

# Comparative Study on Fruit Texture, Cell Wall Structural Components and Nutrient Content between “Nanfengmiju” and “Nanfengmiguang”

Min Yan<sup>1\*</sup>, Lijuan Luo<sup>1</sup>, Zhongxing Han<sup>1</sup>, Ye Yuan<sup>1</sup>, Jiangbo Li<sup>2</sup>, Wei Du<sup>1</sup>, Yongzhong Liu<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Horticultural Plant Biology of Ministry of Education, College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Nanfeng Institute of Citrus in Fuzhou City of Jiangxi Province, Nanfeng Jiangxi

E-mail: 970854731@qq.com, Luolijuan112233@163.com, 1258637836@qq.com, fzyjlb@163.com,

#liyongzhong@mail.hzau.edu.cn

Received: Aug. 2<sup>nd</sup>, 2019; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2019; published: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2019

---

## Abstract

Fruits having different mastication traits (“Nanfengmiju” with inferior mastication and “Nanfengmiguang” with superior mastication) were sampled at different times of fruit development. Then, fruit mastication, segment membrane hardness and pulp hardness were determined, as well as the protopectin, water-soluble pectin, lignin, cellulose, hemicellulose and nutrient content of the cell wall of the segment membrane. The differences in fruit texture, cell wall structural components and nutrient content were compared between “Nanfengmiju” (*Citrus reticulata* cv. Nanfengmiju) and “Nanfengmiguang” (*C. reticulata* cv. Nanfengmiguang), and the key cell wall structure components and nutrient elements affecting fruit texture were identified. The mastication of “Nanfengmiju” fruit is inferior than “Nanfengmiguang”, which is mainly related to the high hardness of the segment membrane. Compared with “Nanfengmiguang”, the higher contents of the cell wall structural components and the significant difference of six elements including N, Ca, Mn, B, Zn and Mg in the “Nanfengmiju” segment membrane may be the main reasons for the inferior mastication.

## Keywords

Citrus, Segment Membrane, Mastication, Nutrient Content, Cell Wall Component

---

\*第一作者。

#通讯作者。

# 南丰蜜橘和南丰蜜广果实质构特性、细胞壁成分及营养元素比较研究

严敏<sup>1\*</sup>, 罗丽娟<sup>1</sup>, 韩忠星<sup>1</sup>, 袁野<sup>1</sup>, 李江波<sup>2</sup>, 杜威<sup>1</sup>, 刘永忠<sup>1#</sup>

<sup>1</sup>华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室, 湖北 武汉

<sup>2</sup>江西省抚州市南丰柑橘研究所, 江西 南丰

E-mail: 970854731@qq.com, Luolijuan112233@163.com, 1258637836@qq.com, fzyjlb@163.com,

#liuyongzhong@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2019年8月2日; 录用日期: 2019年8月15日; 发布日期: 2019年8月22日

## 摘要

本研究以化渣性差的南丰蜜橘和化渣性好的南丰蜜广柑橘果实为材料, 测定了果实化渣性、囊衣硬度和果肉硬度, 以及囊衣细胞壁原果胶、水溶性果胶、木质素、纤维素、半纤维素和营养元素含量; 比较了这两个品种在果实质地、囊衣细胞壁结构物质及其营养元素含量上的差异; 明确了影响南丰蜜橘果实化渣性的关键物质。研究表明: 南丰蜜橘果实的化渣性比南丰蜜广差的主要原因是其囊衣硬度高; 与南丰蜜广相比, 南丰蜜橘囊衣细胞壁结构物质含量高以及N, Ca, Mn, B, Zn和Mg等营养元素含量的差异可能是导致南丰蜜橘果实化渣性差的重要原因。

## 关键词

柑橘, 囊衣, 化渣性, 营养元素, 细胞壁成分

Copyright © 2019 by author(s) 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

