

叶面喷施硅肥对荔枝果实发育及抗裂果的影响

张海岚¹, 陈继群¹, 吴定尧¹, 黄炳华², 宋佳丽¹

¹华南农业大学园艺学院, 广东 广州

²深圳市松岗龙山果场, 广东 深圳

收稿日期: 2024年6月28日; 录用日期: 2024年9月23日; 发布日期: 2024年9月30日

摘要

目的: 硅是影响荔枝裂果的重要因素之一。对抗裂性不同的两个荔枝品种(‘糯米糍’和‘桂味’荔枝)进行不同浓度的硅肥处理, 以期了解荔枝果皮硅含量、果皮硬度、果实发育状况与果实裂果间的关系。结果: 1) 叶片喷施不同浓度硅肥后, 都可增加荔枝果皮的硅含量。2) 荔枝叶片喷施不同浓度硅肥后, 浓度为500 ppm和2000 ppm的硅肥可以增加‘桂味’荔枝果皮的最大力值和果皮最大应力值。3) 喷施硅肥的‘糯米糍’荔枝其单果重、果皮重都比对照高, 种子重都比对照低。4) 喷施硅肥的‘桂味’和‘糯米糍’荔枝裂果率都比对照低, 并达显著水平。

关键词

荔枝, 硅肥, 果皮硬度, 果实发育状况, 果实裂果率

Effect of Foliar Spraying Silicon Fertilizer on Fruit Development and Fruit Crack Resistance of Litchi

Hailan Zhang¹, Jiqun Chen¹, Dingyao Wu¹, Binghua Huang², Jiali Song¹

¹Department of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong

²The Orchard of Longshan in Songgang of Shenzhen, Shenzhen Guangdong

Received: Aug. 28th, 2024; accepted: Sep. 23rd, 2024; published: Sep. 30th, 2024

Abstract

Objective: Silicon is one of important factors that affect fruit cracking of litchi. Two litchi varieties (‘Nuo Mici’ and ‘Gui Wei’) of different cracking resistance were sprayed by different concentration silicon fertilizer. The relationship between silicon content in litchi pericarp, hardness of pericarp, fruit development and fruit crack was studied. **Result:** 1) The silicon content in litchi pericarp was increased after litchi leaves were sprayed by different concentrations of silicon fertilizer. 2) The

maximum force and maximum stress value of 'Gui Wei' litchi pericarp were increased after 'Gui Wei' litchi leaves were sprayed by concentration of 500 ppm and 2000 ppm of silicon fertilizer. 3) The weight of single fruit and pericarp of 'Nuo Mici' litchi that was sprayed by silicon fertilizer were higher than that of contrast, the weight of seed were all lower than that of contrast. 4) The fruit cracking rate of 'Gui Wei' and 'Nuo Mici' litchi that were sprayed by silicon fertilizer were lower than that of contrast, and that achieves the remarkable level.

Keywords

Litchi, Silicon Fertilizer, Fruit Development, Fruit Cracking Rate

Copyright © 2024 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

荔枝是南方的特产水果，其鲜果不仅色、香、味、形俱佳，素有“果中珍品”之美誉，而且有着丰富的营养价值和经济效益，所以说荔枝在南方广为栽培。但在生产上，荔枝果实发育的好坏，耐藏性以及栽培过程中果园积水造成的缺硅和环境不良造成裂果率极高等都严重地影响着荔枝生产的效益[1] [2]。本实验在全面地落实果园系统灌溉排水工程，合理撒施石灰的基础上，对深圳市松岗龙山果场的‘糯米糍’荔枝果树进行叶面喷施硅肥处理，来探讨硅对‘糯米糍’荔枝果实的防裂效应。

2. 材料与方法

本试验从5月开始，在广东省深圳市松岗龙山果场共27公顷左右的面积上进行‘桂味’和‘糯米糍’荔枝叶片喷施硅肥防荔枝裂果的措施，于5月至6月初进行果树叶片喷施可溶性硅肥处理。

施用的硅肥为可溶性硅酸钠粉剂，其中含硅酸钠58%左右，地上部根外追肥用喷清水(CK)、500 mg/L、1000 mg/L、2000 mg/L四种处理。具体施硅肥的处理如下所示：6月1~2日，在深圳松岗龙山果场‘桂味’和‘糯米糍’荔枝叶片喷施以上4种处理的溶液。

