋洁(1980-),女,甘肃酒泉人,博士研究生,讲师,现主要从事植物抗逆遗传等研究工作。E-mail:veronica008@163.com.

**责任作者:**杨毅(1963-),男,四川彭州人,博士,教授,现主要从事植物抗逆等研究工作。

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31171586)。

**收稿日期:**2014-11-10

## Comparative Analysis of Drought-resistant Ability of Three Ornamental Bamboos

CHEN Xian-de, CHEN Jun

(School of Biological Science and Technology, Minnan Normal University, Zhangzhou, Fujian 363000)

**Abstract:** Taking *B. multiplex* cv. Fernleaf, *B. multiplex* (Lour.) Raeuschelex J, *S. tootsik* (Sieb.) Makino as materials, the effects of contents of membrane permeability(PMP), RWC, MDA content and chlorophyll content of three bamboo leaves were studied under natural drought stress conditions. The results showed that cell membrane permeability and the MDA contents of bamboo leaves increased, RWC and chlorophyll content decreased with the prolongation of the stress time. The method of obscure mathematics was used to evaluate their drought resistance ability comprehensively based on physiological and biochemical indexes. The results indicated that drought resistance sequence of *S. tootsik* (Sieb.) Makino > *B. multiplex* (Lour.) Raeuschelex J > *B. multiplex* cv. Fernleaf.

**Keywords:** ornamental bamboos; drought stress; physiological and biochemical index

流失,稳固和保护细胞壁和细胞膜,从而提高细胞的抗性<sup>[7-8]</sup>。

富贵竹叶片是主要的观赏部位,为探究钙离子是否对冬季自然低温下水培富贵竹叶片的生长具有保护作用,该试验在冬季自然低温下用不同浓度的钙离子溶液中培养富贵竹鲜切枝,通过测定和对比富贵竹叶片的形态和生理指标,探究提高富贵竹叶片生长的适宜外源钙离子浓度,以期为提高冬季自然温度下富贵竹低温抗性提供水培的理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选用生长一致、株高(60±2)cm的尖叶富贵竹,要求材料新鲜、健壮、没有腐烂的迹象,叶片完整,颜色鲜绿。

### 1.2 试验方法

1.2.1 材料的预处理 将插条茎的下端除去一小段并将基部用利刀切成斜口,切口平滑,以利于水分和养料的吸收。再用0.5%的高锰酸钾溶液对富贵竹消毒30 min,并去除杂质。

1.2.2 氯化钙溶液处理 分别用0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%氯化钙的溶液500 mL培养富贵竹10支,以同量的蒸馏水培养为对照,室温下置于阴凉避光处培养,每隔10 d换1次氯化钙溶液或蒸馏水。并从处理之日起,每天记录培养室最高温度和最低温度(图1)。用不同浓度的氯化钙溶液在自然低温下处理31 d后,测定各浓度下富贵竹叶片的形态指标和生理指标。

### 1.3 项目测定

采用称量法测定黄叶面积,以黄叶数量占该处理下的总叶片数的比值计算黄叶指数,干尖率以干尖数占叶片总数的百分率计算。用称重法测定叶片含水量,叶绿素含量的测定采用分光光度计法<sup>[10]</sup>。采用浸泡法测定

叶片的相对电导率<sup>[11]</sup>,硫代巴比妥酸(TBA)法测定丙二醛含量<sup>[10]</sup>,酸性茚三酮法测定游离脯氨酸含量<sup>[12]</sup>,游离脯氨酸含量标准曲线符合 $y=0.1667x-0.0016$ ( $R^2=0.9987$ )。

### 1.4 数据分析

数据采用Excel 2003和SPSS 16.0软件进行处理分析。每项指标3次重复。采用单因素方差分析(one-way ANOVA),用Duncan法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源钙对富贵竹黄叶面积和黄叶指数的影响

