

树干输液和叶面喷施铁肥对缺铁黄化柑橘的矫正效果

马晓丽¹, 刘雪峰¹, 袁项成¹, 向革苇^{1*}, 曾德刚²

(1. 重庆三峡农业科学院, 重庆 404155; 2. 四川省凉山州农业学校, 四川西昌 615022)

摘要 [目的]研究树干输液和叶面喷施铁肥2种补铁方式对柑橘叶片缺铁矫正的效果。[方法]通过叶面喷施和树干营养袋输入0.18%、0.27%、0.36%铁肥,研究树干输液和叶面喷施铁肥对缺铁黄化柑橘的矫正效果。[结果]叶面喷施和树干输液均可显著提高叶片和果皮铁含量,增加柑橘单果重,提高果实可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量,显著增加糖酸比,使果实品质得到改善。叶片铁含量和单果重、果实可溶性固形物含量和总糖含量极显著正相关,与果实可滴定酸含量和果肉硬度极显著负相关。[结论]当铁肥浓度一致时,树干输液补铁效果优于叶面喷施铁肥,其中树干输液0.36%铁肥对缺铁黄化柑橘补铁效果最好。

关键词 柑橘;缺铁矫正;叶面喷施;树干输液;品质

中图分类号 S436.661.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)10-0115-03

Correction Effect of Iron Fertilizer Application by Spraying on the Leaf and Trunk-injection on Iron Deficiency Chlorosis in Citrus Trees

MA Xiao-li, LIU Xue-feng, YUAN Xiang-cheng et al (Chongqing Three Gorges Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 404155)

Abstract [Objective] To study correction effect of iron fertilizer application by spraying and trunk-injection on iron deficiency chlorosis in citrus trees. [Method] Correction effect of iron fertilizer application by spraying and trunk-injection on iron deficiency chlorosis in citrus trees were studied by spraying and trunk-injection 0.18%, 0.27%, 0.36% iron fertilizer. [Result] Leaf spraying and stem infusion could significantly improve the leaves and peel the iron content, increase the citrus fruit weight, increase the fruit soluble solids content, lower titratable acid content, significantly increase sugar acid ratio, improve fruit quality. Iron content and fruit weight, fruit soluble solids content and total sugar content had very significant positive correlation, and titratable acid content and fruit pulp hardness had significantly negative correlation. [Conclusion] When the concentration of iron fertilizer was consistent, trunk-injection was better than that of the leaf spraying iron fertilizer, and trunk-injection 0.36% iron fertilizer was the best for iron deficiency.

Key words Citrus; Correction of the iron deficiency; Spraying on the leaf; Trunk-injection; Quality

铁是植物必需的微量营养元素,参与植物体内叶绿素合成、氧化还原反应、电子传递及呼吸作用等生理反应,影响碳水化合物代谢、氮素代谢、有机酸代谢及原生质性状等生理过程^[1-3]。在四川和三峡库区一带,柑橘主要分布在石灰性紫色土壤上,其碳酸钙含量高,导致许多柑橘园发生不同程度的缺铁黄化症^[4-5]。柑橘对缺铁很敏感,缺铁黄化最初发生在植株顶端和嫩叶上,叶片边缘失绿或变黄;稍重时,叶肉呈黄绿色,叶脉附近为绿色,叶面呈网络状;严重时,叶片全部变为黄色或白色,出现锈褐色枯斑或叶缘枯焦,叶片脱落,树势衰弱或枝条枯死,甚至于整株死亡^[6-8]。缺铁黄化严重影响柑橘产量及果农经济效益,急需寻求切实可行的矫正方法。矫正缺铁黄化最常规的方法是施用铁肥,但施用方式不同可能产生差异明显的矫正效果^[9-10]。笔者以缺铁黄化的柑橘为试材,通过叶面喷施和树干营养袋输入EDTA螯合铁,探讨2种补铁方式对柑橘叶片缺铁矫正的效果和果实品质的影响,旨在为四川柑橘缺铁黄化矫正技术的建立提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验园概况 试验园位于四川省龙泉驿区万兴乡梨园村,试验园面积0.2 hm²,属亚热带湿润气候,气候温和,雨量充沛,四季分明。年平均日照1 032.9 h,8月最多,12月最少。年平均气温16.5℃,无霜期年平均297 d,年降雨量800~1 100 mm,年均相对湿度81%。

