

几种硒肥对沙糖橘果实硒含量、有机硒转化率及品质的影响

梅正敏*, 雷新南, 甘海峰#, 贺申魁, 张社南, 唐燕玲, 傅翠娜, 区善汉

广西特色作物研究院/广西柑橘育种与栽培工程技术研究中心, 广西 桂林
Email: mzm077@126.com, #460014773@qq.com

收稿日期: 2021年7月11日; 录用日期: 2021年9月3日; 发布日期: 2021年9月14日

摘要

以沙糖橘成年结果树为试材, 在不同年份、不同果园、不同生育期, 施用不同硒肥, 探讨几种硒肥对沙糖橘果实硒的转化、含量及果实品质的影响。结果表明: 2018年试验8个处理全部测出含硒, 且所含硒的形态全部为有机硒, 有机硒转化率达100%, 而对照果实并未测出含硒。其中处理1、3、4、5、7、8的果实硒含量在成熟采收时, 均能达到广西富硒水果标准(硒含量0.01~0.1 mg/kg)。不同硒肥处理沙糖橘果实果皮较对照果实果皮薄, 但各处理果实单果重、果实纵横径、可溶性固形物、还原糖、转化糖、总糖和VC含量以及果面色差a值、b值、L值与对照无显著差异; 沙糖橘喷施硒肥在促进果实成熟早期提高可溶性固形物含量、总糖含量、可滴定酸含量方面作用明显, 对提早成熟具有一定作用。建议生产富硒沙糖橘可在果实膨大期至着色初期喷施黑金津500倍、阻隔灵300倍3次, 在果实膨大期喷施黑金津400倍2次、喷施农希科1200倍液3次, 在果实膨大期和着色初期喷施黑金津500倍各1次。

关键词

硒肥, 沙糖橘, 果实, 硒含量, 品质

Effects of Several Selenium Fertilizers on Selenium Content, Organic Selenium Conversion Rate and Quality of Shatangju Fruit

Zhengmin Mei*, Xinnan Lei, Haifeng Gan#, Shenkui He, Shenan Zhang, Yanling Tang, Cuina Fu, Shanhan Ou

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 梅正敏, 雷新南, 甘海峰, 贺申魁, 张社南, 唐燕玲, 傅翠娜, 区善汉. 几种硒肥对沙糖橘果实硒含量、有机硒转化率及品质的影响[J]. 植物学研究, 2021, 10(5): 648-657. DOI: 10.12677/br.2021.105081

Guangxi Academy of Special Crops/Guangxi Engineering Research Center of Citrus Breeding and Cultivation,
Guilin Guangxi
Email: mzm077@126.com, #460014773@qq.com

Received: Jul. 11th, 2021; accepted: Sep. 3rd, 2021; published: Sep. 14th, 2021

Abstract

Taking mature fruit trees of Shatangju as materials, different selenium fertilizers were applied in different years, different orchards and different growth stages to study the effects of selenium fertilizers on the selenium transformation, selenium content and quality of Shatangju fruit. The results show that selenium was detected in all 8 treatments, and the form of selenium was all organic selenium, and the conversion rate of organic selenium reached 100% in 2018, but the Contrast fruit did not contain selenium. The selenium content of fruits in treatment 1, 3, 4, 5, 7 and 8 reached the standard of selenium-rich fruits in Guangxi (selenium content reached 0.01~0.1 mg/kg). The fruit pericarp of Shatangju treated with different selenium fertilizers was thinner than that of the Contrast, but there were no significant differences in single fruit weight, fruit vertical and horizontal diameter, soluble solids, reducing sugar, invert sugar, total sugar and VC content, fruit surface color a value, b value and L value between the treatments and the Contrast. Spraying selenium fertilizer on Shatangju could increase the soluble solids content, total sugar content and titratable acid content, and had a certain effect on early ripening. It is suggested that the production of selenium-enriched Shatangju can be sprayed with Heijinjin 500 times and Jiejieling 300 times for three times from fruit expansion stage to early coloring stage, Heijinjin 400 times for two times and Nongxike 1200 times for three times during fruit expansion stage, and Heijinjin 500 times for one time during fruit expansion stage and early coloring stage.

