

# Effects of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Stress on Some Physiological Indicators of the Daylily

Yanqing Li<sup>1</sup>, Chong Liu<sup>1</sup>, Zhiping Han<sup>1\*</sup>, Haixia Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Life Science, Shanxi Datong University, Datong Shanxi

<sup>2</sup>Department of Logistics, Shanxi Datong University, Datong Shanxi

Email: <sup>\*</sup>hanzhiping0215@163.com

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2016; accepted: Oct. 18<sup>th</sup>, 2016; published: Oct. 21<sup>st</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

With Datong Daylily as material, the paper studied the effects of different concentrations of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  on some physiological indicators of daylily hydroponically. The results showed that with increasing  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  concentrations, the content of MDA in leaves increased gradually, and proline content increased significantly. The contents of soluble sugar, soluble protein and ascorbic acid showed the law of "increase-decrease", and reached the maximum value at 100 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress. The research illustrated that the greater  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress concentration, the more serious the oxidative damage to the daylily plants, but daylily can partly adapt to  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress through the accumulation of organic osmotic adjustment substance, such as proline, and antioxidative substance, such as ascorbic acid.

## Keywords

Daylily,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  Stress, Oxidative Damage, Osmotic Adjustment

# 硝酸钙胁迫对黄花菜一些生理指标的影响

李艳清<sup>1</sup>, 刘冲<sup>1</sup>, 韩志平<sup>1\*</sup>, 张海霞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山西大同大学生命科学学院, 山西 大同

<sup>2</sup>山西大同大学后勤管理处, 山西 大同

Email: <sup>\*</sup>hanzhiping0215@163.com

\*通讯作者。

收稿日期：2016年9月30日；录用日期：2016年10月18日；发布日期：2016年10月21日

## 摘要

本文以大同黄花菜为材料，研究了不同浓度 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫对营养液栽培黄花菜一些生理指标的影响。结果表明，随 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理浓度升高，叶片中丙二醛含量逐渐升高，脯氨酸含量显著增加；可溶性糖、可溶性蛋白、抗坏血酸含量表现“升高-降低”的规律，在 $100 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫下达到最大值。说明 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫浓度越大，对黄花菜植株的过氧化伤害也越大，但黄花菜能够通过大量积累脯氨酸、抗坏血酸等有机渗透调节和抗氧化物质在一定程度上适应盐胁迫。

## 关键词

黄花菜,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫, 氧化伤害, 渗透调节

## 1. 引言

黄花菜，学名 *Hemerocallis citrina Baroni*，为百合科萱草属多年生草本植物[1]。大同黄花菜是山西省名优农产品，生长在大同火山群下，独特的地理、气候和土壤条件生产出了国内品质最好的黄花菜[2]。山西大同也因此与湖南祁东、陕西大荔、甘肃庆阳并称为我国四大黄花菜生产基地。然而由于大同黄花菜种植面积受到限制，产品加工包装及市场宣传力度不够，其产量和知名度远远低于其它三地的黄花菜。

大同市是山西省盐碱地面积最大的地区，其治理耗时耗力、效果也不佳。黄花菜对环境条件的适应性很强，已有文献报道其耐盐性较好[3]。在盐碱地种植，既可以迅速扩大黄花菜的栽培面积，大幅度提高黄花菜的产量，也有利于改良盐碱地，实现盐碱地的开发利用。硝酸钙是盐碱地的主要盐成分之一。因此，本文研究了不同浓度硝酸钙胁迫对黄花菜植株一些生理指标的影响，探究其生长的极限盐浓度，为大同黄花菜在盐碱地的推广种植和大同盐碱地的改良提供实验依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 供试材料

试验于2015年9月~10月在山西大同大学生命科学实验基地温室中进行。供试材料为大同黄花菜。

### 2.2. 试验方法

选取株型、株高一致的黄花菜植株移栽到装有1/2倍Hoagland配方[4]（见表1）营养液的塑料槽中，缓苗一周后，在营养液中加入分析纯 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 进行处理。处理期间保持昼温 $20^\circ\text{C}\sim 28^\circ\text{C}$ ，夜温 $15^\circ\text{C}\sim 20^\circ\text{C}$ ，正常光照。试验共设6个处理：① CK：正常营养液培养；② Ca1： $50 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理；③ Ca2： $100 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理；④ Ca3： $150 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理；⑤ Ca4： $200 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理；⑥ Ca5： $250 \text{ mmol/L Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理。完全随机设计，重复3次，每重复12株。处理后15 d取植株中部叶片测定相关生理指标。

