



陈继群, 刘丽贞, 陈杰忠, 等. 不同钙处理对脐橙裂果及其细胞壁酶活性的影响[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(6): 29-32.

不同钙处理对脐橙裂果及其细胞壁酶活性的影响

陈继群¹, 刘丽贞², 陈杰忠¹, 张海岚¹

(1 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州, 510642; 2 广州丽恒科技开发有限公司, 广东 广州 510630)

摘要:【目的】揭示钙对脐橙裂果的作用机理。【方法】以抗裂果的‘纽荷尔’*Citrus sinensis* cv. Newhall 和易裂果的‘朋娜’*Citrus sinensis* cv. Skagg’s Bonanza 为试材, 进行外源补钙和钙吸收抑制剂处理, 在不同时期记录果实裂果率, 测定果皮钙含量和纤维素酶(CX)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PE)的酶活性。【结果和结论】抗裂的‘纽荷尔’的果皮钙含量高于易裂的‘朋娜’, 同一品种正常果的果皮钙含量高于裂果; 花后 150 d, 质量分数为 2% Ca(OH)₂ 的处理可以显著提高果皮钙含量, 提高果皮硬度, 降低裂果率; 质量分数为 2% Ca(OH)₂ 处理与 CX 酶活性呈负相关关系; 钙能通过影响细胞壁酶活性影响裂果, 其中对‘朋娜’影响显著, 对‘纽荷尔’作用不明显。

关键词:钙; 脐橙; 细胞壁酶; 裂果

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2014)06-0029-04

Effects of various calcium treatments on fruit cracking and cell wall enzyme activities in navel orange

CHEN Jiquan¹, LIU Lizhen², CHEN Jiezhong¹, ZHANG Hailan¹

(1 College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Guangzhou Li-heng Limited Company of Science and Technology Exploitation, Guangzhou 510630, China)

Abstract:【Objective】The objective of the study was to find the relationships among calcium contents, cell wall enzyme activities and fruit cracking. 【Method】Two navel orange (*Citrus sinensis*) cultivars, ‘Skagg’s Bonanza’ and ‘Newhall’ were treated with exogenous calcium or calcium uptake inhibitor. The contents of calcium, the rate of fruit cracking and the activities of polygalacturonase (PG), cellulase (CX), and pectinmethylesterase (PE) were investigated in different periods. 【Result and conclusion】The contents of calcium in ‘Newhall’ was higher than that in ‘Skagg’s Bonanza’. The content of calcium in the normal fruits was higher than that in cracked fruits in the same cultivar. The mass fraction 2% Ca(OH)₂ treatment increased significantly the calcium content in the pericarp and fruit firmness, reducing the rate of fruit cracking 150 days after anthesis. The mass fraction 2% Ca(OH)₂ treatment reduced the activities of cellulase (CX). Calcium affected the incidence of fruit cracking through its effect on the activities of cell wall enzymes. Its effect was significant in ‘Skagg’s Bonanza’ but not in ‘Newhall’.

Key words: calcium; navel orange; cell wall enzymes; fruit cracking

脐橙 *Citrus sinensis* 是芸香科柑橘属甜橙类中的主要品种群, 无核多汁, 肉脆, 经济价值高, 目前在中美洲、南美洲、欧洲及亚洲均有大规模的种植, 为水果市场中的柑橘之王^[1]. 但脐橙裂果非常严重, 果实

收稿日期: 2013-08-29 优先出版时间: 2014-10-03

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20141003.1008.004.html>

作者简介: 陈继群(1987—), 男, 硕士研究生, E-mail: chenjiqun2008@163.com; 通信作者: 张海岚(1965—), 女, 高级农艺师, 博士, E-mail: zhule123@126.com

基金项目: 广东省科技计划项目(2012B020304001)

