

DOI:10.11937/bfyy.201506008

# 化学物质对红心火龙果抗冻生理的影响

陈秀虎<sup>1</sup>, 杨敏<sup>1</sup>, 郑会龙<sup>2</sup>, 皮晓娟<sup>1</sup>, 陈新苗<sup>1</sup>

(1. 清远职业技术学院, 广东 清远 511500; 2. 清远市农业局, 广东 清远 511500)

**摘要:**以3年生红心火龙果为试材,研究了树体喷施化学防冻剂及根施化学物对其抗冻性及抗冻生理的影响,旨在探讨效果好、成本低、作用稳定的防冻技术。结果表明:树体喷施防冻剂的同时根施磷酸二氢钾、谷氨酸和多效唑可显著提高火龙果茎内的脯氨酸和可溶性还原糖的含量( $P < 0.05$ ),明显提高了火龙果的抗冻能力,防冻效果以0.5%的羧甲基纤维素钠混悬液+根施1%磷酸二氢钾、0.2%谷氨酸和4 mg/L多效唑混合溶液组合最佳,没有出现受冻现象。该防冻技术能较好地解决火龙果种植区北移广东清远地区的冻害问题。

**关键词:**火龙果(*Hylocereus undulatus* Britt);化学物质;抗冻生理;抗冻

**中图分类号:**S 667.9 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)06-0030-03

火龙果(*Hylocereus undulatus* Britt)属仙人掌科量天尺属多年生攀援性多肉植物,也称“吉祥果”,因其外表肉质鳞片似蛟龙外鳞而得名。火龙果营养丰富、功能独特,它含有一般植物少有的植物性白蛋白及花青素,富含维生素和水溶性膳食纤维。火龙果原产于巴西、墨西哥等中美洲热带沙漠地区,属典型的热带植物,红心火龙果是诸多品种中品质最佳的品种。据研究报道,火龙果在低于4℃发生冻害,低于0℃时将导致植株死亡<sup>[1]</sup>。近年,清远火龙果种植业发展迅速,但清远地处广东北缘地区,冬季易产生冻害现象,低温冻害是制约清远火龙果业的一大障碍,是困扰果农的最大问题。目前,我国北方栽培的火龙果主要通过根外喷施防冻剂<sup>[2]</sup>、地膜覆盖增温技术、植株外防冻保护措施、大田烟薰技术<sup>[3]</sup>和大棚增温保温技术等措施进行防冻。其中,以植株薄膜覆盖的措施最为常见,防冻效果最好、但成本较高、花工多;喷施化学防冻剂和药剂防控报道的方法各异、效果不一。据此,该试验在根外喷施防冻混合化学物质方面进行探索,旨在找到一种效果好、成本低和作用稳定的防冻技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试火龙果品种为3年生红心火龙果,种植于清远市清新区太平镇来水窝火龙果专业合作社,种植密度

2.0 m×1.5 m。供试化学药剂:羧甲基纤维素钠为广州穗欣化工有限公司产品,磷酸二氢钾为吴江市更生化工有限公司产品,谷氨酸为上海将来实验设备有限公司产品,多效唑(有效成分15%)为安阳全丰生物科技有限公司产品。

### 1.2 试验方法

2012年12月至2013年2月,随机选取25株长势及大小基本一致的试验树,随机分成5组,每组5株树进行5次重复。处理组:2012年12月15日根施防冻化学物质,处理1:根部淋施4 mg/L多效唑(1 L/株);处理2:根部淋施1%磷酸二氢钾和0.2%谷氨酸混合溶液;处理3:根施1%磷酸二氢钾、0.2%谷氨酸和4 mg/L多效唑混合溶液;2012年12月24日,在当年最低温度到来前1周,处理组全株喷施0.5%的羧甲基纤维素钠混合液保护膜。对照1(CK1)植株淋(喷)施清水;对照2(CK2)植株顶部加草然后进行全株薄膜覆盖防冻。2013年12月至2014年2月进行重复性试验。

### 1.3 项目测定

12月24日,即根施化学防冻物质后的第8天,取茎样品,测定还原糖含量;最低温度过后的2013年1月4日,调查各试验处理火龙果的受冻率;同时取茎样品,测定还原糖和脯氨酸含量。用蒽酮比色法测定还原糖含量<sup>[4]</sup>,改进的酸性茚三酮法测定脯氨酸含量<sup>[5]</sup>。