作者简介 马晓丽(1991—),女,四川简阳人,助理研究员,硕士,从事果树栽培配套关键技术与推广。*通讯作者,助理研究员,从事果树栽培配套关键技术与推广。

收稿日期 2018-01-02

该试验园种植15年生锦橙柑橘,近两三年出现叶片黄化现象,经田间观察,初步诊断为缺铁黄化。

1.2 试验设计 试验设置7个处理:①不施铁肥为对照(CK);②每株喷施0.18%铁肥500 mL;③每株喷施0.27%铁肥500 mL;④每株喷施0.36%铁肥500 mL;⑤每株树干输液0.18%铁肥500 mL;⑥每株树干输液0.27%铁肥500 mL;⑦每株树干输液0.36%铁肥500 mL。所用铁肥为EDTA螯合铁,每个处理5株树,于谢花后7 d(5月12日)开始进行,连续3次,处理间相隔30 d。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶片铁含量的测定。每次处理后30 d进行样品采集,在处理植株东、南、西、北4个方位选择结果枝梢,随机采集成熟叶片20~30片,立即用塑料袋封装带回实验室。根据中国农业大学制订的标准进行洗涤:①0.1 mol/L盐酸溶液洗涤叶片30 s;②0.1%洗净剂洗涤30 s;③取出并用自来水冲洗;④再用无离子水冲洗,用滤纸吸去表面水分。将洗涤过后的叶片置于105℃烘箱中杀酶20 min,之后在70~80℃烘干至脆。用不锈钢植物磨碎机磨碎后过0.25 mm孔径筛(60目),贮于干燥器中待测。用火焰原子吸收光谱法^[11]测定叶片中铁含量。

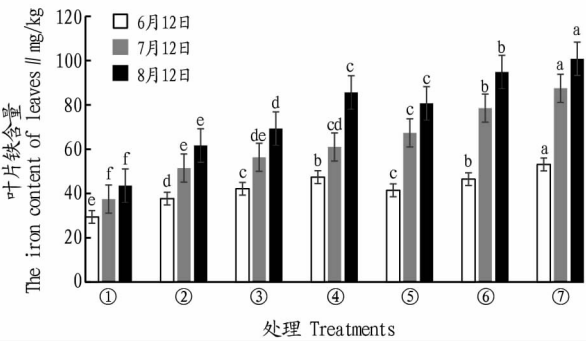
1.3.2 果实品质的测定。果实成熟后,在处理植株各方位随机取果实8个,共计280个。采用精度0.01 g的天平测定单果重;采用游标卡尺测定果实纵径、横径及果皮厚度;采用硬度计测定果肉硬度;采用数字显示糖量计测定可溶性固形物含量;采用酸碱中和法测定可滴定酸含量,以柠檬酸计,折算系数0.064;采用非林滴定法测定转化糖和还原糖含量,并

计算蔗糖和全糖含量;采用改良 2,6-二氯酚法测定维生素 C 含量^[12]。

1.4 数据处理 采用 Microsoft Excel 2007 软件以及 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 施铁对柑橘叶片铁含量的影响 由图 1 可知,施用铁肥后,各处理叶片铁含量不断增加,显著高于对照,其中以树干输 0.36% 铁肥含量最高,8 月达 100.79 mg/kg,6、7 和 8 月均显著高于其他处理,其次是树干输 0.27% 铁肥,8 月叶片铁含量达 94.85 mg/kg。当补充铁肥浓度一致时,树干输液补铁效果优于叶面喷施;当采用相同补充方式时,施用 0.36% 铁肥补铁优于 0.27% 铁肥和 0.18% 铁肥。

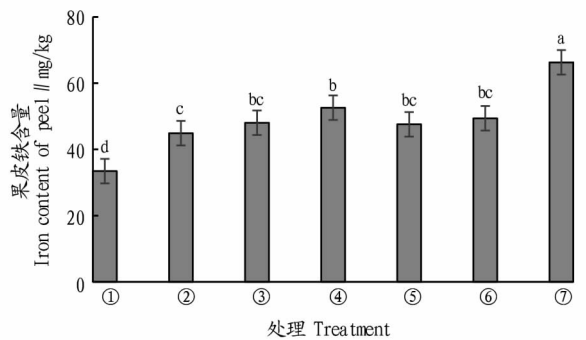


注:不同小写字母表示处理间差异显著
Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

图 1 施铁对柑橘叶片铁含量的影响

Fig.1 Effects of spraying iron on the iron content of citrus leaves

2.2 施铁对柑橘果皮铁含量的影响 由图 2 可知,施用铁肥后,果皮中铁含量显著增加,树干输液 0.36% 铁肥时,果皮铁含量最高,达 66.29 mg/kg,显著高于其他处理,其次是叶面喷施 0.36% 铁肥,达 52.60 mg/kg,但与树干输液 0.18%、0.27% 铁肥及叶面喷施 0.27% 铁肥差异不显著。当铁肥施用浓度一致时,树干输液果皮铁含量高于叶面喷施。