Keywords

Selenium Fertilizers, Shatangju, Fruit, Selenium Content, Quality

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

硒有防癌抗癌、抗氧化和调节人体维生素吸收的功效[1], 是维持人体身体健康的一种相对罕见但必需的微量元素, 硒能拮抗重金属[2] [3], 硒能有效减少重金属元素在食物链上的富集[4] [5] [6]。目前, 我国对硒肥的研究主要集中在硒肥对果蔬产量、品质的影响[5] [6] [7] [8] [9], 硒在果蔬植物体内的转化途径[10]和利用硒肥降低果蔬重金属含量的研究[11]。为了探明不同硒肥对沙糖橘果实品质和果实硒含量的影响, 开展本试验研究。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

试验于 2018 年 4 月至 2020 年 2 月分别在广西荔浦市大塘镇万家兴果蔬专业合作社沙糖橘果园(简称

荔浦果园)、广西桂林市灵川县潭下镇神北村广西正鸿生态农业科技有限公司沙糖橘果园(简称灵川果园)、广西桂林市永福县堡里镇仁里屯侯树明沙糖橘果园(简称永福果园)、广西桂林市平乐县张家镇刘小斌沙糖橘果园(简称平乐果园)进行,选择树势生长正常的沙糖橘树进行处理。

试验用商品硒肥:

- 1) 微生物纳米硒:四川中农和润科技公司生产微生物纳米硒叶面肥(硒含量:1500 mg/kg)和根施肥(硒含量:1000 mg/kg)。
- 2) 黑金津:广州冠绿肥料有限公司生产的富硒作物营养液(硒含量:7 g/L)。
- 3) 阻隔灵:桂林桂珠生物科技有限公司、广西农业科学院农业资源与环境研究所和北京中农新科生物科技有限公司联合研制的水稻祛镉叶面肥(硒含量不明)。
- 4) 真希:桂林海扑植物营养科技有限公司生产的纳米硒(硒含量:1500 mg/L)。
- 5) 锌硒葆:长沙隆农农业科技开发有限公司生产的微量元素水溶肥料(硒含量不明)。
- 6) 农希科:中农硒科富硒农业技术研究院生产的富硒营养剂(硒含量不明)。
- 7) 硒之源:安徽玉龙新材料科技有限公司和蚌埠市硒宝 21 绿色食品研究所联合生产富硒肥(硒含量不明)。

2.2. 试验设计

2.2.1. 荔浦果园硒肥处理

2018 年在荔浦果园共选用 3 种不同商品硒肥产品根据生产厂家建议使用时间和浓度共设 9 个处理:

处理 1: 在谢花后至果实膨大期(2018 年 4 月 17 日、4 月 28 日、6 月 11 日、6 月 29 日)喷施微生物纳米硒 4 次,第 1 次和第 4 次喷施 200 倍液,第 2 次和第 3 次喷施 100 倍液并在第 2 次和第 4 次喷施的同时根施 100 倍液 10 kg/株;

处理 2: 在谢花后至果实膨大期(2018 年 4 月 17 日、4 月 28 日、6 月 11 日、6 月 29 日)喷施微生物纳米硒 4 次,第 1 次和第 4 次喷施 200 倍液,第 2 次和第 3 次喷施 100 倍液;

处理 3: 在果实膨大期和着色初期(2018 年 6 月 11 日、6 月 29 日、11 月 9 日)喷施黑金津 200 倍液 3 次;

处理 4: 在果实膨大期和着色初期(2018 年 6 月 11 日、6 月 29 日、11 月 9 日)喷施黑金津 500 倍液 3 次;

处理 5: 在果实膨大期(2018 年 6 月 11 日、6 月 29 日)喷施黑金津 200 倍液 2 次;

处理 6: 在果实膨大期(2018 年 6 月 11 日、6 月 29 日)喷施黑金津 500 倍液 2 次;

处理 7: 在谢花后至着色初期(2018 年 4 月 17 日、6 月 11 日、11 月 9 日)喷施阻隔灵 200 倍液 3 次;

处理 8: 在谢花后至着色初期(2018 年 4 月 17 日、6 月 11 日、11 月 9 日)喷施阻隔灵 300 倍液 3 次。

CK: 喷施清水为对照

2.2.2. 不同硒肥多点试验处理

2019 年在灵川果园、永福果园和平乐果园共设 9 个处理:

A1: 喷施真希 150 倍液, A2: 喷施真希 300 倍液并淋 500 倍液 50 斤水, B1: 喷施锌硒葆 1200 倍液, B2: 喷施锌硒葆 3000 倍液并淋施 3000 倍液 50 斤水, C1: 喷施农希科 1200 倍液, C2: 喷施农希科 2400 倍液并淋施 2400 倍液 50 斤水, D1: 喷施硒之源 500 倍液, D2: 喷施硒之源 1000 倍液并淋施 1000 倍液 50 斤水, CK: 清水。每个处理均叶面喷施至叶面、叶背滴水。灵川果园分别于 2019 年 6 月 25 日、2019 年 7 月 18 日、2019 年 8 月 8 日进行处理,永福果园分别于 2019 年 7 月 10 日、2019 年 8 月 8 日、2019

年 9 月 4 日进行处理, 平乐果园分别于 2019 年 7 月 2 日、2019 年 7 月 17 日、2019 年 8 月 7 日进行处理。每个处理 3 株树为 1 小区, 3 次重复, 田间随机排列。