### 1.4 数据分析

以Office Excel为统计分析工具,采用t-检验分别比较对照与处理之间观察指标的差异程度,并规定 $P < 0.05$ 为显著性差异,即有统计学意义。该研究数据均为2年数据的平均值。

**第一作者简介:**陈秀虎(1966-),男,硕士,副教授,研究方向为火龙果种植及植物营养与无土栽培。E-mail:chenxiuhu@126.com.

**基金项目:**清远市科技计划资助项目(2012A011201001)。

**收稿日期:**2014-11-10

## 2 结果与分析

### 2.1 冻害率

2013—2014 年, 试验区试验期间的最低温度均为 2℃ 左右, 对火龙果的冻害影响如表 1 所示, 不同处理组均没有出现植株冻死现象, 但根施多效唑+喷施防冻剂(处理 1), 嫩枝均出现黄色冻伤状, 处理 2 嫩枝的受冻率为 10%; 处理 3 的防冻效果最好, 没有发生冻害症状, 其防冻效果与常规的薄膜覆盖(CK2) 相同; 而冻害期间不采取任何防冻措施的植株(CK1), 极易发生植株冻害、甚至冻死之现象。

表 1 不同处理对火龙果冻害的结果

处理	低温后主要症状	受冻率 /%	冻死率 /%
CK1	植株整体发黄, 部分萎蔫腐烂	100	20
CK2	植株整体绿色变浅, 无黄受症状	0	0
处理 1	植株顶部嫩枝条发生黄色冻伤	100	0
处理 2	部分植株少数顶部嫩枝条发生散发性黄色冻伤	10	0
处理 3	全部植株均无明显变化	0	0

### 2.2 不同处理对火龙果茎可溶性还原糖的影响

由图 1 显示, 低温前(12 月 24 日), 还原糖含量以处理 3 的最高, 显著高于其它处理的( $P<0.01$ ); 其次是处理 1、2 和 CK1, 其含量处理间差异并不明显; CK2 的含量最低, 均显著低于其它处理的( $P<0.05$ )。低温后(1 月 4 日), 处理 3、2 的可溶性还原糖含量出现微升趋势, 显著高于其它处理的( $P<0.01$ ), 可能是磷酸二氢钾和谷氨酸钠与多效唑和低温胁迫之间对可溶性还原糖的积累具有协同作用。而处理 1、CK1 和 CK2 含量则表现为下降的变化趋势, 其中 CK1 下降幅度明显, 其含量比低温前下降了 26.74%, CK2 次之, 下降了 4.2%。

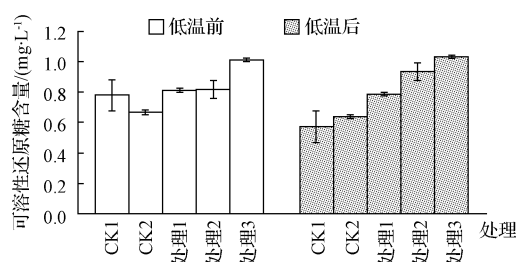


图 1 不同处理低温前后火龙果茎可溶性还原糖含量的比较

### 2.3 不同处理对火龙果茎内脯氨酸含量的影响

试验处理前, 即 2012 年 12 月 14 日, 测定 25 株火龙果脯氨酸的含量非常接近, 各组间没有统计学差异( $P>0.05$ ), 其平均值为  $(1.65 \pm 0.25)$  mg/g。低温过后第 3 天, 即根施防冻化学物质后第 16 天、喷施防护膜后第 8 天, 不同处理火龙果茎内的脯氨酸含量如表 2 所示。处理 3 脯氨酸的含量最高(2.98 mg/g), 约为 CK1 的 2 倍; 处理 2 次之, 其脯氨酸的含量为 2.76 mg/g, 与处理 3 间并无显著性差异, 统计分析发现这 2 个处理的脯氨酸含

量均显著高于其它处理的( $P<0.01$ ); 而受到冻害的 CK1 脯氨酸含量最低(1.52 mg/g), 显著低于其它处理( $P<0.05$ )。该结果表明, 磷酸二氢钾和谷氨酸与火龙果茎内脯氨酸的积累有着密切的相关性, 同时也说明根施多效唑和低温环境均能促进火龙果茎内脯氨酸的积累。