## 1. 引言

南丰蜜橘(*Citrus reticulata* cv. nanfengmiju)是江西省南丰县的地方特色品种, 根据抚州年鉴统计结果, 2015年江西省南丰蜜橘总产量达172万吨, 是当地支柱性产业。由于栽培管理不当、土壤条件变差等原因, 南丰蜜橘果实不化渣的现象越来越严重, 成为限制其产业发展的重要因素[1]。柑橘果实的化渣性是影响其品质的重要因素, 化渣性差表现为囊瓣入口咀嚼时感觉粗糙、嚼不烂、甚至难以下咽[2]。有研究表明, 果实化渣性受果实细胞壁结构物质含量的影响。曾秀丽[3]的研究认为低含量的纤维素以及高含量的水溶性膳食纤维和水溶性果胶是脐橙果实口感脆而化渣的主要原因; Lei等[2]认为柑橘果实的化渣性是由果实中水溶性果胶和原果胶的比例以及木质素含量决定的, 而与纤维素和半纤维素含量无关, 其中果胶含量可能是影响果实化渣性的主要细胞壁成分。果实化渣性还可能与果实中各种营养元素的含量密切相关。如, 果实氮和磷、叶片氮和钾的含量显著影响柑橘果实的化渣性[4]; 叶面喷施钙和硼能增加果

实总膳食纤维、不可溶性膳食纤维、原果胶和纤维素含量,降低果实水溶性膳食纤维和水溶性果胶含量,从而导致果实化渣性下降[5]。近年来研究认为柑橘果实化渣性可能与果实囊衣特性有关[1] [4] [6] [7] [8],但以往的研究几乎都是围绕果肉进行,而具体到柑橘果实化渣性与柑橘囊衣特性及其营养元素的关系还尚未见详细报道。因此本文以化渣性差的南丰蜜橘和化渣好的南丰蜜广果实的囊衣为材料,对它们囊衣中细胞壁结构物质和营养元素含量开展动态比较分析,以确定囊衣中影响果实化渣性的细胞壁结构物质和调控化渣性的关键营养元素,为改善南丰蜜橘的化渣性品质提供理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

南丰蜜橘(*Citrus reticulata* cv. nanfengmiju)和南丰蜜广(*C. reticulata* cv. nanfengmiguang)的果实采自江西省抚州市南丰县柑橘研究所的研发基地果园。随机选取3棵树势一致的南丰蜜橘和南丰蜜广(3个生物学重复)盛果树,在果实膨大期和成熟期间隔30天左右进行采样。第1次采样时间为果肉开始容易分离的时候,另外由于天气原因,采样时间会有些变动。具体采样时间分别为花后104天(2018年8月7日)、132天、157天和190天。每次采样时,在树冠外围中部的东、南、西、北四个方向各采10个大小一致且健康的果实,共计40个果实,用于测量两个品种的果实质地、囊衣细胞壁结构物质及其营养元素含量。

### 2.2. 测定方法

每个样品随机选取5个果实,分离出囊瓣用于测定果实质地。果实的化渣性、囊衣硬度和果肉硬度等反映质地相关的指数用TA.XT plus质构仪(英国Stable Micro Systems公司)测定[1]。相关测定参数为:P/2探头,测前速度3.00 mm/sec,测中速度1.00 mm/sec,测后速度2.00 mm/sec,触发值5 g。另随机选取15个果实分离得到囊衣,囊衣用液氮冷冻处理后,采用酶联免疫分析试剂盒(江苏酶标生物公司)测定纤维素、半纤维素、木质素、水溶性果胶和原果胶含量。最后20个果实分离得到囊衣,105℃杀青20 min,然后烘干至恒重,用于测定囊衣营养元素含量。全氮用燃烧法,利用Vario MACRO cube(德国Elementar公司)元素分析仪进行测定[9];大量元素磷、钾、钙、镁、硫以及微量元素锌、铁、铜、锰则用ICP-OES 5110(美国Agilent公司)仪器进行测定[10]。