2.3. 调查项目及方法

2018 年在果实成熟时(2019 年 1 月 18 日), 2019 年在果实转色期至果实成熟采收前, 平乐果园分别于 2019 年 11 月 12 日、11 月 28 日、12 月 16 日和 12 月 31 日采集果实样品, 灵川果园和永福果园分别于 2019 年 11 月 13 日、11 月 29 日、12 月 17 日和 2020 年 2 月 19 日采集果实样品; 每处理在每株树的东南西北中五个方向各采果 4 个, 共 60 个果用于测定。30 个用于果实品质分析, 30 个用于果实硒含量测定。测定可溶性固形物用日本 Atago 公司的 PAL-1 数显糖度计测定, 总糖、可滴定酸和维生素 C 含量按照《国家出口柑桔鲜样检验方法》测定。果面色差采用日本美能达公司的 CR-410 手持式色差仪测定, 每个果实测定赤道部的 4 个方位点。色差指标为 L (亮度)、a (红色)和 b (黄色), 以标准白板作为参考板。果实硒含量测定按照 GB 5009.93-2017《食品安全国家标准食品中硒的测定》测定。

2.4. 数据分析

利用 Excel 2007 进行数据整理, 采用 DPS 6.55 软件做新复极差法检验差异显著性。

3. 结果与分析

3.1. 沙糖橘果实硒含量测定结果

3.1.1. 荔浦果园硒肥处理果实硒含量及有机硒转化测定结果

从表 1 结果可看出, 在同一果园的试验结果表明果实有机硒和总硒含量同种硒肥有随着硒肥浓度和喷施次数增加而增加的趋势; 除处理 2 和处理 6 外其余各硒肥处理果实硒含量均达到广西富硒水果标准, 处理 3 的果实有机硒和总硒含量最高, 极显著高于其它各处理, 其次为处理 5, 其果实有机硒和总硒含量显著高于处理 7, 极显著高于处理 1、处理 2、处理 4、处理 6 和处理 8, 处理 1、处理 2、处理 4、处理 6、处理 7 和处理 8 之间果实有机硒和总硒含量均无显著差异; 从检测结果还可看出, 沙糖橘成熟果实中的硒均为有机硒, 有机硒转化率为 100%。

Table 1. Determination of selenium content and organic selenium transformation in fruit of different selenium fertilizer treatments in Lipu orchard in 2018

表 1. 2018 年荔浦果园不同硒肥处理果实硒含量及有机硒转化测定结果

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	CK
有机硒 (mg/kg)	0.01 Cb	0.005 Cb	0.055 Aa	0.017 Cb	0.047 ABa	0.007 Cb	0.022 BCb	0.011 Cb	未检出
总硒 (mg/kg)	0.01 Cb	0.005 Cb	0.055 Aa	0.017 Cb	0.047 ABa	0.007 Cb	0.022 BCb	0.011 Cb	未检出

备注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著 $p < 0.05$, 不同大写字母表示差异极显著 $p < 0.01$; 硒含量检出限: 0.002 mg/kg (下同)。

3.1.2. 多点试验果实硒含量测定结果

从表 2 可看出不同硒肥处理在同一果园的果实硒含量差异较大, 同一处理在不同果园的果实硒含量也有较大差异。处理 B2、C1、C2 在三个果园果实采收时其硒含量均达到广西富硒水果标准, 而处理 B1 在 3 个果园的检测结果显示超出广西富硒水果标准上限, 处理 D2 在永福果园的检测结果显示超出广西富硒水果标准上限, 在灵川果园的检测结果显示未达到广西富硒水果标准下限, 在平乐果园采收时检测结果达到广西富硒水果标准。

Table 2. Determination results of selenium content in fruits under different selenium fertilizer treatments in 2019
表 2. 2019 年不同硒肥处理果实硒含量测定结果

处理	硒含量(mg/kg)		
	永福	灵川	平乐
	2月19日(果实采收期)	2月19日(果实采收期)	12月31日(果实采收期)
A1	未检出	0.006	0.004
A2	未检出	未检出	0.01
B1	0.12	0.17	0.1
B2	0.02	0.04	0.04
C1	0.02	0.07	0.02
C2	0.02	0.02	0.02
D1	0.12	0.11	0.07
D2	0.13	未检出	0.02
CK	未检出	未检出	未检出

3.2. 硒肥对沙糖橘果实品质的影响

3.2.1. 同一果园不同硒肥处理对果实品质的影响

从表 3 结果可看出除处理 1 和处理 2 外其余各处理与对照相比其果实果皮厚度明显比对照薄, 其余各项指标各处理与对照之间没有极显著差异, 但各处理之间有差异。

Table 3. Effects of different selenium fertilizer treatments on fruit quality in Lipu orchard in 2018
表 3. 2018 年荔浦果园不同硒肥处理对果实品质的影响