### 2.3. 指标测定

丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法[5]；抗坏血酸(AsA)含量测定采用赵会杰方法[6]；脯氨酸含量测定采用水浴浸提法；可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法[7]；可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮

**Table 1.** Hoagland nutrient solution formula**表 1.** Hoagland 配方营养液化学成分

大量元素		微量元素	
化合物名称	浓度/mg·L <sup>-1</sup>	化合物名称	浓度/mg·L <sup>-1</sup>
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	945.00	NaFe-EDTA	30.00
KNO <sub>3</sub>	607.00	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.86
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115.00	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	2.13
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	493.00	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.22
		CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.08
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.02

蓝染色法[8]。

数据用 Excel 和 DPS7.05 进行统计分析, Duncan's 新复极差法进行平均数间的多重比较。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫对黄花菜叶片丙二醛含量的影响

MDA 是植物在非生物胁迫下膜脂氧化的最终产物, 其含量的高低可以代表膜损伤程度的大小[9]。图 1 显示, 除 50 和 100 mmol/L 浓度外, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫使叶片中丙二醛含量显著增加。150、200、250 mmol/L Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫下, MDA 含量分别比 CK 提高 9.81%、19.81%、20.72%。说明 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫对黄花菜植株造成了过氧化伤害, 且 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫浓度越大, 过氧化伤害越重。

#### 3.2. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫对黄花菜叶片抗坏血酸含量的影响

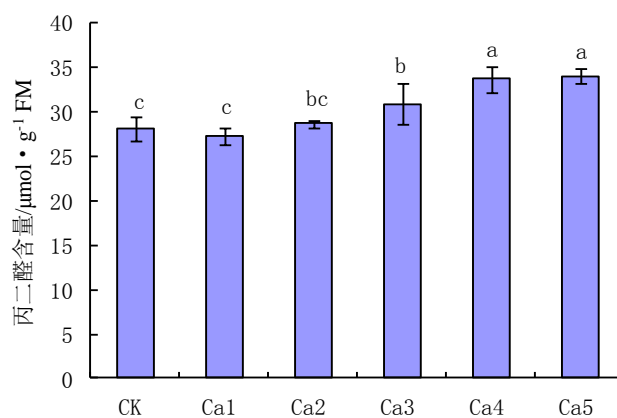
抗坏血酸是植物体内清除活性氧自由基的非酶抗氧化剂, 可以有效清除非生物胁迫产生的自由基, 抵抗膜脂过氧化对细胞的伤害[10]。图 2 表明, 叶片中抗坏血酸含量随 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 浓度的提高呈现出“升高-降低”的规律。50、100、150、200、250 mmol/L Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 处理下, 抗坏血酸含量分别比 CK 提高 6.00%、9.15%、3.92%、3.53%、2.10%。说明 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫下黄花菜植株的抗氧化能力提高, 但超过 100 mmol/L 浓度, 黄花菜体内抗坏血酸的合成难以清除 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫下大量产生的活性氧自由基。

#### 3.3. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫对黄花菜叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸积累是植物体抵抗渗透胁迫的有效方式之一。植株体内脯氨酸的增加能够降低非生物胁迫下细胞的渗透势, 防止细胞脱水, 还可以保护细胞膜系统, 维持酶的结构和活性, 减少蛋白质的降解[10]。图 3 显示, 随 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 浓度的提高, 叶片脯氨酸含量显著增加。说明随盐胁迫程度的增加, 黄花菜体内脯氨酸大量积累以降低细胞渗透势, 有利于避免细胞脱水而适应盐胁迫环境。

#### 3.4. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 胁迫对黄花菜叶片可溶性糖含量的影响

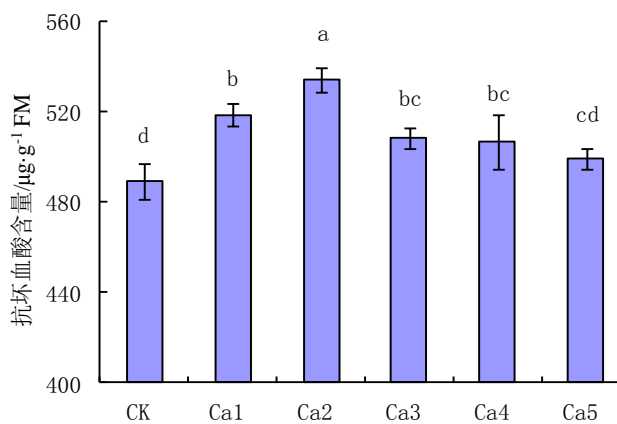
可溶性糖也是植物体为了适应不良的环境条件, 产生的一种重要的有机渗透调节物质。图 4 显示, 黄花菜叶片中可溶性糖含量随 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 浓度的提高呈现出“升高-降低”的规律。在 100 mmol/L 浓度以下可溶性糖含量逐渐增加, 150 mmol/L 浓度以上可溶性糖含量则低于 CK。说明低浓度 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 处理促进了黄花菜植株体内可溶性糖的产生, 且 100 mmol/L 浓度下可溶性糖对渗透调节的作用较大, 超过此浓度则可溶性糖无法发挥渗透调节作用。