### 2.3. 数据分析

数据处理采用Excel计算平均值和标准误差,使用SigmaPlot 10.0绘制图表,采用SAS软件进行t测验或邓肯法多重比较分析。

## 3. 结果与分析

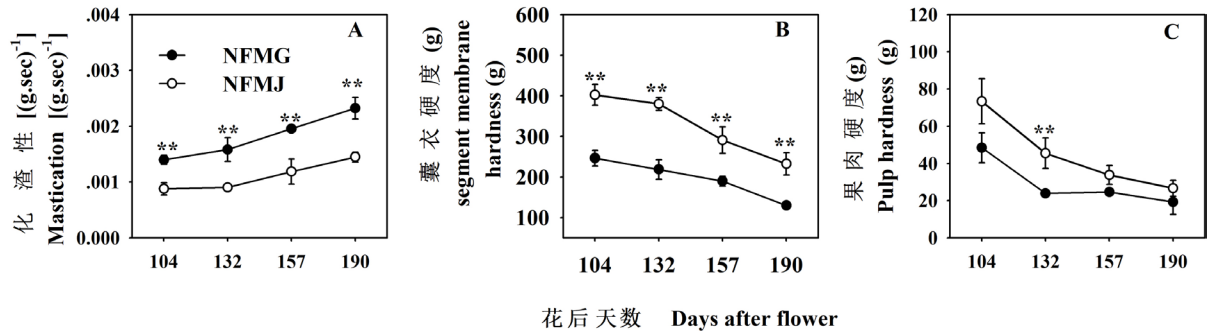
### 3.1. 南丰蜜橘和南丰蜜广果实化渣性和硬度比较

南丰蜜橘和南丰蜜广果实化渣性均随着果实发育而逐渐变好,但南丰蜜橘的化渣性在整个果实发育过程中都显著差于南丰蜜广( $p < 0.01$ ,图1A)。另一方面,南丰蜜橘和南丰蜜广的囊衣硬度(图1B)和果肉硬度(图1C)都随着果实发育逐渐降低,不过南丰蜜橘的囊衣硬度在各发育阶段都显著高于南丰蜜广( $p < 0.01$ ,图1B),而除开花后132天两个品种的果肉硬度有显著差异外,其它时期的差异均不显著。

### 3.2. 南丰蜜橘和南丰蜜广果实囊衣细胞壁成分比较

系统测定了两个品种果实发育过程中囊衣细胞壁相关成分的含量,发现南丰蜜橘囊衣中的原果胶(图2A)、水溶性果胶(图2B)、纤维素(图2D)、半纤维素(图2E)、木质素(图2F)的含量在果实发育的各个阶

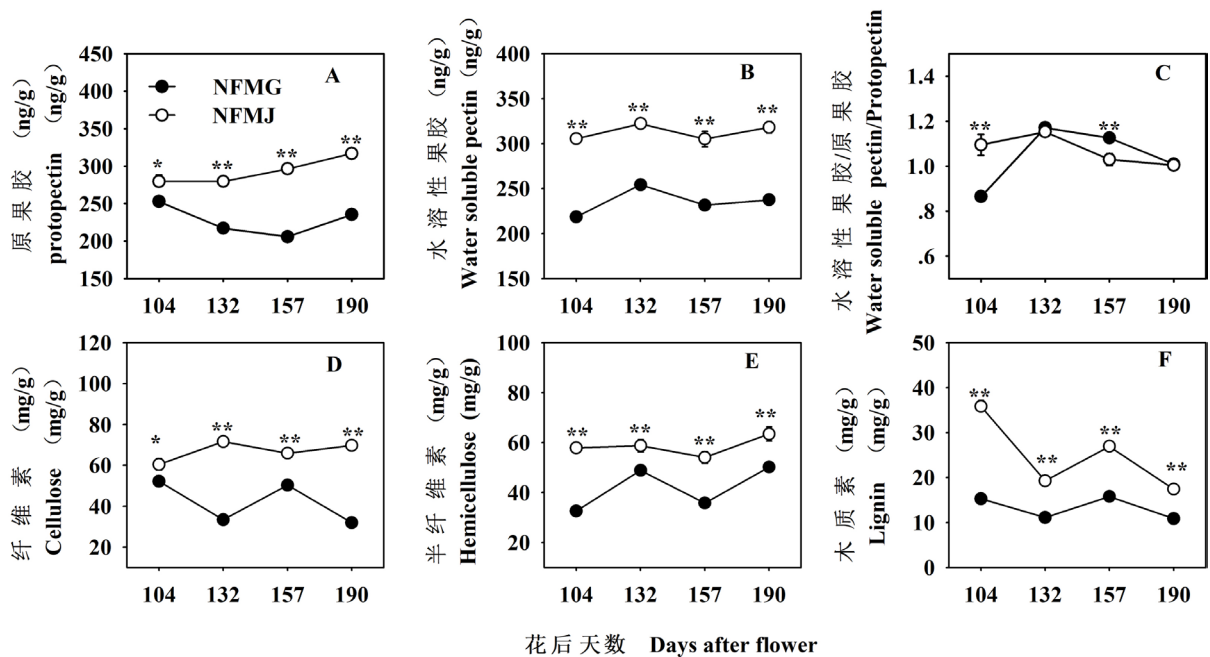
段都显著高于南丰蜜广。南丰蜜橘和南丰蜜广的水溶性果胶与原果胶的比值均呈现出先上升后下降的变化趋势,其中花后 104 天南丰蜜橘的水溶性果胶/原果胶的比值显著高于南丰蜜广,但是在花后 132 天就低于南丰蜜广、且花后 157 天显著低于南丰蜜广(图 2C)。进一步比较两个品种各细胞壁成分在果实发育过程中的变化趋势发现:南丰蜜橘囊衣中的原果胶随着果实发育呈稳定上升的趋势,木质素含量变化波动大,整体呈下降趋势,水溶性果胶、纤维素、半纤维素含量较为稳定,变化幅度小;而南丰蜜广囊衣中原果胶含量先下降后上升,纤维素和半纤维素含量变化波动大,纤维素含量整体呈下降趋势,半纤维素含量整体呈上升趋势,水溶性果胶、木质素含量变化不大(图 2)。