处理	1	2	3	4	5	6	7	8	CK
单果重(g)	49.21 Aa	45.96 Aa	45.38 Aa	47.62 Aa	44.57 Aa	46.02 Aa	50.77 Aa	54.12 Aa	50.05 Aa
果实横径(cm)	4.72 Aa	4.98 Aa	4.62 Aa	4.78 Aa	4.65 Aa	4.94 Aa	4.94 Aa	4.62 Aa	4.93 Aa
果实纵径(cm)	3.97 Aab	4.06 Aa	3.81 Aab	3.74 Ab	3.86 Aab	3.97 Aab	3.99 Aab	4.05 Aab	3.97 Aab
果皮厚度(cm)	0.21 ABCabc	0.227 ABab	0.197 BCc	0.19 Cc	0.19 Cc	0.197 BCc	0.203 ABCc	0.207 ABCbc	0.23 Aa
可溶性固形物(%)	14.35 Aab	13.9 Aab	13.07 Ab	13.58 Aab	13.75 Aab	13.57 Aab	14.13 Aab	14.54 Aa	13.66 Aab
还原糖(g/100ml)	4.32 Aa	3.76 Aab	3.57 Ab	3.78 Aab	3.77 Aab	3.85 Aab	3.85 Aab	4.17 Aab	3.96 Aab
转化糖(g/100ml)	13.58 Aa	12.74 Aa	12.2 Aa	12.31 Aa	13.03 Aa	12.51 Aa	12.57 Aa	12.77 Aa	13.52 Aa
总糖(g/100ml)	13.11 Aa	12.29 Aa	11.76 Aa	11.88 Aa	12.56 Aa	12.07 Aa	12.13 Aa	12.34 Aa	13.05 Aa
可滴定酸(g/100ml)	0.53 Aa	0.49 Aab	0.44 Aab	0.44 Aab	0.43 Aab	0.45 Aab	0.45 Aab	0.52 Aa	0.38 Ab
VC(mg/100ml)	21.58 Aa	20.79 Aa	20.66 Aa	21.12 Aa	20.66 Aa	20.66 Aa	20.97 Aa	20.20 Aa	21.3 Aa

Continued

果面色差 L 值	59.80 Aa	59.22 Aab	58.42 Aab	57.67 Ab	58.15 Aab	59.67 Aab	58.65 Aab	58.11 Aab	57.88 Aab
果面色差 a 值	33.74 Ac	35.36 Aabc	35.44 Aabc	38.12 Aab	36.83 Aabc	34.24 Abc	35.11 Aabc	38.4 Aa	36.86 Aabc
果面色差 b 值	54.08 Aab	55.37 Aa	53.57 Ab	53.70 Aab	53.71 Aab	54.51 Aab	54.9 Aab	54.26 Aab	53.64 Aab

3.2.2. 不同种类硒肥多点试验着色期至果实采收期果实品质变化

从图 1 可看出从着色初期至果实采收前(11 月 12 日~12 月 16 日)平乐果园各处理果实可溶性固形物含量均高于对照, 但到果实采收期各处理果实可溶性固形物含量均低于对照; 永福果园果实着色初期(11 月 13 日)除处理 A1 果实可溶性固形物含量低于对照外, 其余处理均高于对照, 11 月 29 日处理 A1、B1、C1、D1、D2 果实可溶性固形物含量低于对照, 其余各处理高于对照, 12 月 17 日处理 C2、D2 果实可溶性固形物含量低于对照, 其余各处理高于对照, 至果实采收时(2020 年 2 月 19 日)除处理 B2 果实可溶性固形物含量高于对照外, 其余各处理均低于对照。