从图2可以看出,经外源钙处理后的富贵竹黄叶面积和黄叶指数趋势大致相同。0.3%和0.4%浓度下的黄叶面积低于对照,0.5%、0.6%和0.7%浓度下的黄叶面积则高于对照。其中,0.4%、0.6%和0.7%浓度下的黄叶面积与对照相比,有极显著差异( $P<0.01$ )。各处理下的黄叶指数均大于对照,其中0.6%和0.7%浓度下的黄叶指数与对照有极显著差异( $P<0.01$ ),其中0.3%浓度下的黄叶指数与对照的差距最小。

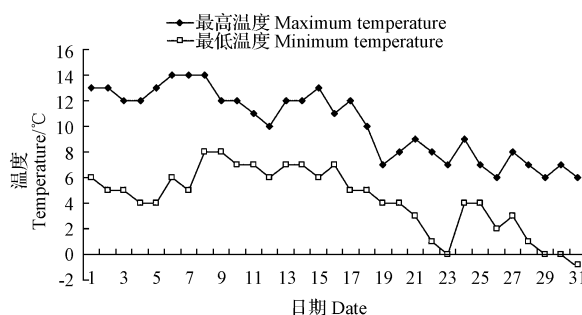
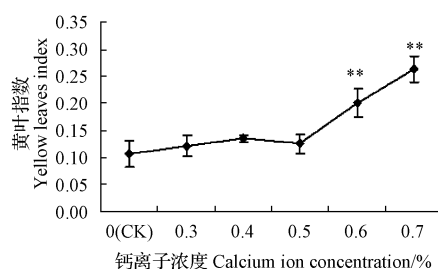
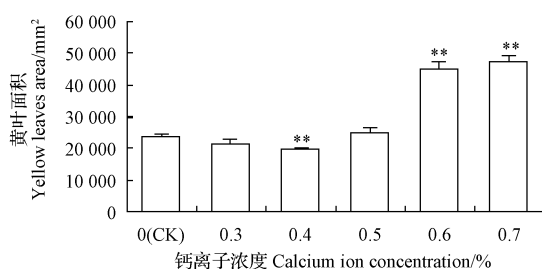


图1 试验期间富贵竹所在环境的最高温度和最低温度

Fig. 1 Daily maximum temperature and minimum temperature during the experiment



注:\*和\*\*分别表示差异达显著水平( $P<0.05$ )和极显著水平( $P<0.01$ )。下同。

Note: \* and \*\* represent significant difference at 0.05 and 0.01 levels respectively. The same as below.

图2 外源钙离子浓度对富贵竹黄叶面积和黄叶指数的影响

Fig. 2 Effect of exogenous calcium ion concentration on yellow leaves area and yellow leaves index of *Disporum cautiense*

### 2.2 外源钙对富贵竹叶片含水量和叶片干尖率的影响

由图3可知,外源钙处理后的富贵竹叶片含水量和叶片干尖率趋势相反。0.6%和0.7%浓度下的叶片含水量低于对照,0.3%、0.4%和0.5%浓度下的叶片含水

量高于对照。其中0.7%浓度下的叶片含水量与对照有显著差异( $P<0.05$ ),0.3%浓度下的叶片含水量与对照有极显著差异( $P<0.01$ )。而0.3%和0.4%浓度下的叶片干尖率低于对照,0.5%、0.6%和0.7%浓度下的叶片

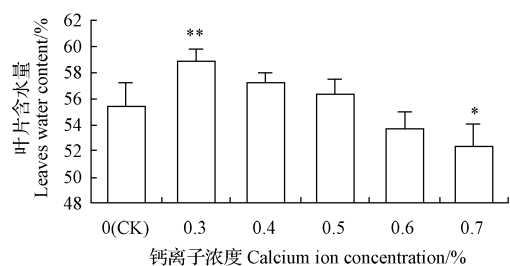


图3 外源钙离子浓度对富贵竹叶片含水量和叶片干尖率的影响

Fig. 3 Effect of exogenous calcium ion concentration on leaves water content and the rate of leaves stem tip of *Disporum cautiense*