注: 同一采样时间点内, \*表示 P < 0.05 水平差异显著, \*\*表示 P < 0.01 水平差异显著(下图同)。

**Figure 1.** Changes in fruit mastication trait and hardness of Nanfengmiju (NFMJ) and Nanfengmiguang (NFMG) during fruit development

**图 1.** 果实发育过程中南丰蜜橘(NFMJ)和南丰蜜广(NFMG)果实化渣性及硬度变化



**Figure 2.** Changes of cell wall composition contents in Nanfengmiju (NFMJ) and Nanfengmiguang (NFMG) segment membrane during fruit development

**图 2.** 果实发育过程中南丰蜜橘(NFMJ)和南丰蜜广(NFMG)果实囊衣细胞壁各成分含量的变化

### 3.3. 南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣大量元素含量比较

系统测定并比较了果实发育过程南丰蜜橘和南丰蜜广果实囊衣中 N 等 6 种大量元素, 它们的含量在

南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的变化呈现出多样性(表 1)。南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的 N 元素在花后 104 到 157 天均表现持续下降趋势,且南丰蜜橘囊衣中的 N 含量显著高于南丰蜜广;但在花后 157 天后,南丰蜜广 N 含量快速上升,并显著高于南丰蜜橘囊衣中的 N 含量。南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的 P 含量在果实发育过程中变化有些差异,其中南丰蜜橘囊衣中的 P 含量随着果实发育过程逐渐下降,而南丰蜜广囊衣中的 P 含量则随着果实发育过程表现先下降后上升趋势;另一方面,南丰蜜橘囊衣中的 P 含量在花后 104 天和 132 天显著高于南丰蜜广、在花后 157 天显著低于南丰蜜广。南丰蜜橘囊衣中 K 含量在发育过程中呈现先下降后上升趋势,而南丰蜜广囊衣中 K 含量在发育过程中总体呈下降趋势;南丰蜜橘囊衣中 K 含量在花后 104 天和 157 天分别显著高于和低于南丰蜜广囊衣中 K 含量。南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的 Ca 含量均随果实发育而表现下降趋势,其中南丰蜜橘囊衣的 Ca 含量在整个试验过程中极显著高于南丰蜜广。与 Ca 相似,南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的 Mg 也均随果实发育而表现下降趋势,但是南丰蜜橘囊衣中的 Mg 含量在花后 104 天到 154 天显著低于南丰蜜广。南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣中的 S 含量均随着果实发育表现出显著下降趋势,而且两者之间基本上不存在显著差异。

**Table 1.** Changes in the content of macro elements in Nanfengmiju and Nanfengmiguang segment membrane  
**表 1.** 南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣大量元素含量的变化