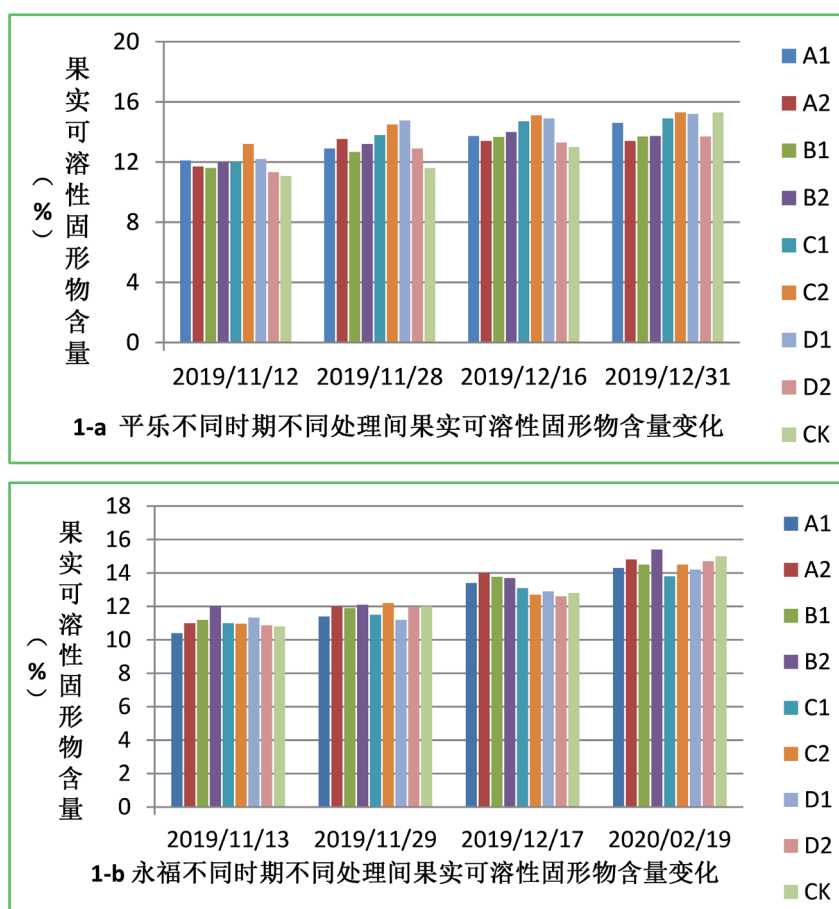


Figure 1. Change of soluble solid content in fruit from coloring period to harvest period in multi-spot experiment

图 1. 多点试验着色期至果实采收期果实可溶性固形物含量变化

从图 2 可看出平乐果园各处理在着色初期(11 月 12 日)除处理 D2 果实总糖含量低于对照, 其余各处理果实总糖含量高于对照, 11 月 28 日各处理果实总糖含量均高于对照, 12 月 16 日除处理 A1 果实总糖

含量低于对照, 其余各处理果实总糖含量高于对照, 但至果实采收时(12月31日)各处理果实总糖含量均低于对照; 永福果园在着色初期(11月13日)各处理果实总糖含量均高于对照, 11月29日除处理 B2、C2 果实总糖含量高于对照, 其余各处理均低于对照, 12月17日除处理 C1、D2 果实总糖含量低于对照, 其余各处理均低于或等于对照, 在果实采收时(2020年2月19日)除处理 B2、C2、D2 果实总糖含量高于对照, 其余各处理均低于对照。

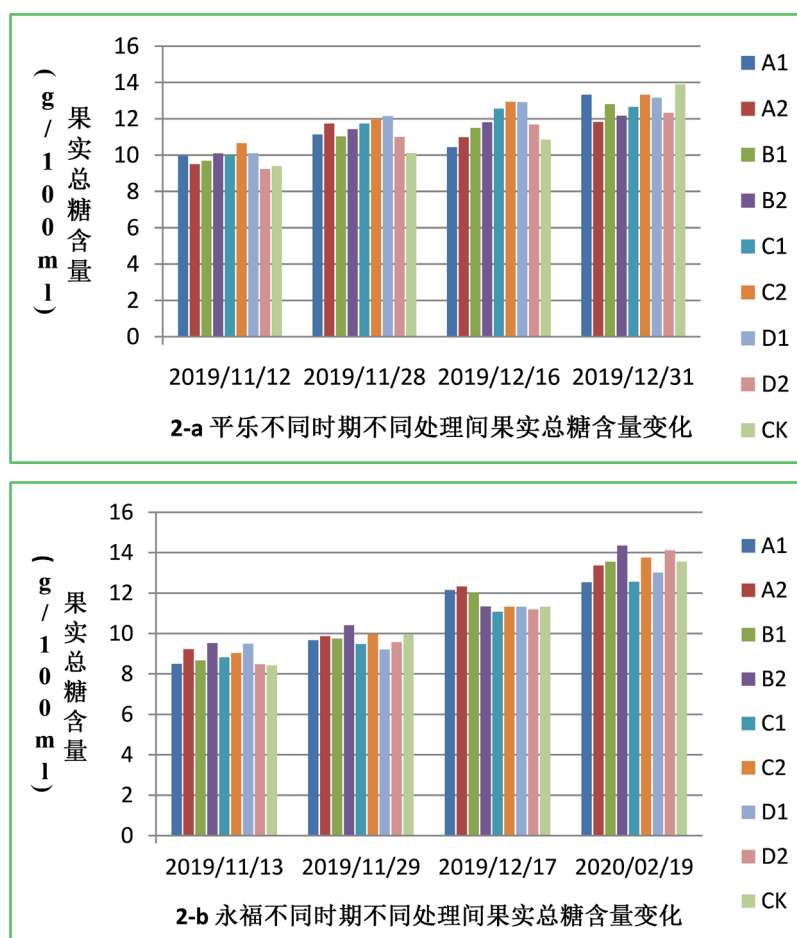


Figure 2. Change of total sugar content in fruit from coloring period to harvest period in multi-site experiment
图 2. 多点试验着色期至果实采收期果实总糖含量变化