干尖率高于对照。其中 0.4%、0.6% 和 0.7% 浓度下的叶片干尖率与对照有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

### 2.3 外源钙离子浓度对富贵竹叶片叶绿素含量的影响

从图 4 可以看出,各处理下的叶绿素 a 含量均低于对照,且与对照有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。其中 0.3% 浓度下的叶绿素 a 含量与对照的差值最小。除 0.4% 浓度下的叶绿素 b 含量高于对照外,其它浓度下的叶绿素 b 含量均低于对照。其中,0.4%~0.7% 浓度下的叶绿素含量与对照有极显著差异 ( $P < 0.01$ ),而 0.3% 浓度下的叶绿素 b 含量与对照相差最小,二者没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。

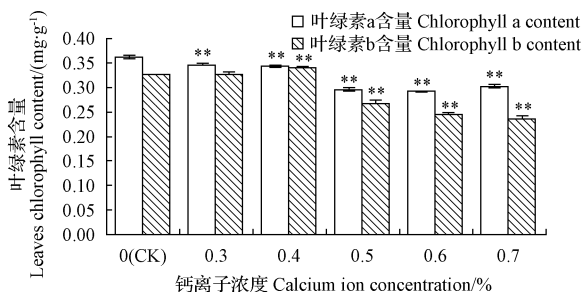


图4 外源钙离子浓度对富贵竹叶片叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of exogenous calcium ion concentration on chlorophyll content of *Disporum cautiense* leaves

### 2.4 外源钙对富贵竹叶片膜脂过氧化性的影响

由图 5 可知,除 0.3% 浓度下的叶片相对电导率低于对照外,0.4%~0.7% 浓度下均高于对照,0.4% 浓度下最高。0.5% 浓度下的叶片相对电导率与对照有显著差异 ( $P < 0.05$ ),0.4%、0.6% 和 0.7% 浓度下的叶片相对电导率与对照有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。同时,0.3% 浓度下的叶片丙二醛含量极显著地低于对照 ( $P < 0.01$ ),而其它浓度下的叶片丙二醛含量均高于对照。其中 0.4% 下的叶片丙二醛含量与对照无显著差异 ( $P > 0.05$ )。0.5%、0.6% 和 0.7% 浓度下的丙二醛含量与对照也有极显著差异 ( $P < 0.01$ ),但在 3 个浓度之间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。0.4%、0.3% 和 0.5% 浓度下的叶片游离脯氨酸含量极显著地低于对照 ( $P < 0.01$ ),这 3 个

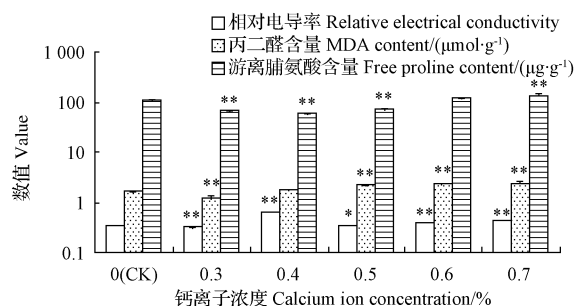
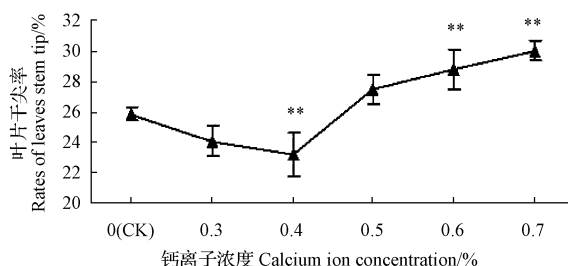


图5 外源钙离子浓度对富贵竹叶片相对电导率、丙二醛含量和游离脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Effect of exogenous calcium ion concentration on relative electrical conductivity,MDA content and the free proline content of *Disporum cautiense* leaves