注:不同小写字母表示处理间差异显著
Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

图 2 施铁对柑橘果皮铁含量的影响

Fig.2 Effects of spraying iron on iron content of citrus peel

2.3 施铁对柑橘果实外观品质的影响 由表 1 可知,施用铁肥后,柑橘单果重显著增加,树干输液 0.36% 铁肥时,单果重最高,达 221.70 g,显著高于其他处理,其次是叶面喷施 0.36% 铁肥处理;各处理果实的纵横径比差异不显著,树干输液 0.36% 铁肥时果皮最厚,与喷施和输液 0.18% 铁肥处理

差异显著,与其他处理差异不显著;补铁后,各处理果肉硬度较不施铁肥显著提高,但各施肥处理间差异不显著。

2.4 施铁对柑橘果实糖酸含量的影响 由表 2 可知,补铁后果实可溶性固形物含量显著增加,可滴定酸含量显著降低。其中,树干输液 0.36% 的处理可溶性固形物含量最高,达 10.10%,与树干输液 0.27% 铁肥的处理和叶面喷施 0.36% 铁肥的处理差异不显著,与其他处理差异显著;可滴定酸含量最低,仅为 8.6 g/L,与树干输液 0.27% 铁肥处理差异不显著。

表 1 不同处理对柑橘果实外在品质的影响

Table 1 Effects of different treatments on external quality of citrus fruit

处理 Treat- ments	单果重 Single fruit weight g	纵横径比 Vertical and horizontal diameter ratio	果皮厚度 Pericarp thickness cm	果肉硬度 Flesh firmness
①	202.11 e	0.97 a	0.42 ab	12.59 a
②	204.45 de	0.98 a	0.36 b	11.35 b
③	210.65 c	1.00 a	0.38 ab	11.41 b
④	217.45 b	1.00 a	0.42 ab	10.59 b
⑤	205.52 d	0.99 a	0.31 b	10.51 b
⑥	213.22 c	0.99 a	0.46 ab	10.88 b
⑦	221.70 a	1.01 a	0.53 a	11.24 b

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)
Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences at 0.05 level

补铁后,果实还原糖和总糖含量显著增加,其中还原糖以叶面喷施 0.36% 铁肥处理含量最高,达 50.6 g/L,其次是叶面喷施 0.27% 铁肥处理。当施用铁肥浓度一致时,叶面喷施果实还原糖含量均高于树干输液。树干输液 0.36% 铁肥处理的果实总糖含量最高,达 124.8 g/L,其次是树干输液 0.27% 铁肥处理。当铁肥施用浓度一致时,树干输液果实总糖含量均高于叶面喷施。

进一步分析各处理果实糖酸比含量发现,树干输液和叶面喷施铁肥后,果实糖酸比增加,当铁肥浓度一致时,树干输液糖酸比高于叶面喷施,2 种补铁方式中,果实糖酸比均表现为 0.36% > 0.27% > 0.18%。

表 2 不同处理对柑橘果实内在品质的影响

Table 2 Effects of different treatments on the intrinsic quality of citrus fruit

处理 Treat- ments	可溶性 固形物 TSS %	可滴定酸 Titratable acid g/L	还原糖 Reducing sugar g/L	总糖 Total sugar g/L	糖酸比 Sugar acid ratio
①	8.33 d	12.6 a	29.6 f	110.6 g	8.76 g
②	8.70 d	12.3 a	35.4 d	111.2 f	9.07 f
③	9.63 bc	10.7 b	47.8 b	115.3 e	10.78 e
④	9.90 ab	10.2 c	50.6 a	120.0 c	11.73 d
⑤	9.40 c	9.3 d	32.1 e	118.0 d	12.66 c
⑥	9.87 ab	9.0 de	36.0 d	121.5 b	13.52 b
⑦	10.10 a	8.6 e	37.3 c	124.8 a	14.52 a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)
Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences at 0.05 level