从图 3 可看出, 平乐果园各处理着色初期(11月12日)至果实采收(12月31日)各处理果实可滴定酸含量均高于对照; 永福果园在着色初期(11月12日)处理 A2、B1 和 B2 果实可滴定酸含量高于或等于对照, 其余处理均低于对照, 11月28日处理 B1 和 D1 果实可滴定酸含量高于对照, 其余处理均低于对照, 12月16日除处理 C1 果实可滴定酸含量低于对照外, 其余处理均高于对照, 至果实采收时(12月31日)除处理 D2、C1 和 C2 果实可滴定酸含量低于或等于对照外, 其余各处理均高于对照。

从图 4 可看出, 各处理着色期至果实采收期果实果皮色泽 a 值变化在 2 个果园均呈不断增大趋势。平乐果园在着色初期(11月12日)处理 C1、C2 和 D1 果实果皮色泽 a 值小于对照, 其余各处理果实果皮色泽 a 值均大于对照, 11月28日除处理 C1 和处理 C2 果实果皮色泽 a 值小于对照外, 其余各处理均大于对照, 12月16日除处理 C2 和 D1 果实果皮色泽 a 值小于对照外, 其余各处理均大于对照, 果实采收时(12月31日)除处理 A1、C1 和 C2 果实果皮色泽 a 值小于对照外, 其余各处理均大于对照; 永福果园

在着色初期(11月13日)各处理果实果皮色泽a值均小于对照,11月28日除处理A1、C1和C2果实果皮色泽a值大于对照外其余各处理均小于对照,12月17日除处理B1、B2和C1果实果皮色泽a值大于对照外,其余各处理均大于对照,果实采收时(2020年2月19日)除A1和B1果实果皮色泽a值小于对照外其余处理均大于对照.在两个果园果实采收时处理A2、B2、D1、D2果实果皮色泽a值大于对照。

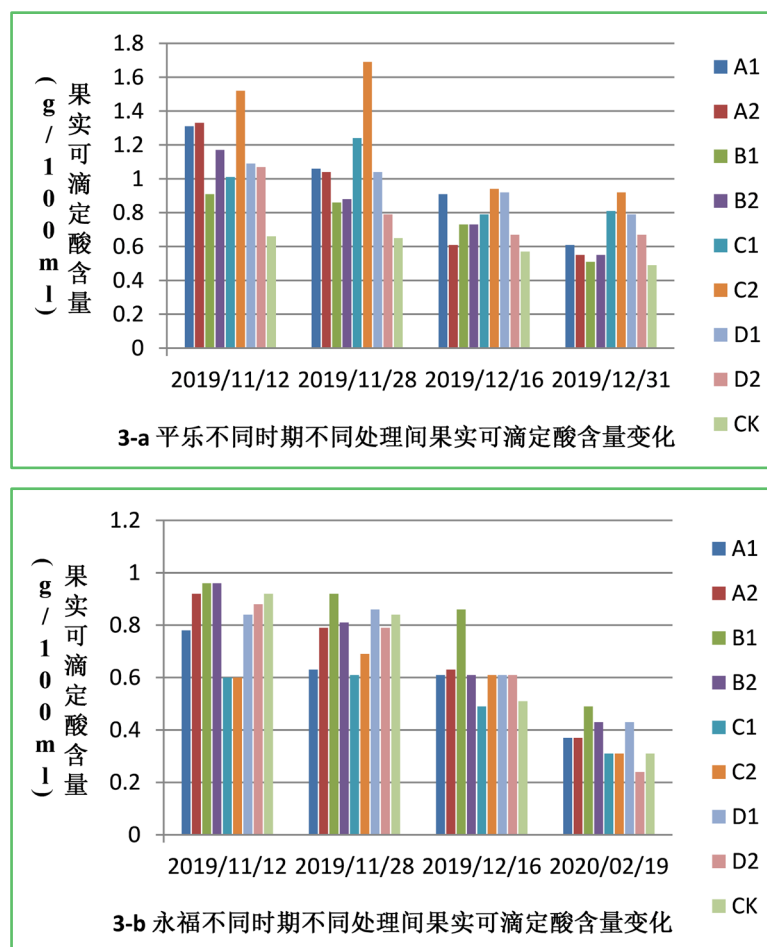
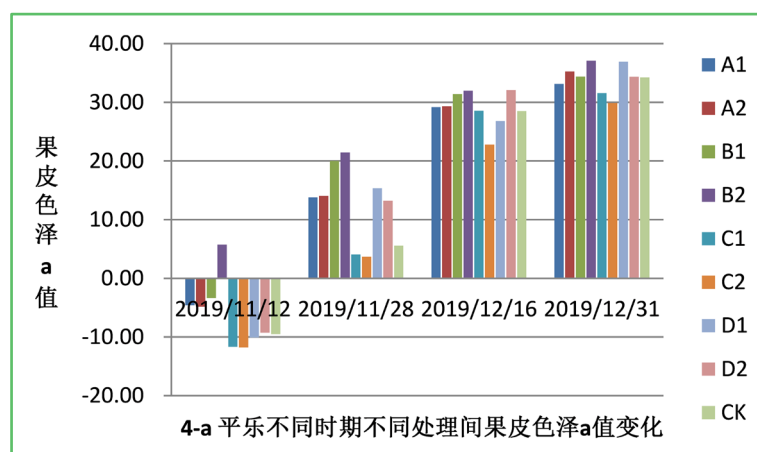