Note: The different small letters in the figure mean significant difference among treatments at the 5% level, the same as follows. 注: 图中不同小写字母表示处理间差异达到5%显著水平, 下同。

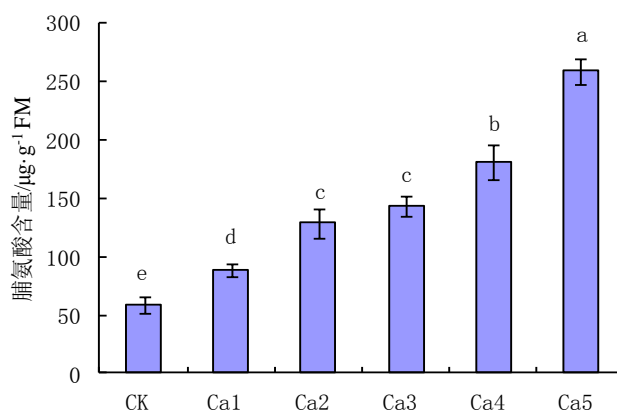
**Figure 1.** Effects of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress on the MDA content in leaves of daylily

**图 1.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对黄花菜叶片丙二醛含量的影响



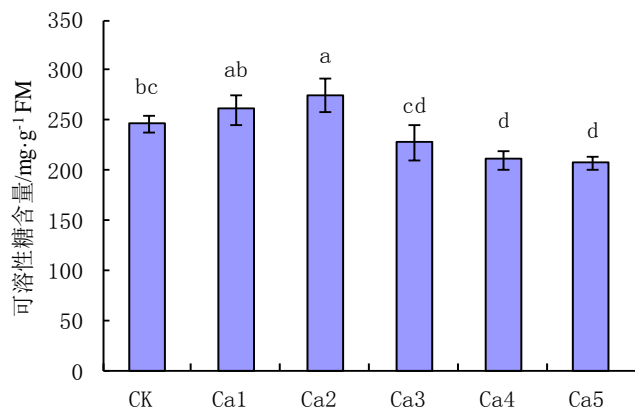
**Figure 2.** Effects of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress on the ascorbic acid content in leaves of daylily

**图 2.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对黄花菜叶片抗坏血酸含量的影响



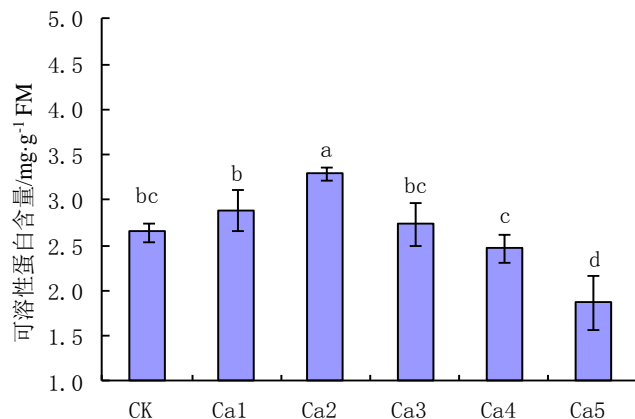
**Figure 3.** Effects of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress on the proline content in leaves of daylily

**图 3.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对黄花菜叶片脯氨酸含量的影响



**Figure 4.** Effects of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress on the soluble sugar content in leaves of daylily

**图 4.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对黄花菜叶片可溶性糖含量的影响



**Figure 5.** Effects of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress on the soluble protein content in leaves of daylily

**图 5.**  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对黄花菜叶片可溶性蛋白含量的影响

### 3.5. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫对黄花菜叶片可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白是重要的渗透调节物质和营养物质，其增加和积累能提高细胞的保水能力，对细胞的生命物质及生物膜起到保护作用[11]。图 5 表明，叶片中可溶性蛋白的含量随  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  浓度的提高呈现出“升高-降低”的规律。50、100、150 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  处理下，可溶性蛋白含量分别比 CK 提高 9.16%、24.12%、3.16%，200 和 250 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  浓度下可溶性蛋白含量则低于 CK。说明低浓度  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  处理下可溶性蛋白对黄花菜细胞的保水作用明显，200 mmol/L 浓度以上则可溶性蛋白迅速降解，对细胞的渗透调节不起作用。

