View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Xiamen University Institutional Repository

热带作物学报 2011，32(9)：1679-1682
Chinese Journal of Tropical Crops

NaCl 胁迫对两种铁线子属果树叶片生理特性的影响

刘育梅[1,2]，胡宏友[2]，童庆宣[1]，李学梅[2]，池敏杰[1]，卢昌义[2*]

1 厦门华侨亚热带植物引种园，福建厦门 361002
2 厦门大学海洋与环境学院，福建厦门 361006

摘 要 采用盆栽试验法，对铁线子属果树人心果[*Manilkara zapota*(L.)van Royen]和古巴牛乳树[*Manilkara roxburghiana* (Wight)Dubard]进行 NaCl 胁迫处理，测定叶片的叶绿素、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、游离脯氨酸、可溶性蛋白等指标及盆土的实际盐度。结果表明，人心果在盐度 1.98‰以内、古巴牛乳树在盐度 2.42‰以内没有盐害；在 NaCl 胁迫下，两树种的叶绿素合成受到明显抑制；随着处理浓度增加，人心果叶片的 SOD 活性升高，各处理浓度下的活性都显著高于对照，但 POD 和 CAT 活性呈现先升后降趋势，古巴牛乳树叶片的 CAT 活性升高，但 SOD 和 POD 活性降低，三者活性在各处理浓度下都显著高于对照；人心果叶片的脯氨酸含量在各处理浓度均显著高于对照，可溶性蛋白含量在处理浓度为 4‰及以上时显著高于对照，古巴牛乳树叶片的脯氨酸、可溶性蛋白在处理浓度为 4‰及以上时显著高于对照，推测脯氨酸、可溶性蛋白作为渗透调节物质在人心果、古巴牛乳树受 NaCl 胁迫过程中起着重要的作用。

关键词 人心果；古巴牛乳树；NaCl 胁迫；生理特性
中图分类号 Q945.78 **文献标识码** A

Effect of NaCl Stress on Physiological Characteristics of Two *Manilkara* Species Leaves

LIU Yumei[1,2], HU Hongyou[2], TONG Qingxuan[1], LI Xuemei[2], CHI Minjie[1], LU Changyi[2]

1 *Xiamen Overseas Chinese Subtropical Plant Introduction Garden, Xiamen, Fujian 361002, China*
2 *College of Oceanography and Environmental Science of Xiamen University, Xiamen, Fujian 361006, China*

Abstracts The physiological characteristics of *Manilkara zapota* (L.) van Royen and *Manilkara roxburghiana* (Wight) Dubard were studied by watering the potted plants with NaCl solution. The characteristics include chlorophyll, proline, soluble protein, SOD, POD, CAT and so on. The results showed that *Manilkara zapota* (L.) van Royen grew well below 1.98‰ NaCl stress condition, so did *Manilkara roxburghiana* (Wight) Dubard below 2.42‰ NaCl stress condition. Under NaCl stress, chlorophyll synthesis was significantly restricted; For *Manilkara zapota* (L.) van Royen, the activity of the SOD increased, however the activity of POD or CAT increased first and then dropped. The content of proline was higher significantly than that of the control, so did the content of soluble protein when the concentration of NaCl was between 4‰~8‰. For *Manilkara roxburghiana* (Wight) Dubard, the activity of CAT increased and that of SOD or POD decreased. The activities of the SOD, POD and CAT differed significantly from that of the control. The content of proline or soluble protein was higher than that of the control when the concentration of NaCl was between 4‰~8‰. The small organic molecules working as osmotic potentials in cells played a key role in salt tolerance for the two species.

Key words *Manilkara zapota* (L.) van Royen; *Manilkara roxburghiana* (Wight) Dubard; NaCl stress; Physiological characteristics
doi 10.3969/j.issn.1000-2561.2011.09.019

植物改良土壤的作用日益受到重视，“生物治碱”已被世界公认为是投资少、见效快、效益大，并已为越来越多的国家所承认和接受的改良利用盐碱地的重要途径[1]，关于植物的耐盐性研究进展应运而生[2]，但耐盐机理相当复杂[3]。我国目前正在开展的果树耐盐性研究主要有葡萄、草莓、无花果、桃、苹果等十来种[4]，尤其对南方果树资源的耐盐性研究较为薄弱，这对于明确不同果树或同种果树不同品种的耐盐性差异远远不够。