裂果率一般为5%~10%,高者达20%~30%,不仅严重减产,而且导致商品价值的丧失,严重影响脐橙优质丰产^[2,3].造成果实裂果的原因很多,缺钙是原因之一,特别是果皮的钙含量与果实裂果的关系密切,二者呈负相关关系,而在果实发育期间喷施钙能降低裂果率^[4,6],而且喷施钙对抗裂性不同的品种效果不同^[7].通常认为果实裂果与果皮细胞壁酶活性有关,钙通过影响细胞壁酶活性进而影响果实裂果,但目前关于钙与细胞壁酶活性之间的作用关系的研究不多,作用机理不明.本文选择2个抗裂程度不同的脐橙品种,进行外源补钙和抑制钙处理,以期了解果皮钙含量与果皮细胞壁酶活性和果实抗裂程度之间的关系,从细胞壁代谢情况揭示钙影响果实裂果的机理,为优质脐橙栽培提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验于2011年7—11月在江西赣州的丽恒脐橙基地进行,选用‘朋娜’脐橙 *C. sinensis* cv. Skagg's Bonanza 和‘纽荷尔’脐橙 *C. sinensis* cv. Newhall 这2个脐橙品种,每品种选取15年树龄、树势相当的果树各20棵.运用随机区组设计,在脐橙果实的膨大期(花后120 d,即8月1日),对各品种作如下处理:1)喷质量分数为1%的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$;2)喷质量分数为2%的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$;3)喷5 mmol/L的EGTA;4)喷5 mmol/L的 $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;同时用清水喷施作为对照(CK),各喷1次,4次重复,每个重复1株树.

1.2 测试方法

每隔20 d采样1次,每次从不同方位随机采集果实5~10个,并记录裂果数,用液氮处理,放冰箱内-80℃保存.果皮钙含量用原子吸收法测定^[8],用GY-1型硬度计从果实赤道面测量果实硬度(以硬

度计刺穿果皮的力表示,单位为N),果实裂果率=裂果数/总数×100%.

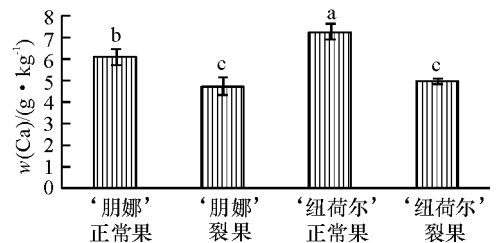
纤维素酶(CX)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性的测定参照董涛^[8]、赵亚华等^[9]方法.果胶甲酯酶(PE)的测定采用NaOH滴定法^[10].

试验数据分析采用SPSS 18.0和Sigmaplot 10.0统计软件.

2 结果与分析

2.1 对果皮钙含量的影响

2.1.1 裂果与正常果的钙含量 6次采样中各果实中的果皮钙含量平均值如图1所示,抗裂性不同的两脐橙品种正常果的果皮钙含量存在差异,‘纽荷尔’脐橙正常果明显高于‘朋娜’脐橙正常果,但是‘朋娜’脐橙裂果和‘纽荷尔’脐橙裂果的果皮钙含量相近,差异不明显.同时,在比较同一品种正常果和裂果时,结果表明两品种正常果的果皮钙含量均高于裂果.



柱子上方凡具有一个相同英文字母者,表示差异不显著($P > 0.05$, Duncan's法).

图1 两品种正常果和裂果的果皮钙含量的差别

Fig. 1 Differences in calcium content in the peel between normal fruits and cracked fruits

2.1.2 各处理中果皮钙含量的动态变化 从图2中可以看出,两品种在处理后的前2个时期,质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理的果皮钙含量均显著高于其

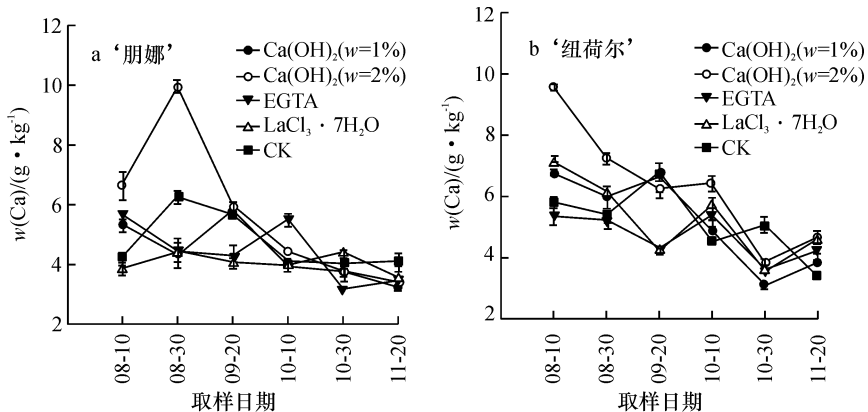


图2 两脐橙品种各处理中果皮钙含量的动态变化

Fig. 2 The variation of total calcium content in the peel of the two navel orange varieties