元素(g·kg <sup>-1</sup> DW)	品种	花后天数 Days after flower (d)			
		104	132	157	190
N	NFMJ	11.37 ± 0.04a	10.91 ± 0.25b	9.33 ± 0.12c	7.18 ± 0.08e
	NFMG	9.20 ± 0.17c	7.91 ± 0.18d	6.65 ± 0.04f	8.05 ± 0.12d
P	NFMJ	1.32 ± 0.03a	1.23 ± 0.05b	1.07 ± 0.02d	0.93 ± 0.04f
	NFMG	1.14 ± 0.03c	0.97 ± 0.04ef	1.01 ± 0.05de	1.22 ± 0.01b
K	NFMJ	10.21 ± 0.36a	8.45 ± 0.18de	8.90 ± 0.15c	8.05 ± 0.09e
	NFMG	9.54 ± 0.28b	8.08 ± 0.06e	8.58 ± 0.25cd	9.55 ± 0.30b
Ca	NFMJ	4.00 ± 0.10b	4.21 ± 0.17a	3.88 ± 0.10b	3.61 ± 0.15c
	NFMG	3.51 ± 0.03c	2.64 ± 0.06d	2.48 ± 0.05d	2.30 ± 0.05e
Mg	NFMJ	1.38 ± 0.03b	1.05 ± 0.05cd	1.04 ± 0.03d	0.83 ± 0.03e
	NFMG	1.97 ± 0.01a	1.39 ± 0.06b	1.11 ± 0.02c	0.87 ± 0.02e
S	NFMJ	0.89 ± 0.04a	0.71 ± 0.01c	0.61 ± 0.02d	0.46 ± 0.04f
	NFMG	0.84 ± 0.04b	0.73 ± 0.03c	0.55 ± 0.03e	0.51 ± 0.01ef

注: NFMJ 表示南丰蜜橘, NFMG 表示南丰蜜广。同一元素内不同小写字母表示样本间的元素含量存在显著差异(P < 0.05)。下表同。

### 3.4. 南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣微量元素含量比较

Fe、Mn、B、Cu、Zn 是微量元素,它们在两个品种囊衣中的变化趋势也存在差异(表 2)。南丰蜜橘囊衣中的 Fe 含量基本上是随着果实发育呈现下降趋势,而南丰蜜广囊衣的 Fe 含量则随着果实发育呈现先下降后上升的趋势,在花后 132 天含量达到最低水平,为 24.9 mg/Kg 左右;南丰蜜橘囊衣的 Fe 含量仅在花后 132 天显著高于南丰蜜广,其它时间显著低于后者。南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣的 Mn 含量均随着果实发育呈现下降趋势,其中南丰蜜橘囊衣的 Mn 含量呈现出显著的上下波动变化,不过在不同时期均显著高于南丰蜜广。另外,南丰蜜橘囊衣的 B、Cu 和 Zn 含量均随着果实的发育呈现下降趋势,而南丰蜜广囊衣的 B 和 Zn 含量也随着果实的发育呈现下降趋势,但是其 Cu 含量则呈现上升趋势。两个品种

比较来看,南丰蜜橘囊衣的 B 含量在整个试验阶段均显著高于南丰蜜广,而 Cu 含量在花后 104 天和 132 天、Zn 含量在花后 132 天到 190 天均显著高于南丰蜜广;和 Fe 一样,南丰蜜橘囊衣的 Cu 含量在花后 190 天显著低于南丰蜜广。

**Table 2.** Changes in the content of micro elements in Nanfengmiju and Nanfengmiguang segment membrane  
**表 2.** 南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣微量元素含量的变化

元素(mg·kg <sup>-1</sup> DW)	品种	花后天数 Days after flower			
		104	132	157	190
Fe	NFMJ	150.68 ± 3.32b	105.46 ± 0.05c	56.39 ± 1.95g	73.15 ± 1.45e
	NFMG	184.93 ± 1.58a	24.90 ± 1.18h	60.78 ± 1.67f	101.13 ± 2.00d
Mn	NFMJ	69.05 ± 1.87b	33.48 ± 1.42d	71.20 ± 1.61a	27.17 ± 1.38e
	NFMG	41.42 ± 1.07c	27.43 ± 0.98e	22.29 ± 0.56f	14.87 ± 0.14g
B	NFMJ	20.51 ± 0.27b	22.53 ± 0.95a	20.37 ± 0.59b	19.40 ± 0.70c
	NFMG	18.06 ± 0.13d	14.95 ± 0.50e	12.14 ± 0.20f	12.38 ± 0.20f
Cu	NFMJ	5.84 ± 0.54a	5.10 ± 0.32b	3.10 ± 0.13d	2.34 ± 0.04e
	NFMG	2.47 ± 0.09de	2.13 ± 0.69e	2.74 ± 0.26de	3.82 ± 0.29c
Zn	NFMJ	18.32 ± 0.61a	13.25 ± 0.59b	13.10 ± 0.39b	11.85 ± 0.64c
	NFMG	18.10 ± 0.37a	10.88 ± 0.46d	10.77 ± 0.24d	9.87 ± 0.21e