2.5 柑橘叶片铁含量与果实品质的相关性 通过分析叶片铁含量和果实品质的相关性发现,叶面喷施和树干输液后,该缺铁黄化柑橘园叶片铁含量与单果重、可溶性固形物含量、总糖含量及糖酸比极显著正相关,与果肉硬度和可滴定酸含量极显著负相关,与果实纵横比、果皮厚度、还原糖含量相关性不显著。

3 结论与讨论

铁作为叶绿素合成的必需元素,是作物体内多种酶的重要组成成分和活化剂,参与植物体内氧化还原和电子传递,直接或间接地影响植物光合、呼吸作用以及物质能量的转换^[13]。与于会丽等^[14]、冯密等^[15]、苏律等^[9]在草莓、葡萄和苹果上的研究结果一致,该试验也发现补铁后柑橘单果重增加,果实可溶性固形物含量增加,可滴定酸含量降低,糖酸比显著增加,果实品质得到改善,叶片铁含量与单果重、果实可溶性固形物含量和总糖含量极显著正相关,与果实可滴定酸含量和果肉硬度极显著负相关。

生产上采用的补铁方式一般有叶面喷施和树干输液2种方式,叶面喷施经济、快速、有效,一般喷施几天后,叶片慢慢出现斑点状复绿。叶优良等^[16]发现叶面喷施麦根酸铁后缺铁黄化的正山定子叶绿素含量、叶片全铁及活化铁含量显著增加。薛进军等^[17]发现叶面喷施铁肥时,Fe²⁺容易被氧化成Fe³⁺,铁进入叶片后又不易移动,喷施效果不如树干注射。树干输液是对树干打孔后采用输液的方式直接将铁输入树体内,避免了铁肥中Fe²⁺氧化为Fe³⁺,补充铁元素及时有效,可以较快地矫正失绿。王秀茹等^[18]发现树干输入铁肥主要沿中央木质部的导管运输,大部分向下运往根系,致使根系贮存大量的铁,持效期较长。该试验发现叶面喷施和树干输入铁肥均有效提高了缺铁柑橘叶片和果皮中铁含量,当补铁浓度一致时,树干输液补铁效果优于叶面喷施,可能是由于叶面喷施时铁元素在植物体内移动性差,不易从叶片转移至果皮,而树干输液时,铁元素可以通过韧皮部分配到植物体生长需要的地方。