6月28日在深圳松岗龙山果场调查果实裂果率并进行果实采样，带回华南农业大学园艺学院果实实验室，使用美国INSTRON公司出产的5542型果蔬材料硬度测试机测定果实硬度(包括果皮最大力值、最大应力值)，探头直径8 mm，硬度值用牛顿表示。并进行果皮可溶性硅和总硅含量等内容的测定。

实验室测量记录：对每个处理取15个果，测定其单果重、果皮重、种子重和统计焦核率。分别对每个处理取4个果，称取100 g鲜果皮打碎，重复三组，经过离心，取上清液等一系列操作处理之后，测定果皮可溶性硅含量；果皮烘干打成粉末，称取0.2 g，然后经过加浓硝酸处理过夜，加高氯酸等一系列处理之后，测定果皮总硅含量。

3. 结果与分析

3.1. 喷施硅肥对荔枝果皮硬度的影响

3.1.1. 喷施硅肥对荔枝果皮最大力值的影响

由表1可看出，喷施1000 ppm硅肥的‘桂味’果皮最大力值比喷清水(CK)的果皮最大力值低，其他两个喷施硅肥的‘桂味’果皮最大力值比喷清水(CK)的果皮最大力值高，但未达到显著水平。由此推测，对‘桂味’荔枝喷施硅肥，会使‘桂味’荔枝果皮的最大力增大。

Table 1. The maximum force value of ‘Gui Wei’ litchi pericarp sprayed by silicon fertilizer**表 1.** ‘桂味’荔枝树喷施硅肥后果皮的最大力值

处理	果皮最大力值(N)
喷清水(CK)	36.18 a
喷 2000 ppm 硅肥	37.01 a
喷 1000 ppm 硅肥	31.45 b
喷 500 ppm 硅肥	39.01 a

注：英文字母 a、b 表示 5% 差异显著性。

Table 2. The maximum force value of ‘Nuo Mici’ litchi pericarp sprayed by silicon fertilizer**表 2.** ‘糯米糍’荔枝树喷施硅肥后果皮的最大力值

处理	果皮最大力值(N)
喷清水(CK)	28.03 a
喷 2000 ppm 硅肥	27.58 a
喷 1000 ppm 硅肥	27.87 a
喷 500 ppm 硅肥	26.14 b

注：英文字母 a、b 表示 5% 差异显著性。

由表 2 可看出，三个喷施硅肥的‘糯米糍’果皮最大力值比喷清水(CK)的果皮最大力值低，由此推测，对‘糯米糍’荔枝喷施硅肥，不会使‘糯米糍’荔枝果皮的最大力值增大。

3.1.2. 喷施硅肥对荔枝果皮最大应力值的影响

Table 3. The maximum stress value of ‘Gui Wei’ litchi pericarp sprayed by silicon fertilizer**表 3.** ‘桂味’荔枝树喷施硅肥后果皮的最大应力值

处理	果皮最大应力值(MPa)
喷清水(CK)	0.719 a
喷 2000 ppm 硅肥	0.736 a
喷 1000 ppm 硅肥	0.626 b
喷 500 ppm 硅肥	0.776 a

注：英文字母 a、b 表示 5% 差异显著性。

Table 4. The maximum stress value of ‘Nuo Mici’ litchi pericarp sprayed by silicon fertilizer**表 4.** ‘糯米糍’荔枝树喷施硅肥后果皮的最大应力值

处理	果皮最大应力值(MPa)
喷清水(CK)	0.558 a
喷 2000 ppm 硅肥	0.549 a
喷 1000 ppm 硅肥	0.554 a
喷 500 ppm 硅肥	0.520 a

注：同一列数据后标有相同字母表示在 $P \leq 0.05$ 下无显著性差异。

由表 3 可看出, 除喷 1000 ppm 硅肥外, 另外两个喷施硅肥的‘桂味’果皮最大应力值都比喷清水(CK)的果皮最大应力值高, 但达不到差异显著水平。由此推测, 对‘桂味’荔枝喷施适当浓度硅肥, 会使‘桂味’荔枝果皮的应力值增大。

由表 4 可看出, 三个喷施硅肥处理的‘糯米糍’果皮最大应力值都比喷清水(CK)的果皮最大应力值低。由此推测, 对‘糯米糍’荔枝喷施硅肥, 不会使‘糯米糍’荔枝果皮的应力值增大。