他处理.而在10月10日以后,两品种的5个处理的果皮钙含量总体上均出现下降趋势.其他处理与对照之间的规律不明显.

2.2 对果实硬度、固形物含量和裂果率的影响

从表1可以看出,两品种在正常情况下,‘纽荷尔’脐橙果实硬度比‘朋娜’脐橙果实硬度高2.67 N,可溶性固形物含量比‘朋娜’脐橙低2.73%,果实裂果率比‘朋娜’脐橙裂果率低3.18%.而在进行补钙和钙抑制剂处理后,除了喷质量分数为2% Ca(OH)₂的处理能显著提高‘朋娜’脐橙果实的硬度外,其他处理对果实硬度的影响没有差异.

各处理对两品种果实可溶性固形物影响不同,喷质量分数为1% Ca(OH)₂的处理可以提高‘朋娜’脐橙果实可溶性固形物含量,而对于‘纽荷尔’脐橙,补钙处理对可溶性固形物没影响,反而钙抑制剂处理(即喷施EGTA和LaCl₃·7H₂O)可以提高其可溶性固形物含量.两脐橙品种中,喷施Ca(OH)₂的两处理的裂果率均低于其他处理,效果显著.对于‘朋娜’脐橙,LaCl₃·7H₂O处理裂果率显著高于对照,对于‘纽荷尔’脐橙,两钙抑制剂处理的裂果率与对照无差异.在调查中发现,果实裂果的高峰出现在8—9月份,即果实的膨大期.

表1 两脐橙品种的果实硬度、可溶性固形物含量和裂果率比较¹⁾

Tab.1 The firmness, content of total soluble solids and cracking rates in the two navel cultivars

品种	处理	果实硬度/N	w(可溶性固形物)/%	裂果率/%
‘朋娜’脐橙	Ca(OH) ₂ (w=1%)	11.46 ± 0.74 b	14.13 ± 0.41 a	2.90 ± 0.15 c
	Ca(OH) ₂ (w=2%)	14.10 ± 0.75 a	13.67 ± 0.12 b	1.15 ± 0.23 d
	EGTA	11.84 ± 0.73 b	13.17 ± 0.12 ab	4.50 ± 0.38 b
	LaCl ₃ ·7H ₂ O	10.89 ± 0.48 b	13.47 ± 0.08 b	5.90 ± 0.25 a
	CK	10.82 ± 0.43 b	13.63 ± 0.36 b	4.84 ± 0.43 b
‘纽荷尔’脐橙	Ca(OH) ₂ (w=1%)	11.81 ± 0.76 a	11.83 ± 0.16 bc	1.25 ± 0.26 d
	Ca(OH) ₂ (w=2%)	12.11 ± 0.53 a	11.27 ± 0.26 bc	0.66 ± 0.21 e
	EGTA	13.31 ± 2.52 a	12.07 ± 0.59 b	1.01 ± 0.18 d
	LaCl ₃ ·7H ₂ O	13.10 ± 2.63 a	13.37 ± 0.06 a	1.25 ± 0.23 d
	CK	13.49 ± 1.26 a	10.90 ± 0.32 c	1.66 ± 0.48 d

1) 同一品种的同列数据后,凡具有一个相同英文字母者,表示差异不显著(P>0.05, Duncan’s法).