浓度之间无显著差异 ( $P > 0.01$ ),但 0.4% 和 0.5% 浓度之间有显著差异 ( $P < 0.05$ )。0.6% 和 0.7% 浓度下的叶片游离脯氨酸含量高于对照,其中 0.7% 浓度下的与对照有极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

## 3 讨论

低温可导致绿色植物生理性缺水,产生黄叶或叶尖叶缘干枯率升高<sup>[13]</sup>,叶片含水量降低<sup>[14]</sup>,黄叶指数增大<sup>[15]</sup>。低温还可造成植物叶片叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素的含量不同程度的降低<sup>[10,15-17]</sup>。该试验中,在平均温度为 10~4℃ 的冬季低温条件下(图 1),不同浓度氯化钙持续 31 d 处理后比较发现(图 2~4),0.3% 的氯化钙处理能够提高富贵竹的叶片含水量和叶绿素含量,降低黄叶面积,黄叶指数和干尖率,提高富贵竹的耐低温能力。

植物在低温下易发生膜脂过氧化作用,相对电导率、丙二醛含量和游离脯氨酸含量是反映植物膜系统状况的重要的生理生化指标<sup>[18]</sup>。在逆境下,植物细胞膜容易破裂,膜蛋白受到伤害,胞液外渗而使相对电导率增大,丙二醛含量和游离脯氨酸含量增加,从而减轻伤害<sup>[19-21]</sup>。该试验结果表明,0.3% 氯化钙处理使富贵竹叶片的相对电导率,丙二醛含量和游离脯氨酸含量显著下

降,提高了富贵竹在冬季自然低温下的抗性(图5)。

$\text{Ca}^{2+}$ 是某些酶分子的结构的“稳定剂”,具有稳定膜结构的功能。同时, $\text{Ca}^{2+}$ 作为第二信使在植物体对外界信号的感应、传递和响应过程中起着重要作用<sup>[22]</sup>。 $\text{Ca}^{2+}$ 在逆境胁迫条件下通过对磷酸化酶活性的影响,参与植株对逆境的响应<sup>[23]</sup>。POD可能是 $\text{Ca}^{2+}$ -CaM依赖的酶, $\text{Ca}^{2+}$ 参与保护酶POD活性部位的组成<sup>[24]</sup>。综合试验结果可以看出, $\text{Ca}^{2+}$ 处理下的富贵竹启动了应答低温的保护机制,缺水反应和膜脂过氧化作用变化明显,在测试的浓度中,0.3%氯化钙保护作用最好。但低于0.3%的氯化钙是否对富贵竹应答自然低温表现更佳,还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 张新权. 富贵竹的盆栽与养护[J]. 江西园艺, 2004(1): 35-36.
- [2] 王茂桦, 陈暮初, 危疆泽. 水杨酸对富贵竹抗寒生理的影响[J]. 四川林业科技, 2009, 30(6): 6-11.
- [3] 毛文岭, 王勇, 刘绣华. 富贵竹研究进展[J]. 济源职业技术学院学报, 2010, 9(4): 29-30.
- [4] 徐华, 杨学奎. 富贵竹水插繁殖技术[J]. 现代园艺, 2010(10): 26-27.
- [5] 林思锻, 李焕苓, 赖钟雄, 等. 富贵竹的顶梢扦插生根[J]. 亚热带农业研究, 2008, 4(4): 265-267.
- [6] 范昭鹤. 富贵竹的愈伤组织诱导与植株再生试验研究[J]. 园艺博览, 2009(1): 16-17.
- [7] Kudla J, Xu Q, Harter K, et al. Genes for calcineurin B-like proteins in Arabidopsis are differentially regulated by stress signals[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1999, 96: 4718-4723.
- [8] 王笑笑, 葛水莲, 陈建中, 等. 植物体内钙离子的感受器类型及功能研究[J]. 河北农业科学, 2008(11): 57-58.
- [9] 龚伟, 王伯初. 钙离子在植物抵抗非生物胁迫中的作用[J]. 生命的

化学, 2011, 31(1): 107-111.