人心果[*Manilkara zapota*(L.)van Royen]，隶属山榄科(Sapotaceae)铁线子属(*Manilkara*)，原产美洲热带地区，中国广东、广西、云南、福建等地有

收稿日期：2011-06-23 修回日期：2011-09-02
基金项目：厦门市科技计划项目(No. 3502Z20092023)。
作者简介：刘育梅(1975年—)，女，博士研究生，助理研究员。研究方向：植物资源开发利用。*通讯作者，卢昌义，E-mail: lucy@xmu.edu.cn。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

种植，为热带地区著名水果，果含糖量较高，可以生食或制作饮料，树干含的白色乳汁是制口香糖的原料，因树型优美，亦可做园林绿化树种[5]；古巴牛乳树[*Manilkara roxburghiana*(Wight)Dubard] 和人心果同科同属，原产古巴、巴西等国的热带地区，是一种树型优美具观赏性、果实可食用的优良热带果树。两种果树目前在厦门适应性良好，但要在沿海地区扩大种植时，可能会受到沿海地带盐碱地较高 NaCl 胁迫的影响，目前未见两者的抗盐性研究报道。笔者研究浓度梯度 NaCl 溶液对两种果树幼苗的影响，旨在探讨其在 NaCl 胁迫下的生理生态响应，为果树的耐盐机理提供一定的科学依据，并为在盐度较高的沿海地区开发利用这两种优良果树资源提供土壤学上的理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

选择发育程度基本一致相同规格的的盆栽苗(每盆 1 株，人心果为高压苗，古巴牛乳树为苗龄 2 a 的实生苗)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计　自来水为对照，稀释法配制 2‰、4‰、6‰、8‰梯度浓度的盐溶液，用于不同程度的盐胁迫处理，5 个处理，每个处理 3 个重复。盆土为腐殖土，在搭盖塑料薄膜的荫棚下进行实验，光照充足，湿度较大，盐处理以一次浇透为准，表层土干时继续盐处理(约 10 d)，观察两种果树的盐害现象，至叶子出现 3 级盐害时停止盐处理(注：盐害等级分为 4 级。0 级：无盐害症状；1 级：轻度盐害，叶尖、叶缘变黄的叶片约占 1/5；2 级：中度盐害，叶尖、叶缘变黄的叶片约占 1/2；3 级：重度盐害，大部分叶尖、叶缘变黄；4 级：极重度盐害，叶片焦枯脱落、枝枯，最终死亡)。盐处理时间为 2009-12-21~2010-06-16。盐处理结束后取各植株中部成熟叶片(受盐害植株选取较多绿色的叶片)测试生理生态指标及培养土实际含盐量。

1.2.2 测定项目及方法　叶绿素含量测定采用丙酮-乙醇混合液法[6]，CAT、POD 活性的测定参照张志良和瞿伟菁的方法，SOD 活性的测定参照李合生的 NBT 光还原法[8]，游离脯氨酸的测定采用酸性茚三酮显色法[8]、可溶性蛋白的测定采用考马斯蓝染料结合法[8]。

1.2.3 数据分析　应用 SPSS 13.0 统计软件分析试验数据，Excel 程序绘柱状图，拟回归方程获得相关性。

2 结果与分析

2.1 盆土实际盐度与盐害现象

盐害处理结束时，测得人心果的盆土实际含盐量从低到高为 0.04‰、1.02‰、1.98‰、2.88‰、4.28‰，其中前 3 个梯度处理未出现盐害，2.88‰的盆土环境出现 2 级盐害，4.28‰的盆土环境出现 3 级盐害；古巴牛乳树的盆土实际含盐量从低到高为 0.02‰、1.21‰、2.42‰、3.38‰、4.05‰，其中前 3 个梯度处理未出现盐害，3.38‰的盆土环境出现 2 级盐害，4.05‰的盆土环境出现 3 级盐害。两种果树具有较高的耐盐能力，其中古巴牛乳树的耐盐能力较人心果的高些(见表 1)。