2.3 对果皮中细胞壁相关酶活性的影响

图3表明,在处理后的前3个时期,各处理的‘朋娜’脐橙果皮CX酶活性比较微弱,且处理间相

差小,进入成熟期时,各处理酶活性均有上升,而2个Ca(OH)₂处理的增幅明显,达到峰值,后期再下降.而对于‘纽荷尔’脐橙,开始时各处理的果皮CX酶

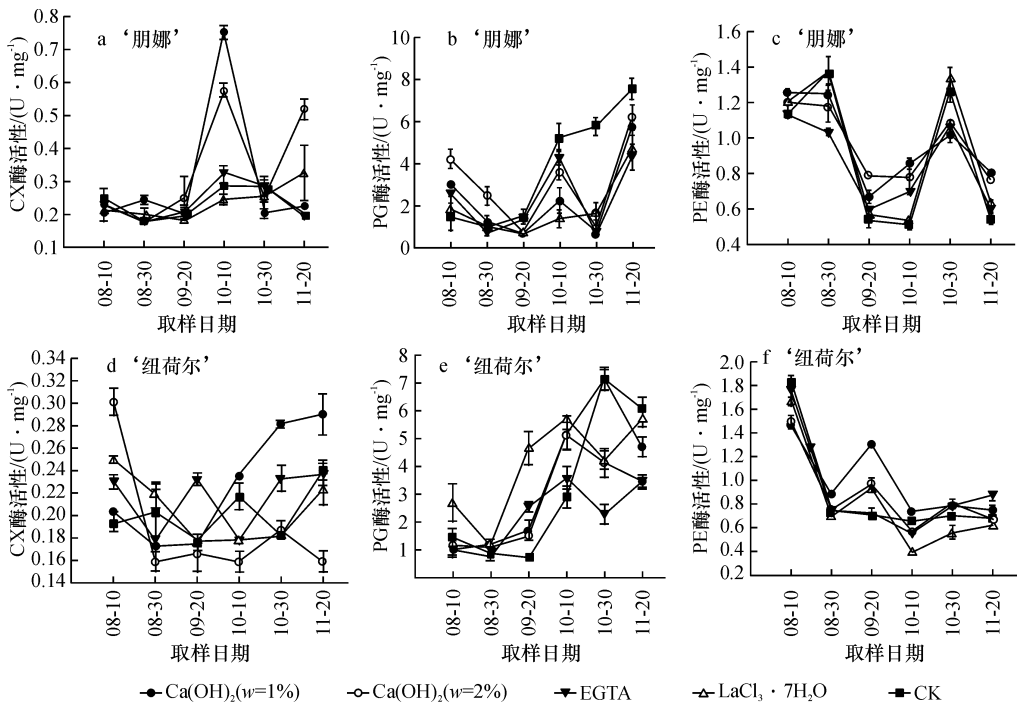


图3 两脐橙品种果皮中细胞壁相关酶的活性

Fig.3 The activities of cell wall enzymes in the peel of the two navel orange varieties

活性均下降,之后再上升,质量分数为1% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理的增幅最大,质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的增幅最小. 处理后的‘朋娜’果实膨大期,各处理的果皮 PG 酶活性均下降,然后成熟期再上升,增幅最大的是对照;‘纽荷尔’果皮 PG 酶活性的变化趋势类似,先降后升,但升的时期比‘朋娜’约早半个月. 两品种的各处理间果皮 PE 酶活性变化趋势不同,处理间差异小.

3 讨论

脐橙果实在发育和成熟过程中发生一系列复杂的生理生化反应. 通常认为在这一过程中果皮不能适应果实内部生长应力的增加是导致裂果的主要原因,这与本试验“抗裂的‘纽荷尔’果实硬度相应高于易裂的朋娜”结论相符,故硬度高可能是果实不易裂果的表面原因.

细胞壁是以纤维素微纤丝网络为骨架,内填果胶、结构蛋白、半纤维素等衬质成分,并以各种化学键交联,这些是构成细胞壁机械性能的物质基础^[11]. 而其中细胞壁酶与之关系密切. CX 是一种复合酶, CX 主要是将无定形纤维素水解成纤维寡糖; PE 能分解果胶长链上的甲酯,将果胶裂解成小分子物质,而 PG 作用于 α -1,4-聚半乳糖醛酸^[12].