- [10] 张志良, 瞿伟菁, 李小芳. 植物生理学实验指导[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [11] 陈爱葵, 韩瑞宏, 李东洋, 等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报, 2010, 30(5): 89-91.
- [12] 李绍军, 龚月桦, 王俊儒, 等. 关于茛三酮法测定脯氨酸含量中脯氨酸与茛三酮反应之探讨[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(3): 365-368.
- [13] 何云, 李宪伟. 大蒜生产中黄叶干尖现象研究[J]. 农业科技与信息, 2002(9): 25-26.
- [14] 刘慧春, 朱开元, 周江华, 等. 常绿水生鸢尾叶片含水量与抗寒性初报[J]. 江苏农业科学, 2010(1): 182-183.
- [15] 王毅, 杨宏福, 李树德. 园艺植物冷害和抗冷性的研究[J]. 园艺学报, 1994, 21(3): 239-244.
- [16] 王增池, 孔德平, 梁风琴, 等. 苯乙酸浓度对金边富贵竹水培繁殖效果的影响[J]. 河南农业科学, 2007, 11(4): 31-32.
- [17] 白青华, 郭晓冬, 王萍, 等. 低温对辣椒幼苗叶片氮及叶绿素含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2009(6): 48-51, 78.
- [18] 田丹青, 葛亚英, 潘刚敏, 等. 低温胁迫对3个红掌品种叶片形态和生理特性的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(6): 1173-1179.
- [19] Chance B, Maehly A C. Assay of catalase and peroxidase[J]. Methods Enzymol, 1955, 2: 764-775.
- [20] McCord J M, Fridovich I. Superoxide dismutase: An enzymic function for eukaryotic cuprein[J]. Journal of Biological Chemistry, 1960, 224: 6049-6055.
- [21] Hare P D, Cress W A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1997, 21: 79-102.
- [22] 龚明, 李英, 曹宗巽. 植物体内的钙信使系统[J]. 植物学通报, 1990, 7(3): 19-29.
- [23] 余叔文. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 728-733, 762.
- [24] Xu Y, Huysse R B. Association of calcium and calmodulin to peroxidase secretion and activation [J]. Plant Physiology, 1993, 141(2): 141-146.

## Effect of Exogenous Calcium to *Disporum cautionsense* Leaves Growth at Natural Low Temperature

YAN Qiu-jie<sup>1,2</sup>, HUANG Dan<sup>2</sup>, GU Ying-qiong<sup>2</sup>, LI Xu-feng<sup>1</sup>, YANG Yi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Bio-resources and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 2. College of Life Sciences and Technology, Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 621000)

**Abstract:** In order to explore the suitable exogenous calcium concentration for the better growth of *Disporum cautionsense* leaves, the morphological and physiological indexes of *Disporum cautionsense* cultured in 0.3%~0.7% calcium chloride solution at the natural low temperature of winter were measured. The results showed that the yellow leaf area, the rate of yellow blade tip and chlorophyll b content of the calcium chloride solution treatment under 0.3% were lower than the control, and the yellow leaf index were higher than the control. There were no significant difference between the above index and the control. The leaf water content was higher than the control very significantly. The chlorophyll a content, the relative electrical conductivity, MDA content and the free proline content were lower than the control very significantly, but the differences with the control attached minimum. From all indexes, the 0.3% of calcium chloride solution was better than 0.4%~0.7% of calcium chloride solution concentration. Therefore, the suitable exogenous calcium chloride concentration to *Disporum cautionsense* leaf growth at natural low temperature was 0.3%.

**Keywords:** *Disporum cautionsense*; natural low temperature; calcium chloride; relative electrical conductivity; MDA; free proline