Figure 3. Change of titratable acid content in fruit from coloring period to harvest period in multi-site experiment
图 3. 多点试验着色期至果实采收期果实可滴定酸含量变化



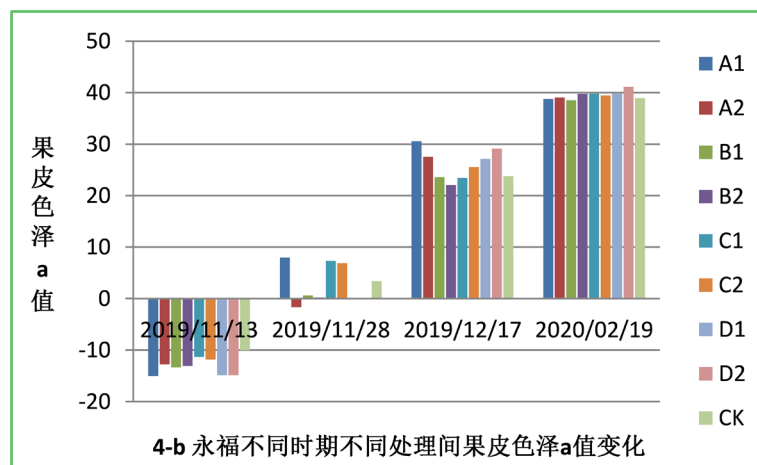


Figure 4. Change of fruit pericarp color a value from coloring period to fruit harvest period in multi-spot experiment
图 4. 多点试验着色期至果实采收期果实果皮色泽 a 值变化

4. 讨论

通过对蔬菜施硒可以使无机硒经蔬菜吸收后转化为有机硒，提高硒的生物活性，易于被人体吸收利用[16]。适宜的外源硒改变了苹果果实外观品质，改善了口感和风味，但不足之处是降低了果实硬度；结合树体各部位硒含量、赋存形态及果实品质来看，喷施 3 次 100 mg/L 亚硒酸钠的处理中，树体对外源硒的吸收率高，吸收后硒主要以有机形式贮存在叶片和果实中[17]。

本试验研究结果表明在谢花后至果实膨大期连续喷施纳米硒 4 次并根施 2 次，在果实膨大期至着色初期喷施黑金津 200 倍液和 500 倍液、阻隔灵 200 倍液和 300 倍液 3 次，在果实膨大期喷施黑金津 200 倍液 2 次，喷施锌硒葆 3000 倍液并淋施 3000 倍液 50 斤水 3 次、喷施农希科 1200 倍液 3 次、喷施农希科 2400 倍液并淋施 2400 倍液 50 斤水 3 次，在果实膨大期和着色初期喷施黑金津 500 倍液各 1 次，果实硒含量在成熟采收时均能达到广西富硒水果标准(硒含量 0.01~0.1 mg/kg)，且所含硒的形态全部为有机硒，有机硒转化率达到 100%。

前人研究结果表明硒肥可明显改善梨、核桃、葡萄、火龙果等果实品质[6] [7] [8] [9] [12] [13] [14] [15]。本试验研究表明不同硒肥处理沙糖橘果实果皮较对照果实果皮薄，但各处理果实单果重、果实纵横径、可溶性固形物、还原糖、转化糖、总糖和 VC 含量以及果面色差 L 值、果面色差 b 值、果面色差 a 值与对照无显著差异；不同种类硒肥多点试验着色期至果实采收期果实品质变化研究说明：硒肥在促进沙糖橘果实早期提高可溶性固形物含量、总糖含量、可滴定酸含量方面作用明显，对提早成熟具有一定作用。