本研究中,果实膨大期即为裂果的高峰期,此阶段‘朋娜’脐橙果皮 CX、PG 酶活性均相对较低,而 PE 相对处于高位,说明在影响果实裂果过程中,PE 可能较 CX 和 PG 更为重要. 随着果实的成熟, GX、PG 和 PE 酶活性均有不同程度的升高,但同一酶在两品种间的增幅各有特点,说明这3种水解酶活性与品种特性有关. 细胞内的钙离子可以作为“第2信使”通过钙调蛋白调节酶的活性^[13]. 研究中钙抑制剂的处理在果皮钙含量方面与对照差异不大,对细胞壁酶活性的影响规律不明显. 这可能与钙抑制剂的喷施方式有关.

而在补钙处理中,两品种呈现一定的变化规律. 喷质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的处理在果实膨大期时,显著提高了‘朋娜’脐橙果皮钙含量,并使 CX 酶活性处于微弱状态,然后随着果实的成熟,钙含量不断下降, CX 酶活性却增强,出现峰值,两者呈负相关关系. 同时‘纽荷尔’脐橙在喷质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理中,随着果实的成熟,果皮钙含量不断下降,然而其 CX 酶活性多处于较低水平. 同样,对于 PG 酶活性,喷质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的处理使膨

大期的‘朋娜’脐橙 PG 酶活性高于对照,成熟期低于对照,但喷质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对‘纽荷尔’脐橙 PG 酶活性的影响与对照相比规律不明显. 这说明,通过外源补钙影响果皮钙含量对‘纽荷尔’脐橙细胞壁酶活性影响不大,但却可以影响‘朋娜’脐橙细胞壁的 CX 和 PG 酶活性,进而降低其果实裂果率. 由此说明外源补钙的效果与品种有关. 综合相关因素可以得出,喷质量分数为2% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理的补钙可以提高‘朋娜’脐橙品种果皮钙含量,提高果实硬度,并与 PG 酶活性关系密切,与 CX 酶活性呈负相关关系.

参考文献:

- [1] 胡正月,朱清能,谢日星. 国外脐橙的育种与栽培概况综述[J]. 现代园艺, 2000(5): 29-30.
- [2] 王义林,蔡晓桃,庄国梁,等. 脐橙裂果的相关因素及预防技术[J]. 商界·城乡致富, 1999(5): 27-28.
- [3] 钱开胜. 脐橙裂果原因及其防治的初步探讨[J]. 中国南方果树, 1997, 26(3): 12-22.
- [4] 刘英翠. 钙与裂果相关性研究进展[J]. 山西林业科技, 2008(3): 31-33.
- [5] 刘铁铮,赵习平,付雅丽,等. 外源钙对杏果实裂果的影响研究[J]. 华北农学报, 2009, 24(Z2): 187-189.
- [6] 彭坚,席嘉宾,唐旭东,等. 叶面喷施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和 GA 对糯米糍荔枝裂果的影响[J]. 园艺学报, 2001, 28(4): 348-350.
- [7] 张阁,朱国英,刘成连,等. 甜樱桃果实果肉 Ca^{2+} 质量浓度变化规律及其与裂果的关系[J]. 果树学报, 2008, 25(5): 646-649.
- [8] 董涛. 甜橙果实膳食纤维代谢机理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2009.
- [9] 赵亚华,高向阳. 生物化学实验技术教程[M]. 广州:华南理工大学出版社, 2000.
- [10] ABU-GOUKH A A, BASHIR H A. Changes in pectin enzymes and cellulase activity during guava fruits ripening [J]. Food Chem, 2003, 83(5): 213-218.
- [11] 李建国,黄旭明,黄辉白. 裂果易发性不同的荔枝品种果皮中细胞壁代谢酶活性的比较[J]. 植物生理与分子生物学报, 2003, 29(2): 141-146.
- [12] ZENG Xiuli, ZHANG Guanglun, LI Chunyan, et al. Studies on cell wall enzymes of navel orange (*Citrus sinensis*) Fruit[J]. Subtropical Plant Sci, 2006, 35(2): 12-16.

【责任编辑 李晓卉】