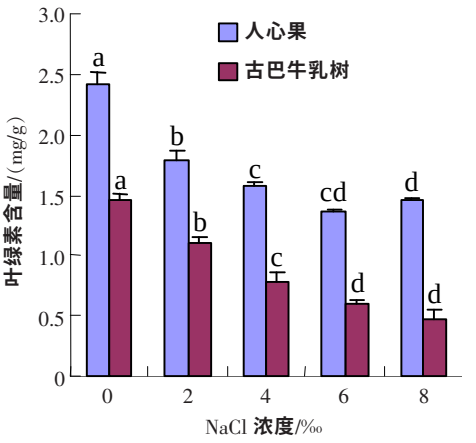
表 1　盆土实际盐度及盐害级别

NaCl 浓度/‰	人心果		古巴牛乳树	
	实际盆土盐度/‰	盐害级别	实际盆土盐度/‰	盐害级别
0	0.04±0.00	0	0.02±0.00	0
2	1.02±0.03	0	1.21±0.02	0
4	1.98±0.00	0	2.42±0.01	0
6	2.88±0.01	2	3.38±0.03	2
8	4.28±0.03	3	4.05±0.02	3

说明：表中数据为 3 个重复的平均值。

2.2 NaCl 胁迫对人心果、古巴牛乳树叶绿素含量的影响

通过拟回归方程得知，人心果和古巴牛乳树的回归方程分别为 $y=-0.242x+2.446$(r=0.9107)，$y=-0.248x+1.628$(r=0.9791)，结合图 1，可知人心果和古巴牛乳树的叶绿素含量与处理浓度呈现负相关，各处理盐度的叶绿素含量与对照有显著差异，即在各处理盐度下，两树种的叶绿素含量均显著低于对照。



图中不同字母表示差异显著($p<0.05$)，下同。

图 1　NaCl 胁迫下叶绿素含量

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.3　NaCl 胁迫对人心果、古巴牛乳树叶片 SOD、POD、CAT 等活性的影响

由图 2~4 可知，人心果的 SOD 活性随处理浓度增加而升高，各处理浓度下的活性都显著高于对照，POD 和 CAT 活性随处理浓度增加呈现先升后降趋势，其中 POD 活性在 2‰处理浓度时达到最高，之后随浓度上升而下降，在 4‰时和对照没有显著差异，随着浓度进一步增加，活性持续下降，在 6‰、8‰处理浓度时显著低于对照；CAT 活性在 4‰处理浓度时达到最高，之后随处理浓度增加而下降，在处理浓度为 6‰、8‰时均低于对照，与对照均无显著差异。