#### 4. 讨论

不化渣的柑橘果实口感粗糙,在吞咽前口中残留大量纤维物质、嚼不烂,甚至难以下咽[11]。柑橘可食部分的囊瓣包含汁胞和囊衣,囊衣作为附带的食用部分,对食用口感有影响[12]。郑苍松[4]研究推测柑橘囊衣细胞壁的致密结构是导致果实不化渣的主要原因。本研究测定了南丰蜜橘和南丰蜜广果实化渣性、囊衣硬度和果肉硬度,发现不化渣的南丰蜜橘的囊衣硬度均极显著高于化渣性好的南丰蜜广,且两个品种的果肉硬度差异基本上不显著。进一步计算相关性发现,果实的化渣性与囊衣硬度呈极显著负相关( $r = -0.999^{**}$ ),表明柑橘果实囊衣硬度与果实化渣性密切相关。

果实细胞壁富含果胶、纤维素、半纤维素和木质素,这些细胞壁结构物质被认为是影响果实质的主要成分[12]-[17]。前人研究认为果实化渣性的变化与细胞壁成分变化密切相关。如 Karakurt 等[18]等发现溶质桃中水溶性果胶含量显著高于非溶质桃;高婧斐等[8]研究发现清见果实较高水平的水溶性果胶和低水平的木质素、纤维素、半纤维素有利于果实形成良好化渣性。Lei 等[13]比较了化渣性不同的奉节脐橙果实细胞壁成分,发现化渣性差的奉节脐橙果肉中水溶性果胶含量低,总果胶、纤维素和半纤维含量高;而且 Lei 等[2]也比较了不同化渣性的南丰蜜橘果实细胞壁成分,认为南丰蜜橘果实的化渣性是由果实中水溶性果胶和原果胶的比例以及木质素含量决定,而与纤维素和半纤维素含量关系不大;辜青青等[7]将沙糖桔和不同化渣性的南丰蜜橘对比,发现南丰蜜橘果实化渣性与纤维素含量密切相关,并且果实膨大前期至中期是纤维素降解的重要时期。本研究则以化渣性差的南丰蜜橘和化渣性好的南丰蜜广果实囊衣为材料,对比分析了两个品种果实囊衣中的细胞壁成分差异及变化,发现果实发育过程中化渣性差的南丰蜜橘囊衣细胞壁中水溶性果胶、原果胶、纤维素、半纤维素和木质素含量均显著高于化渣性较好的南丰蜜广,不过南丰蜜橘和南丰蜜广囊衣水溶性果胶与原果胶比例没有显著性差异,与 Lei 等[2]以整个果实为材料的研究结果有些不一致。本研究进一步确定南丰蜜橘果实化渣性差与其囊衣细胞壁结构性

物质的形成和高积累密切相关。

前人一些研究发现,柑橘生产上施肥不当,将导致树体营养元素失衡、果实变硬、变酸、不化渣[19]。李国怀[20]等研究表明在温州蜜柑的幼果期施用钾肥,能促进果皮发育、增加果皮厚度;在脐橙叶面喷施钾肥能减缓原果胶、纤维素和半纤维素的分解,从而增加果皮硬度来减轻脐橙的陷痕果发生率[21];王鲲鹏等[22]研究发现降低温州蜜柑氮、磷和钾的施用量,能显著降低温州蜜柑汁胞膜中纤维素含量、汁胞膜及囊衣中水溶性果胶含量,改善温州蜜柑果实化渣性。郑苍松[4]研究发现果实化渣性好的南丰蜜橘中氮含量较高;当果实磷含量大于 0.13%时,果实化渣性则随着果实中磷含量的增加而变差,叶片钾含量的增加也会使得南丰蜜橘果实化渣性变差。本研究以果实的囊衣为材料,结果表明,化渣性差的南丰蜜橘 N、P 和 K 含量在花后 104 天到 157 天都高于化渣性好的南丰蜜广,仅在花后 190 天显著低于后者;在一定范围内,南丰蜜橘果实的化渣性与囊衣中 N、P、K 的含量成反比,相关系数分别为-0.989\*、-0.989\*和-0.673。这一结果与郑苍松[4]的研究结果不一致,这种不一致性可能与本研究是以囊衣为材料进行测定相关。