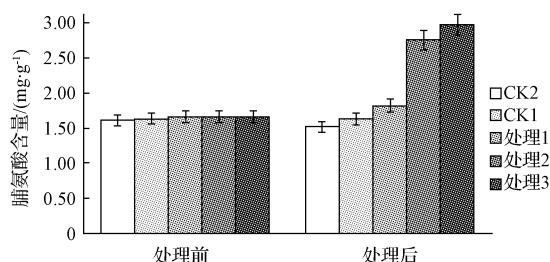


图 2 喷施化学物质对火龙果脯氨酸含量的影响

## 3 讨论

当植物受到冷害胁迫后, 会发生一系列形态及生理生化方面的变化。火龙果在低温下发生冻害, 主要是由于细胞内自由水减少, 细胞膜由液晶态转变成凝胶状态, 细胞膜发生收缩, 严重时膜破裂, 导致细胞内生理代谢混乱, 引起受害部位的伤害以至死亡。

### 3.1 火龙果茎可溶性还原糖含量与抗冻性

根施抗冻化学物质提高火龙果细胞可溶性还原糖含量的主要原因有 3 点, 第一, 根施抗冻化学物质的火龙果植株不需要在顶端覆盖防冻防冷物, 能充分接受阳光进行光合作用积累可溶性还原糖, 低温前 CK2 的可溶性还原糖含量远远低于其它试验组和 CK1( $P<0.05$ ); 第二, 磷酸二氢钾和谷氨酸钠均为植物生理代谢重要的中间活性物质, 能促进其进行光合作用, 低温前处理 2 的可溶性还原糖含量远远高于 CK1( $P<0.01$ )。第三, ABA 类似物是植物生长延缓剂具有抑制生长的作用, 但能促进细胞可溶性还原糖的积累<sup>[6]</sup>, 所以低温前处理 3 的可溶性还原糖含量最高, 与处理 2 间有显著性差异( $P<0.05$ )。

可溶性还原糖是渗透调节物质, 起到防脱水剂的作用, 能降低细胞水势, 增强细胞内自由水的持水力<sup>[7]</sup>, 从而提高其抗冷、抗冻能力。表 1 与图 1 数据显示了可溶性还原糖与受冻害的相关性, 处理 3 可溶性还原糖含量最高, 并与其它处理间有显著性差异( $P<0.05$ ), 受冻率为 0%。除外部防护的 CK2 外, 其它处理均受到不同程度的冻害。

### 3.2 火龙果茎脯氨酸含量与抗冻性

根施抗冻化学物质提高火龙果细胞脯氨酸含量的主要原因有 3 点, 第一, 谷氨酸是高等植物在逆境下通过谷氨酸途径生物合成脯氨酸的初始底物<sup>[8]</sup>。第二, 磷酸二氢钾能促进植物的代谢作用, 有利于植物在胁迫环

境下脯氨酸的合成代谢。第三,可溶性还原糖在脯氨酸鸟氨酸途径合成中提供中间物质和能源物质,保证合成正常运行,还原糖含量与脯氨酸含量呈正相关<sup>[9]</sup>,从而有利于火龙果茎内脯氨酸的积累。

脯氨酸是植物体内重要生理物质,它的亲水性极强,能稳定原生质胶体及组织内的代谢过程<sup>[10]</sup>。游离脯氨酸在植物受到冷害时,能保护酶的空间结构,为生化反应提供足够的自由水及化学和生理活性物质,对细胞起保护作用<sup>[11]</sup>。表1和图2结果显示,处理3的脯氨酸含量最高( $P<0.01$ ),其受冻害率为0%,即火龙果茎的脯氨酸含量与抗冻害能力具有一致性。

### 3.3 羧甲基纤维素钠防护膜与抗冻性

羧甲基纤维素钠防护膜是一种可食性的半透膜,具有透光透气功能<sup>[12]</sup>,目前主要用于水果的包衣保鲜技术。喷施羧甲基纤维素钠防冻抗害的原因有2点:第一,喷施羧甲基纤维素钠能在火龙果茎的外部形成一个微膜防护层,其主要作用是防止雪、霜对火龙果外皮的直接伤害,如表1显示,处理2的受冻害率仅有10%。第二,微膜防护层能形成能阻止对流一个微气候环境,起到一定的保温作用,有利于光合作用,促进可溶性还原糖的积累,如图1所示,低温后处理2的可溶性还原糖含量增加了14.5%。