3.2. 喷施硅肥对荔枝果实发育状况的影响

Table 5. Effect of ‘Gui Wei’ litchi foliar spraying silicon fertilizer on fruit development

表 5. ‘桂味’荔枝树喷施硅肥后对果实发育状况的影响

处理	单果重(g)	果皮重(g)	果皮厚度(mm)	种子重(g)	焦核率(%)
喷清水(CK)	21.78 a	3.96 a	0.73 ab	0.54	77.78 b
喷 2000 ppm 硅肥	20.99 ab	3.79 ab	0.71 ab	0.53	88.89 ab
喷 1000 ppm 硅肥	21.58 a	3.65 b	0.65 b	0.49	100 a
喷 500 ppm 硅肥	19.80 b	4.07 a	0.81 a	0.73	77.78 b

注: 同一列数据后标有相同字母表示在 $P \leq 0.05$ 下无显著性差异; 不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 有显著性差异(Duncan's test)。

由表 5 可看出, 三个喷施硅肥的‘桂味’荔枝单果重比喷清水(CK)的低, 但果皮重和喷清水(CK)差异不大。由此推测, 对‘桂味’荔枝喷施硅肥, 不会使‘桂味’荔枝单果重增加, 但可提高‘桂味’荔枝的焦核率, 喷 1000 ppm 硅肥比喷清水(CK)的焦核率差异达显著水平。

Table 6. Effect of ‘Nuo Mici’ litchi foliar spraying silicon fertilizer on fruit development

表 6. ‘糯米糍’荔枝树喷施硅肥后对果实发育状况的影响

处理	单果重(g)	果皮重(g)	果皮厚度(mm)	种子重(g)	焦核率(%)
喷清水(CK)	23.24 b	4.45 a	0.99 a	0.73	80 b
喷 2000 ppm 硅肥	26.67 a	4.56 a	0.77 b	0.46	100 a
喷 1000 ppm 硅肥	27.67 a	4.38 a	0.77 b	0.41	100 a
喷 500 ppm 硅肥	25.23 ab	4.05 b	0.79 b	0.49	100 a

注: 同一列数据后标有相同字母表示在 $P \leq 0.05$ 下无显著性差异; 不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 有显著性差异(Duncan's test)。

由表 6 可看出, 三个喷施硅肥的‘糯米糍’荔枝单果重比喷清水(CK)的高, 且喷施 2000 ppm 和 1000 ppm 硅肥的单果重比喷清水(CK)的差异达显著水平, 但果皮重和喷清水(CK)差异不大。由此推测, 对‘糯米糍’荔枝喷施硅肥, 会使‘糯米糍’荔枝单果重增加, 且可提高‘糯米糍’荔枝的焦核率。

3.3. 喷施硅肥对荔枝果皮和叶片硅含量和裂果率的影响

由表 7 可看出, 三个喷施硅肥的‘桂味’荔枝各部位可溶性硅含量和总硅含量都比喷清水(CK)的高, 且三个喷施硅肥‘桂味’荔枝的裂果率比喷清水(CK)的低。由此推测, 对‘桂味’荔枝喷施硅肥, 会使‘桂味’荔枝新鲜果皮和干叶片的硅含量都增加, 且能明显降低‘桂味’荔枝的裂果率。

Table 7. Effect of 'Gui Wei' litchi foliar spraying silicon fertilizer on silicon content of pericarp and leaf and fruit cracking rate
表 7. '桂味' 荔枝喷施硅肥后对果皮和叶片硅含量和裂果率的影响

处理	新鲜果皮可溶性硅含量 (mg/L)	新鲜叶片可溶性硅含量 (mg/L)	干果皮总硅含量 (mg/L)	干叶片总硅含量 (mg/L)	裂果率(%)
喷清水(CK)	15.63 b	14.98 bc	114.82 c	127.02 c	9.72 a
喷 2000 ppm 硅肥	18.48 a	22.47 a	259.81 a	191.36 a	2.58 c
喷 1000 ppm 硅肥	17.96 a	21.13 a	195.47 b	166.94 b	5.0 b
喷 500 ppm 硅肥	16.45 ab	16.89 b	143.12 bc	144.51 bc	7.88 a

注：同一列数据后标有相同字母表示在 $P \leq 0.05$ 下无显著性差异；不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 有显著性差异(Duncan's test)。