钙、硼是与果实品质形成密切相关的两个矿质元素,植物体内钙和硼的比例对果实品质有重大影响,钙离子与 HG 形成(HG-Ca<sup>2+</sup>)复合物以及硼酸交联 RG-II 形成的 dRG-II-B 复合物共同作用,以维持细胞壁果胶网络交联和细胞壁稳定[23]。对温州蜜柑喷施钙肥,提高果实中的含钙量,抑制果胶分解,有效地强化细胞壁的硬度,从而减少浮皮果的发生[24]。刘磊超等[25]观察了枳橙砧木细根根尖成熟区和幼嫩叶片细胞结构,发现缺硼处理导致根尖和叶片部的细胞排列疏松紊乱、细胞间隙增大、细胞变形破裂。Zheng 等[26]对南丰蜜橘在推荐施肥的基础上增施钙肥和镁肥,显著降低了果实中不溶性膳食纤维含量,提高了果实化渣性。在本研究中,花后 104 到 190 天,化渣性差的南丰蜜橘囊衣钙和硼的含量均显著高于化渣性好的南丰蜜广,囊衣原果胶含量也显著高于南丰蜜广且呈上升趋势,暗示果实发育过程中南丰蜜橘囊衣钙和硼含量高有助于细胞壁果胶网络交联更稳定,导致其囊衣硬度更高、果实化渣性差。在花后 104 到 154 天,南丰蜜橘囊衣的镁的含量都显著低于南丰蜜广,与前人研究结果一致,即镁含量的增加能提高果实化渣性[26]。

综上所述,南丰蜜橘果实的化渣性比南丰蜜广差的主要原因是其囊衣硬度高;与南丰蜜广相比,南丰蜜橘囊衣细胞壁结构物质含量高以及 N, Ca, Mn, B, Zn 和 Mg 等营养元素含量的差异可能是导致南丰蜜橘果实化渣性差的重要原因。

## 基金项目

现代农业产业技术体系建设专项(CARS-26)。

## 参考文献

- [1] 魏清江,汪妙秋,曾知富,杨成泉,彭抒昂,刘永忠.南丰蜜橘化渣性评价及不同结果习性果实的品质比较[J].中国农业科学,2014,47(6):1162-1170.
- [2] Lei, Y., Liu, Y.Z., Gu, Q.Q., Yang, X.Y., Deng, X.X. and Chen, J.Y. (2012) Comparison of Cell Wall Metabolism in the Pulp of Three Cultivars of "Nanfeng" Tangerine Differing in Mastication Trait. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **92**, 496-502. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4554>
- [3] 曾秀丽,张光伦,吕秀兰,龚荣高,罗楠,胡强.3类生境下脐橙果实细胞壁酶、瓤囊壁超微结构和品质变化的研究[J].果树学报,2006,23(5):670-675.
- [4] 郑苍松.南丰蜜橘果实品质和土壤-树体营养的关系及其调控[D]:[博士学位论文].武汉:华中农业大学,2015.
- [5] Dong, T., Xia, R.X., Xiao, Z.Y., Wang, P. and Song, W.H. (2009) Effect of Pre-Harvest Application of Calcium and Boron on Dietary Fibre, Hydrolases and Ultrastructure in "Cara Cara" Navel Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Fruit. *Scientia Horticulturae*, **121**, 272-277. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.02.003>
- [6] 汪妙秋.南丰蜜橘生长与结实方式对果实品质的影响[D]:[硕士学位论文].武汉:华中农业大学,2013.