## 4. 讨论与结论

植物对盐碱胁迫的反应和适应是一个复杂的生理过程，是植物体内一系列生理生化过程综合作用的结果[10]。研究表明，过氧化伤害和渗透胁迫是盐胁迫对植物危害的两个重要方面。盐胁迫造成了植物细胞膜脂过氧化，使丙二醛含量增加，细胞膜透性增大，抗坏血酸、谷胱甘肽等可作为非酶抗氧化剂清除细胞内的自由基，减轻膜脂过氧化，提高植物对胁迫环境的适应性[12] [13]。脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白等都是植物在胁迫环境下自发产生的有机渗透调节物质，大量积累这些物质有利于降低细胞渗透

势, 促进细胞对水分的吸收, 保证植物在盐胁迫下的正常生长发育[14] [15]。

本研究中, 随  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  处理浓度提高, 黄花菜植株 MDA 含量和脯氨酸含量持续增加, 抗坏血酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量则表现“增加-降低”的规律, 在 100 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  处理下达到最大值; 150 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下叶片出现枯黄现象, 200 和 250 mmol/L 胁迫下死苗率分别达到 33.0%和 41.7%, 其他处理没有死苗。说明  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫程度越大, 对植株的过氧化伤害越大, 但较低浓度  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下细胞可以通过促进抗坏血酸的产生和大量积累脯氨酸以减轻细胞的过氧化伤害和维持细胞的渗透平衡, 从而适应盐胁迫环境; 150 mmol/L 浓度以上  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄花菜自身的抗氧化能力就难以消除胁迫造成的过氧化伤害, 可溶性糖和可溶性蛋白也迅速降解, 不能抵抗高浓度  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  造成的渗透胁迫, 黄花菜对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫的适应性显著降低。研究同时证明, 100 mmol/L 是黄花菜植株对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫的适应性阈值。

## 基金项目

山西省农业科技攻关项目[20150311010-1]、大同市农业科技攻关项目[201468-2]、山西大同大学 2015 年度“一院一品”教育教学改革项目、山西大同大学大学生创新实验项目[2016XDC103]。

## 参考文献 (References)

- [1] 刘永庆, 沈美娟. 黄花菜品种资源研究[J]. 园艺学报, 1990, 17(1): 45-46.
- [2] 韩志平, 陈志远, 黄蕊, 等. 1-MCP 对黄花菜贮藏保鲜效果的研究[J]. 山西大同大学学报, 2012, 28(6): 49-51.
- [3] 曹辉, 于晓英, 邱收, 等. 盐胁迫对董草生长及其相关生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2007, 33(6): 690-693.
- [4] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [5] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [6] 赵会杰. 抗坏血酸含量及抗坏血酸过氧化物酶活性的测定[C]//中国科学院上海植物生理研究所、上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999.
- [7] 宗学风, 王三根. 植物生理研究技术[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2011.
- [8] 王孝平, 邢树礼. 考马斯亮蓝测定蛋白质含量的研究[J]. 天津化工, 2009, 23(3): 40-42.
- [9] 李顺, 龙娟, 徐慧妮. 樱桃番茄幼苗对硝酸盐胁迫的生长和生理响应[J]. 西北植物学报, 2014, 34(2): 332-340.
- [10] Parida, A.K. and Das, A.B. (2005) Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**, 324-349. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- [11] 袁祖华, 蔡雁平. 盐胁迫下嫁接黄瓜幼苗有机渗透调节物质含量及膜脂过氧化水平研究[J]. 湖南农业大学学报, 2007, 33(2): 180-182.
- [12] 汪月霞, 孙国荣, 王建波, 等. NaCl 胁迫下星星草幼苗 MDA 含量与膜透性及叶绿素荧光参数之间的关系[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 122-129.
- [13] 金春燕, 孙锦, 郭世荣. 外源亚精胺对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜幼苗生长和活性氧代谢的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(8): 1627-1633.
- [14] Ashraf, M. and Harris, P.J.C. (2004) Potential Biochemical Indicators of Salinity Tolerance in Plants. *Plant Science*, **166**, 3-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024>
- [15] 刘凤荣, 陈火英, 刘杨, 等. 盐胁迫下不同基因型番茄可溶性物质含量的变化[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(1): 99-104.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)