Table 8. Effect of 'Nuo Mici' litchi foliar spraying silicon fertilizer on silicon content of pericarp and leaf and fruit cracking rate
表 8. '糯米糍' 荔枝喷施硅肥后对果皮和叶片硅含量和裂果率的影响

处理	新鲜果皮可溶性硅含量 (mg/L)	新鲜叶片可溶性硅含量 (mg/L)	干果皮总硅含量 (mg/L)	干叶片总硅含量 (mg/L)	裂果率(%)
喷清水(CK)	16.83 b	19.12 b	201.62 b	119.33 c	7.19 a
喷 2000 ppm 硅肥	22.42 a	31.45 a	246.89 a	284.93 a	2.70 c
喷 1000 ppm 硅肥	21.81 a	29.74 a	213.11 b	235.38 b	4.52 b
喷 500 ppm 硅肥	20.03 ab	21.63 b	209.48 b	205.89 b	1.32 c

注：同一列数据后标有相同字母表示在 $P \leq 0.05$ 下无显著性差异；不同字母表示在 $P \leq 0.05$ 有显著性差异(Duncan's test)。

由表 8 可分析出：

1) 喷施硅肥处理的'糯米糍'荔枝新鲜果皮可溶性硅含量与喷清水(CK)的有显著性差异，即喷施硅肥处理的'糯米糍'荔枝新鲜果皮可溶性硅含量比喷清水(CK)的要多。所以，由此可推测出，对'糯米糍'荔枝喷施适当浓度硅肥，会增加其新鲜果皮可溶性硅含量。

2) 喷施 500 ppm 硅肥处理的'糯米糍'荔枝新鲜叶片可溶性硅含量与喷清水(CK)的没有显著性差异；喷施 1000 ppm、2000 ppm 硅肥处理的'糯米糍'荔枝新鲜叶片可溶性硅含量与喷清水(CK)的有显著性差异，即这两个硅肥处理的'糯米糍'荔枝新鲜叶片可溶性硅含量比喷清水(CK)的要多。所以，由此可推测出，对'糯米糍'荔枝喷施适当浓度硅肥，会增加其新鲜叶片可溶性硅含量。

3) 喷施 500 ppm、1000 ppm 硅肥处理的'糯米糍'荔枝干果皮总硅含量与喷清水(CK)的没有显著性差异；喷施 2000 ppm 硅肥处理的'糯米糍'荔枝干果皮总硅含量与喷清水(CK)的有显著性差异，即喷施 2000 ppm 硅肥处理的'糯米糍'荔枝干果皮总硅含量比喷清水(CK)的含量要多。所以，由此可推测出，对'糯米糍'荔枝喷施适当浓度硅肥，会增加其干果皮总硅含量。

4) 喷施硅肥处理的'糯米糍'荔枝干叶片总硅含量与喷清水(CK)的有显著性差异，即喷施这几个浓度的硅肥的'糯米糍'荔枝干叶片总硅含量比喷清水(CK)的含量要多，所以，由此可推测出，对'糯米糍'荔枝喷施适当浓度硅肥，会增加其干叶片总硅含量，且能明显降低'糯米糍'荔枝的裂果率。

4. 讨论

4.1. 叶面喷施硅肥对荔枝果皮硬度的影响

本来，硅是细胞壁的组成物质。这种元素被作物吸收后，可在体内形成硅质细胞，加厚细胞壁的元

素, 以此增加果皮的硬度, 进而提高果实品质[3] [4]。但本实验结果显示喷施硅肥对‘糯米糍’荔枝果皮硬度的增加效应并不明显, 因为实验结果表明对‘糯米糍’荔枝喷施硅肥, 其果皮的最大力值、最大应力值比喷清水(CK)小。而喷施硅肥对‘桂味’荔枝果皮硬度的增加效应明显, 实验结果表明对‘桂味’荔枝喷施 500 ppm 和 2000 ppm 硅肥, 其果皮的最大力值、最大应力值比喷清水(CK)增大。当然, 果实硬度受环境的影响还是占一个很主要的地位的。在荔枝成熟前期, 正逢雨季, 雨水量大, 持续时间长, 造成果树的蒸腾作用受阻, 而果树对硅的吸收主要靠地上部的蒸腾作用, 因此影响果树对有效硅的吸收[5]-[9]。另外, 酸雨的危害使本来就偏酸的土壤酸性更严重, 加上土壤浸水缺氧, 造成锰、铁元素的沉积, 并吸附有效硅, 使地上部的硅元素供应不足, 让果树整体上呈现缺硅的状况, 进而会影响果皮的硬度[10] [11]。而且这样的天气也容易使枝条搭叠, 裂果, 微生物入侵等不良症状。所以喷施硅肥能否增加荔枝果皮硬度, 还待进一步的探究。