5. 结论

2018 年试验 8 个处理全部测出含硒，且所含硒的形态全部为有机硒，有机硒转化率达 100%，而对照果实未测出含硒。在谢花后至果实膨大期连续喷施纳米硒 4 次并根施 2 次，在果实膨大期至着色初期喷施黑金津 200 倍液和 500 倍液、阻隔灵 200 倍液和 300 倍液 3 次，在果实膨大期喷施黑金津 200 倍液 2 次，喷施锌硒葆 3000 倍液并淋施 3000 倍液 50 斤水 3 次、喷施农希科 1200 倍液 3 次、喷施农希科 2400 倍液并淋施 2400 倍液 50 斤水 3 次，在果实膨大期和着色初期喷施黑金津 500 倍液各 1 次的果实硒含量在成熟采收时，均能达到广西富硒水果标准。不同硒肥处理沙糖橘果实果皮较对照果实果皮薄，但各处理果实单果重、果实纵横径、可溶性固形物、还原糖、转化糖、总糖和 VC 含量以及果面色差 a 值、b

值、L 值与对照无显著差异；不同种类硒肥多点试验结果表明沙糖橘喷施硒肥在促进果实成熟早期提高可溶性固形物含量、总糖含量、可滴定酸含量方面作用明显，对提早成熟具有一定作用。综合本研究各硒肥处理对沙糖橘果实硒含量和果实品质的影响以及节约生产成本，建议生产富硒沙糖橘可在果实膨大期至着色初期喷施黑金津 500 倍液、阻隔灵 300 倍液 3 次，在果实膨大期喷施农希科 1200 倍液 3 次。

基金项目

广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA17202037-7)；桂林市科技计划项目(2016012202)；广西柑桔创新团队建设项目(nycytxgxcxtd-05-02)资助。

参考文献

- [1] 印宁, 穆兰, 梁银丽, 郝旺林, 尹鸿飞, 朱帅蒙, 安小娟. 叶面喷施硒肥对 3 个葡萄品种果实产量、品质和硒含量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(3): 953-958.
- [2] Finley, J.W. (2007) Increased Intakes of Selenium-Enriched Foods May Benefit Human Health. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, **87**, 1620-1629. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2943>
- [3] Ramos, S.J., Faquin, V., Guilherme, L.R.G., Castro, E.M., Ávila, F.W., Carvalho, G.S., Bastos, C.E.A. and Oliveira, C. (2010) Selenium Biofortification and Antioxidant Activity in Lettuce Plants Fed with Selenate and Selenite. *Plant Soil and Environment*, **56**, 584-588. <https://doi.org/10.17221/113/2010-PSE>
- [4] Ognjanovic, B.I., Markovic, S.D., Pavlovic, S.Z., et al. (2008) Effect of Chronic Cadmium Exposure on Antioxidant Defense System in Some Tissues of Rats: Protective Effect of Selenium. *Physiological Research*, **57**, 403-411. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931197>
- [5] 刘俊. 镉、硒对镉胁迫下番茄、黄瓜产量品质及 Cd 含量的调控作用[M]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [6] 杨燕群. 叶面施硒对甜柿和葡萄果实品质、重金属积累和叶片生理指标的影响[M]. 郑州: 河南大学, 2013.
- [7] 石春兰, 叶舜, 朱立辉, 张继华, 蓬帅, 尚娟娥, 马翠兰. 施硒对火龙果果实品质及总硒含量的影响[J]. 江西农业, 2019(22): 36-37.
- [8] 杨爱国, 李长燕, 向民长, 李海鸥. 施用含硒复混肥对椪柑品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2019(9): 37-39.
- [9] 徐锴, 赵德英, 袁继存, 闫帅, 张少瑜, 侯桂学. 叶面喷施硒肥对梨果实性状的影响[J]. 北方园艺, 2019(22): 35-40.
- [10] 吴洁, 王倩, 高丽朴, 等. 硒延缓果蔬成熟衰老与抗逆机理研究进展[J]. 北方园艺, 2015(19): 174-179.
- [11] Zhu, S.M., Liang, Y.L., Gao, D., et al. (2017) Spraying Foliar Selenium Fertilizer on Quality of Table Grape (*Vitis vinifera* L.) from Different Source Varieties. *Scientia Horticulturae*, **218**, 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.025>
- [12] 李财运, 胡旭雅, 倪钟涛, 等. 硒处理对薄壳山核桃果实品质及矿质元素积累的影响[J]. 果树学报, 2018, 35(10): 1235-1243.
- [13] 王鹏, 冶军, 侯振安, 等. 叶面喷硒对“美乐”和“赤霞珠”葡萄硒富集和果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2018, 419(20): 33-40.
- [14] 王领香, 奚圣文, 卢良能, 等. 活性硒对提高柑橘果品质量的效果[J]. 浙江柑橘, 2016, 33(3): 19-21.
- [15] 李俊东, 李彦林, 李雪芬. 富硒营养液在柑橘上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2019(3): 34, 37.
- [16] 杜振宇, 史衍玺, 王清华. 施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报 2004, 10(3): 298-301.
- [17] 宁婵娟, 丁宁, 吴国良, 等. 喷硒时期与浓度对红富士苹果果实品质及各部位全硒和有机态硒含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1109-1117.