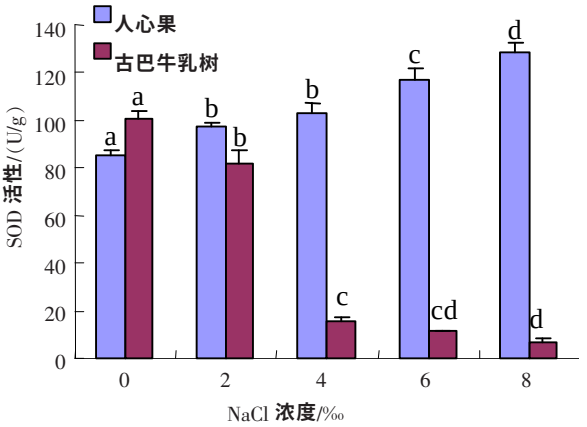


图 2　不同 NaCl 胁迫浓度下 SOD 活性

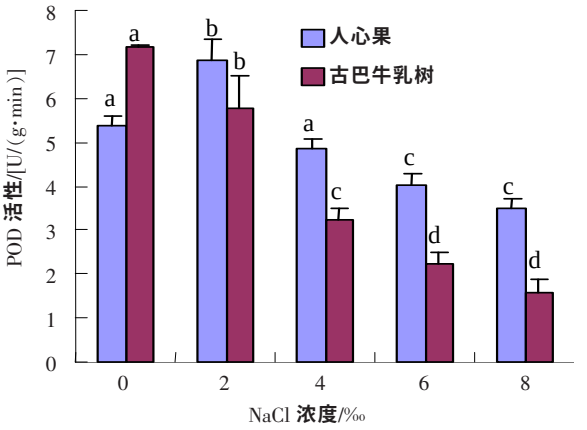


图 3　不同 NaCl 胁迫浓度下 POD 活性

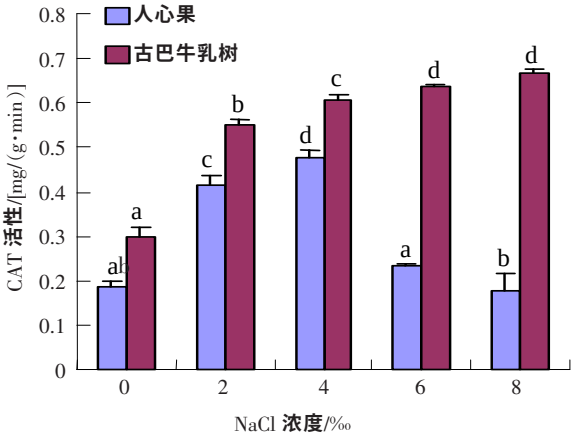


图 4　不同 NaCl 胁迫浓度下 CAT 活性

古巴牛乳树在 NaCl 胁迫下，叶片 SOD 和 POD 活性随处理浓度增加而降低，但降低幅度逐渐减少，其中 SOD 活性在 4‰和 6‰处理浓度下没有显著差异，在 6‰和 8‰处理浓度下也没有显著差异，POD 活性在 6‰和 8‰处理浓度下没有显著差异。但 SOD、POD 活性在各处理浓度均与对照有显著差异，即各处理浓度的 SOD、POD 活性都显著低于对照。CAT 活性随处理浓度增加而升高，其中 6‰和 8‰处理浓度下的活性没有显著差异，但各处理浓度下的活性都显著高于对照。

结果可知，随着处理浓度增加，SOD 活性在人心果内随之增加，在古巴牛乳树内却随之降低；POD 活性在人心果内随之先升后降，在古巴牛乳树内却随之降低；CAT 活性在人心果内随之先升后降，在古巴牛乳树内却随之升高。可见三者活性变化规律在不同植物中存在差异，其中人心果的 SOD 活性和古巴牛乳树的 CAT 活性随处理浓度增加而持续上升，且与对照存在显著差异。

2.4　NaCl 胁迫对人心果、古巴牛乳树叶片脯氨酸、可溶性蛋白等含量的影响

由表 2 可知，在 NaCl 胁迫下，人心果、古巴牛乳树的脯氨酸、可溶性蛋白含量均随处理浓度的增加而上升，其中人心果的脯氨酸含量在各处理浓度均显著高于对照，可溶性蛋白在较低的处理浓度(2‰以内)时变化不显著，在 4‰及以上处理浓度时含量显著高于对照；古巴牛乳树的脯氨酸、可溶性蛋白在较低的 NaCl 处理浓度(2‰以内)时变化不显著，在 4‰及以上处理浓度时显著高于对照。可见，在 NaCl 胁迫下，脯氨酸、可溶性蛋白等有机

表 2　NaCl 胁迫对人心果、古巴牛乳树叶中脯氨酸、可溶性蛋白的影响

NaCl 浓度/‰	人心果		古巴牛乳树	
	脯氨酸/(mg/g)	可溶性蛋白/(mg/g)	脯氨酸/(mg/g)	可溶性蛋白/(mg/g)
0	92.73±4.69 a	0.60±0.04 a	85.19±3.57 a	1.53±0.06 a
2	103.56±2.02 b	0.70±0.06 ab	142.33±6.00 a	1.85±0.13 ab
4	114.86±3.09 c	0.84±0.06 b	538.17±77.33 b	2.05±0.05 b
6	123.55±2.79 d	1.99±0.17 c	1 864.34±49.77 c	2.27±0.21 b
8	141.16± 3.90 e	2.55±0.15 d	2 179.31±234.20 d	3.01±0.40 c

说明：表中数据是 3 个重复试验的平均值，同列的不同字母代表差异显著($p<0.05$)。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

小分子均随处理浓度增加而持续上升，并在一定浓度下显著高于对照。

3 讨论与结论

(1)SOD、POD和CAT是植物体内抗氧化酶系统中的几种主要保护酶类，它们系统作用、有效地清除代谢过程中产生的活性氧，使生物体内的活性氧维持在一个低水平上，从而防止了活性氧引起的膜脂过氧化及其它伤害过程[9]。在本实验中，无论古巴牛乳树还是人心果，SOD、 POD、CAT活性变化与NaCl处理浓度有很好的相关性，这与Hemandez等[10]、He等[11]、Benavides等[12]、Li等[13]、Lee等[14]、Mittova等[15]的研究结果相符。古巴牛乳树和人心果同为山榄科铁线子属，对于古巴牛乳树，NaCl处理浓度小于4‰时植株没有盐害现象，随着盐胁迫浓度的递增，在NaCl 处理浓度达到6‰时，植株出现了二级盐害，此时CAT活性随之递增，目的为防止膜脂过氧化及其它伤害过程，但SOD、POD的活性随NaCl处理浓度升高而明显下降，对于人心果，SOD活性随处理浓度持续上升，但POD和CAT活性先随处理浓度增加而上升，在一定浓度下活性又开始下降，实验结果表明，SOD、POD和CAT活性的变化规律因树种不同而不同，具体变化情况有待进一步探讨。据买合木提·卡热等[16]研究指出“一般地，果树POD活性随NaCl浓度的增加而升高，而随着NaCl胁迫时间的延长其活性有所下降，但都高于对照”。本实验研究结果表明，在NaCl胁迫过程中，古巴牛乳树POD活性在各处理浓度均显著低于对照，而人心果的POD活性在处理浓度为6‰~8‰时也显著低于对照，实验结果不支持买合木提．卡热等的研究结果。