4.2. 喷施硅肥对荔枝果实发育状况的影响

在广东省深圳市松岗龙山果场对‘糯米糍’荔枝进行叶面喷施 1000 ppm 和 2000 ppm 硅肥, 能比喷清水(CK)增加荔枝果实的单果重和提高焦核率, 且达显著水平, 这说明喷施硅肥既可以改善‘糯米糍’荔枝果实的品质, 还可以提高‘糯米糍’荔枝产量。而对‘桂味’荔枝进行叶面喷施硅肥, 与喷清水(CK)比较不能增加荔枝果实的单果重, 但能提高其焦核率, 且达显著水平, 说明喷施硅肥可以改善‘桂味’荔枝果实的品质, 但不可以提高‘桂味’荔枝产量。所以喷施硅肥具体还要看荔枝所处地区的环境。有些资料显示果皮的厚度与果皮的硬度有着密切的[12] [13]。本实验只有对‘桂味’荔枝叶面喷施 500 ppm 硅肥后, 其果皮厚度才大于喷清水(CK)的。

5. 小结

在广东省深圳市松岗龙山果场对‘桂味’和‘糯米糍’荔枝进行叶面喷施硅肥实验, 结果表明‘糯米糍’荔枝新鲜和干果皮、叶片的可溶性硅含量和总硅含量都比喷清水(CK)的增加, 为‘桂味’和‘糯米糍’荔枝提高产量, 改善品质打下物质基础。而且从表 7 和表 8 数据中得出, 对‘桂味’和‘糯米糍’荔枝喷施硅肥, 可以大幅度地降低果实裂果率, 提高商品果率, 从而为生产者减少经济损失。

基金项目

广东省科技计划项目(2012B020304001)。

参考文献

- [1] 杨志明. 荔枝裂果原因及其防裂技术[J]. 柑桔与亚热带果树信息, 2001, 17(7): 31.
- [2] 邱燕萍, 陈洁珍, 欧良喜, 等. 矿质营养变化对荔枝裂果的影响[J]. 广东农业科学, 2001(1): 25-26.
- [3] 杨为海, 曾辉, 邹明宏, 等. 裂果发生与果皮细胞壁修饰的关系研究进展[J]. 热带作物学报, 2011, 32(10): 1995-1999.
- [4] 姬景红. 逆境胁迫下硅的抗性作用机理研究[J]. 黑龙江农业科学, 2011(1): 137-140.
- [5] 拓俊绒, 朱少卿, 慕鹏, 等. 硅钙钾肥对红富士苹果应用效果研究[J]. 北方园艺, 2010(24): 61-62.
- [6] 徐文斌, 徐步玲, 刘宪华, 等. 硅肥在苹果上的应用效果研究初报[J]. 林业科技开发, 2001, 15(z1): 68-69.
- [7] 赵建戟. 硅肥在果树上的作用及应用[J]. 烟台果树, 2004(4): 43.
- [8] 石彦召, 荣娇凤, 苏利, 等. 施硅肥对葡萄生理、品质的影响研究[J]. 吉林农业, 2010(11): 22-23.
- [9] 石彦召, 荣娇凤, 苏利, 等. 增施硅肥对石榴生理、品质的影响研究[J]. 陕西农业科学, 2011, 57(1): 49-52.
- [10] Sekse, L., Bjerke, K.L. and Vangdal, E. (2005) Fruit Cracking in Sweet Cherries—An Integrated Approach. *Acta Horticulturae*, 667, 471-474. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2005.667.68>

- [11] Wang, J.J., Dodla, S.K. and Henderson, R.E. (2004) Soil Silicon Extractability with Seven Selected Extractants in Relation to Colorimetric and ICP Determination. *Soil Science*, **169**, 861-870.
<https://doi.org/10.1097/00010694-200412000-00005>
- [12] 高熙, 武华文. 硅对草莓品质和产量的影响研究[J]. 现代农业科技, 2010(16): 122-123.
- [13] 陈辉煌, 李建贵, 张俊, 等. 新疆红枣裂果机理研究进展[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(6): 1066-1072.