- [7] 辜青青, 唐红英, 魏清江, 古湘, 冯芳芳, 罗正荣. 南丰蜜橘果实纤维素代谢与化渣的关系研究[J]. 园艺学报, 2016, 43(5): 867-875.
- [8] 高婧斐, 汪志辉, 熊博, 石冬冬, 张婷婷, 曾海琼, 玲廖, 曹淑燕, 古咸杰, 李清南. 细胞壁组分及酶活性与清见果实囊衣绵韧的相关性[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 131.
- [9] 张薇, 付昀, 李季芳, 孟霞, 杨君. 基于凯氏定氮法与杜马斯燃烧法测定土壤全氮的比较研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(35): 172-175.
- [10] 何恬叶, 张颖红, 胡子文. 微波消解 ICP-OES 法测定土壤样品中 22 种元素[J]. 分析试验室, 2018, 37(1): 84-87.
- [11] 鲁振华, 高登涛, 牛良, 等. 钙处理对桃果肉钙离子的分布及果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(20): 61-65.
- [12] Wang, X., Lin, L., Tang, Y., Xia, H., Zhang, X., Yue, M., Qiu, X., Xu, K. and Wang, Z. (2018) Transcriptomic Insights into Citrus Segment Membrane's Cell Wall Components Relating to Fruit Sensory Texture. *BMC Genomics*, **19**, 280. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4669-y>
- [13] Lei, Y., Liu, Y.Z., Zeng, W.F. and Deng, X.X. (2010) Physicochemical and Molecular Analysis of Cell Wall Metabolism between Two Navel Oranges (*Citrus sinensis*) with Different Mastication Traits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **90**, 1479-1484. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3970>
- [14] Wang, D., Yeats, T.H., Uluisik, S., Rose, J.K.C. and Seymour, G.B. (2018) Fruit Softening: Revisiting the Role of Pectin. *Trends in Plant Science*, **23**, 302-310. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.01.006>
- [15] 李春燕, 张光伦, 曾秀丽, 等. 细胞壁酶活性与甜橙果实质地的相关性研究[J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 73-76.
- [16] 高滋艺, 范献光, 杨惠娟, 蒋小兵, 杨亚州, 赵政阳, 党智宏. 苹果发育过程中细胞壁代谢及果肉质地的变化[J]. 食品科学, 2016, 37(19): 70.
- [17] 唐红英. 南丰蜜橘纤维素、半纤维素代谢与化渣性关系研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西农业大学, 2015.
- [18] Karakurt, Y., Huber, D.J. and Sherman, W.B. (2000) Quality Characteristics of Melting and Non-Melting Flesh Peach Genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1848-1853. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200010\)80:13<1848::AID-JSFA732>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200010)80:13<1848::AID-JSFA732>3.0.CO;2-0)
- [19] 贵会平, 胡承孝, 郑苍松, 谭启玲, 费甫华, 卢梦玲, 澍谭. 温州蜜柑花矿质元素含量与果实品质关系的研究[J]. 中国南方果树, 2015, 44(2): 10-13.
- [20] 李国怀, 刘娟旭. 施钾肥对温州蜜柑果实发育裂果和品质的影响[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 43-46.
- [21] 李娟, 罗伟金, 陈杰忠, 姚青, 万继锋, 黄战威. 磷酸二氢钾对脐橙陷痕果发生及果皮细胞壁代谢的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(7): 1235-1242.
- [22] 王鲲鹏, 韩旭, 张志成, 朱宗瑛, 谭启玲, 胡承孝. 推荐施肥对“温州蜜柑”和“南丰蜜橘”品质与化渣性的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(10): 1190-1196.
- [23] Funakawa, H. and Miwa, K. (2015) Synthesis of Borate Cross-Linked Rhamnolacturonan II. *Frontiers in Plant Science*, **6**, 233. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00223>
- [24] 聂赞. 喷钙对温州蜜柑果实不同形态钙含量及品质的影响[J]. 中国柑桔, 1994, 23(3): 1007-1413.
- [25] 刘磊超, 姜存仓, 董肖昌, 吴秀文, 刘桂东, 卢晓佩. 硼胁迫对枳橙砧木细根根尖成熟区和幼嫩叶片细胞结构的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(24): 4957-4964.
- [26] Zheng, C.-S., Lan, X., Tan, Q.-L., Zhang, Y., Gui, H.-P. and Hu, C.-X. (2015) Soil Application of Calcium and Magnesium Fertilizer Influences the Fruit Pulp Mastication Characteristics of Nanfeng Tangerine (*Citrus reticulata* Blanco cv. Kinokuni). *Scientia Horticulturae*, **191**, 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.05.008>



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；  
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

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

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