(2)据林栖凤[17]研究报道，盐生植物以无机离子，非盐生植物以有机小分子为主要渗透调节物质。人心果、古巴牛乳树为耐盐性较高的非盐生植物，在NaCl胁迫下，脯氨酸、可溶性蛋白的含量均随处理浓度增加而增加，实验结果推测了脯氨酸、可溶性蛋白等有机小分子作为渗透调节物质在人心果、古巴牛乳树受NaCl胁迫过程中起着重要的作用。

(3)根据中国科学院南京土壤研究所的标准，滨海地区中含盐量超过6‰的为滨海盐土，4‰~6‰的为强度盐化土，2‰~4‰为中度盐化土，1‰~2‰的为轻度盐化土。人心果、古巴牛乳树的适应性好，可作为新型热带果树或园林树种在热带、南亚热带地区以及其滨海内陆地区推广种植，因为具有较高的耐盐性，亦可在轻度盐化土及中度盐化土生长良好。

参考文献

[1] 徐恒刚，布 和，刘书润. 土壤盐渍化对盐生植被的影响[J]. 四川草原，2004(3)：8-10.

[2] 廖 岩，彭友贵，陈桂珠. 植物耐盐性机理研究进展[J]. 生态学报，2007，27(5)：2 077-2 089.

[3] 赵可夫，范 海. 盐生植物及其对盐渍生境的适应生理[M]. 北京：科学出版社，2005：121-193.

[4] 吴强盛，刘 琴. 果树对盐胁迫的响应和耐盐机制研究进展[J]. 长江大学学报(农学卷)，2007，4(4)：9-12，22.

[5] 林来官. 福建植物志(第四卷)[M]. 福州：福建科学技术出版社，1989：310-311

[6] 张治安，陈展宇. 植物生理实验学技术[M]. 长春：吉林大学出版社，2008：68.

[7] 张志良，瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 3版. 北京：高等教育出版社，2003： 268-272.

[8] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京：高等教育出版社，2001：415-420.

[9] 刘素纯，萧浪涛，廖柏寒. 铅胁迫对黄瓜幼苗抗氧化酶活性及同功酶的影响[J]. 应用生态学报，2006，17(2)：300-304.

[10] Hemandez J，Jimenez A，Mullineaux P，*et al*. Tolerance of pea plants(*Pisum sativum*)to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences[J]. Plant Cell Environ. 2000，23：853-862.

[11] He X L，Zhao L L，Li Y P. Effects of AM fungi on the growth and protective enzymes of cotton under NaCl stress[J]. Acta Ecologica Sinica，2005，25(1)：188-193.

[12] Benavides M P，Marconi P L，Gallego S M，*et al*. Relationship between antioxidant defence systems and salt tolerance in *Solanum tuberosum*. Aust[J]. Plant Physiol，2000，27：273-278.

[13] Li G Q，An S Q，Zhang J L，*et al*. 2003. Impact of salt stress on peroxidase activity in *Populus* deltoides cambium and its consequence[J]. Chinese Journal of App lied Ecology，2003，14(6)：871-874.

[14] Lee D H，Kim Y S，Lee C B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice(*Oryza sativa* L.)[J]. Plant Physiol，2001，158：737- 745.

[15] Mittova V，Tal M，Volokita M，*et al*. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*[J]. Plant Cell Environ，2003，26： 845- 856.

[16] 买合木提·卡热，克热木·伊力，吾甫尔·巴拉提. 盐胁迫对扁桃砧木叶片SOD、POD 和CAT 活性的影响[J]. 西北农业学报，2005，14(6)：96-101.

[17] 林栖凤. 耐盐植物研究 [M]. 北京：科学出版社，2004：75-101.

责任编辑：沈德发

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net