综合分析发现,叶面喷施和树干输液均可有效减轻缺铁

柑橘叶片黄化的发生,并进一步提高果实品质。当铁肥浓度一致时,树干输液补铁效果优于叶面喷施铁肥,其中树干输液0.36%铁肥对缺铁黄化柑橘园补铁效果最好。

参考文献

- [1] 崔兴国. 果树缺铁研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2010(6): 152–154.
- [2] 肖家欣, 齐笑笑, 张绍铃. 铁胁迫对三种柑橘砧木的生长、生理特性及铁分布的影响[J]. 广西植物, 2011, 31(1): 97–101.
- [3] 韩振海, 沈隽. 果树的缺铁失绿症——文献述评[J]. 园艺学报, 1991, 18(4): 323–328.
- [4] 吉前华, 李玉堂, 王永清. 石灰性土壤上柑桔缺铁黄化研究进展[J]. 四川农业大学学报, 1998, 16(3): 365–369.
- [5] 谢永红, 吕斌, 陈学年, 等. 铁和碳酸氢钠双重胁迫对柑橘砧木叶片色素和矿质营养的影响[J]. 西南园艺, 2003, 31(4): 1–3.
- [6] 张泽升, 王永斌, 李丽娅, 等. 植物吸收铁营养元素的分子机制研究进展[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2008, 24(4): 85–88.
- [7] 肖家欣, 齐笑笑, 张绍铃. 锌和铁缺乏对枳生理指标、矿物质含量及叶片超微结构的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(8): 1974–1980.
- [8] 王明元. 缺铁和重碳酸盐胁迫对枳实生苗矿质元素的影响[J]. 北方园艺, 2011(18): 9–11.
- [9] 苏律, 宋俊霞, 胡同乐, 等. 铁肥不同施用方式对苹果缺铁黄化病的矫正效果[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 188–189.
- [10] 王光州, 韩慧韬, 车金鑫, 等. 不同铁制剂对石灰性土壤条件下猕猴桃缺铁黄化的矫治效果[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 61–65.
- [11] 陈义挺, 蔡英卿, 朱超凡, 等. 火焰原子吸收光谱法测定葡萄中微量元素含量[J]. 热带作物学报, 2011, 32(8): 1572–1578.
- [12] 黄晓钰, 刘邻渭. 食品化学与分析综合实验[M]. 2版. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 165–166, 171–174.
- [13] 陆景陵, 张福锁, 李春俭, 等. 植物营养学: 上册[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [14] 于会丽, 司鹏, 乔宪生, 等. 喷施不同铁肥对草莓铁养分吸收和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(5): 73–78.
- [15] 冯密, 王平, 李振轮. 新型叶面铁肥对葡萄叶片叶绿素及果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2016, 45(4): 132–134.
- [16] 叶优良, 张福锁, 史衍玺, 等. 叶面喷施麦根酸铁对矫正山定子缺铁黄叶病的效果[J]. 果树学报, 2001, 18(5): 251–254.
- [17] 薛进军, 张宝忠, 沈广城, 等. 矫正苹果缺铁失绿症途径及机理研究[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(5): 47–52.
- [18] 王秀茹, 薛进军, 崔美香, 等. 苹果缺铁失绿症的矫正途径及其机理[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(5): 7–11.
- [19] 王震宇. 低温和GA₃对蝴蝶兰开花的调节[D]. 广州: 华南师范大学, 2000.
- [20] 李晓晨. 赤霉素对大花蕙兰开花的影响[J]. 中国园艺文摘, 2010, 26(2): 30–31.
- [21] 钱桦, 刘燕, 郑勇平, 等. 施用6-BA对春石斛花芽分化及内源激素的影响[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(6): 27–31.
- [22] 王再花, 朱根发, 欧孟昌, 等. 植物生长调节剂促进春石斛提前开花效果研究[J]. 广东农业科学, 2008(10): 37–39.
- [23] 秦建彬, 魏翠华, 余祖云, 等. 大花蕙兰花芽分化与激素关系的研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(31): 109–112.
- [24] 彭芳, 韦鹏霄, 田敏, 等. 喷施不同生长调节剂对“milliongolds”文心兰开花的影响[J]. 亚热带植物科学, 2011, 40(3): 12–15.
- [25] 魏韩英, 周庐萍, 鲍腾飞, 等. 外源BA、GA₃和不同温度对建兰铁骨素心开花的影响[C]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展 2008: 中国园艺学会观赏园艺专业委员会 2008 年学术年会论文集. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [26] 李振坚, 王雁, 彭镇华. 生长调节剂对春石斛调控效应的研究[C]//2006 年中国园艺学会观赏园艺专业委员会学术年会论文集. 海口: 中国园艺学会, 2006.
- [27] 周艳霞, 尹俊梅, 杨光穗. 植物生长调节剂在热带兰花花期调控中的研究现状[J]. 热带农业科学, 2009, 29(3): 81–84.
- [28] 傅华龙, 何天久, 吴巧玉. 植物生长调节剂的研究与应用[J]. 生物工程加工, 2008, 6(4): 7–12.
- [29] 刘晓荣. 蝴蝶兰花芽分化及花期调控研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2006.
- [30] 张永柏. 文心兰花期调控技术研究[J]. 中国农学通报, 2008, 25(11): 315–318.
- [31] 秦建彬, 林丹青. 多效唑对大花蕙兰生长与花期的影响[J]. 浙江农业科学, 2009(4): 699–700.
- [32] 郑宝强, 王雁, 彭镇华, 等. 不同温度处理对杂种卡特兰开花的影响[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(1): 155–158.
- [33] 张晓艳, 张志胜, 郭和蓉, 等. 杂交兰花期调控技术研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(17): 5400–5402.
- [34] 胡蕾, 申婷. 高山处理对杂交兰花期调控作用的影响[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(2): 57–58.
- [35] 潘晓韵, 潘刚敏, 葛亚英, 等. 杂交兰花期调控实验初探[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(4): 542–545.
- [36] 孙瑶, 傅巧娟, 李春楠, 等. 杂交兰花期调控的正交试验研究[J]. 中国农学通报, 2017, 33(14): 52–56.
- [37] 黄国林, 肖远志, 李卫东, 等. 兰花花期调控研究进展[J]. 湖南农业科

(上接第 99 页)

它同花芽的形态分化有一定的关系。在具体的兰花花期调控上,应结合种苗特点,根据不同的生产目的,采用不同的喷施方式,在杂交兰苗期促进花芽分化上,应以低浓度的6-BA喷施假鳞茎为佳;在促进花梗长度上,应以低浓度的GA₃喷施叶面为宜,该研究可为设施栽培条件下两年生杂交兰的花期调控提供参考。

参考文献