### 3.4 火龙果顶部加草薄膜覆盖与抗冻性

火龙果顶部加草薄膜覆盖处理后能形成一个小的气候环境,阻断了火果茎与外界低温环境(冰雪物)的直接接触,是一种外界的人为保护作用。因此,低温前后CK2的可溶性还原糖和脯氨酸的含量虽明显低于处理组的(图1、2),但这是其植株没有受到冻害的根本原因

所在。这种防冻方法与综合施用化学防冻物相比成本高,越冬后树体营养积累少,第2年的生长与发育受到直接影响,所以在实际生产中,应考虑用综合施用化学防冻物取代之。

总之,在低温胁迫条件下,综合施用适当的化学物质能促进火龙果茎内可溶性还原糖和脯氨酸的积累,从而增强对低温伤害的抵抗能力,对火龙果北移广东清远安全越冬具有重要作用。

### 参考文献

- [1] 郑小琴,许乾杰.漳州市火龙果低温冻害及其气候分析[J].福建农业科技,2008(2):79-80.
- [2] 张居伟,董继生,杨保东,等.火龙果的引种及保护越冬栽培[J].落叶果树,2007,39(1):20-22.
- [3] 柳旭波.山地枇杷防冻栽培技术[J].江西园艺,1999(6):7-8.
- [4] 陈钧辉.生物化学实验[M].北京:科学出版社,2003:15-16.
- [5] 职明星,李秀菊.脯氨酸测定方法的改进[J].植物生理学通讯,2005,41(3):355-357.
- [6] 武荣花,李东东,张晶,等.植物生长延缓剂对盆栽月季矮化效果的研究[J].河南农业科学,2013,42(5):141-145.
- [7] 刘金文,沙伟,王艳君.低温胁迫对不同物候期细叶杜香的生理影响[J].植物研究,2004,24(2):197-200.
- [8] 全先庆,张渝洁,单雷,等.高等植物脯氨酸代谢研究进展[J].生物技术通报,2007(1):14-18.
- [9] Mien D J, Ort D R. Impact of chilling temperatures on photo-synthesis in warm climate plants[J]. Trends in Plant Science, 2001(6):36-42.
- [10] 江福英,李延.植物低温胁迫及其抗性生理[J].福建农业学报,2002,17(3):190-195.
- [11] 张正斌,山仑.作物生理抗逆性的若干共同机理研究进展[J].作物杂志,1997(4):10-12.
- [12] 李瑜,吴安君,宋磊涛,等.羧甲基纤维素钠大豆分离蛋白复合膜涂膜保鲜蒜米[J].吉林农业科学,2009,34(6):60-62.

## Effect of Chemical Substances on Physiology Antifreeze of Red Pitaya

CHEN Xiu-hu<sup>1</sup>, YANG Min<sup>1</sup>, ZHENG Hui-long<sup>2</sup>, PI Xiao-juan<sup>1</sup>, CHEN Xin-miao<sup>1</sup>

(1. Qingyuan Polytechnic, Qingyuan, Guangdong 511500; 2. Qingyuan City Bureau of Agriculture, Qingyuan, Guangdong 511500)

**Abstract:** With 3-year-old red pitaya (*Hylocereus undulatus* Britt) as the test material, the control experiment was carried out to study the tree body spraying chemical antifreeze and root applying of chemicals on the frost resistance and antifreeze physiology of red pitaya, to discussed a good effect, low cost, stable stabilizing effect antifreeze technology. The results showed that, spraying antifreeze and tree root application of potassium dihydrogen phosphate, glutamic acid and paclobutrazol, could significantly improve proline and soluble sugar of pitaya in stem ( $P<0.05$ ), and significantly improve the ability of antifreeze of pitaya, the best antifreezing effect was the methylcellulose sodium 0.5% suspension + root application 1% potassium dihydrogen phosphate, 0.2% glutamic acid and 4 mg/L paclobutrazol did not appear the phenomenon of freezing. The anti freezing technology could solve the problem of pitaya planting in North area of Qingyuan in Guangdong.

**Keywords:** red pitaya (*Hylocereus undulatus* Britt); chemicals; antifreeze physiology; antifreeze