

doi: 10.11838/sfsc.20160120

叶面喷施钾、钙和镁肥调节三月红荔枝果皮着色和果肉风味变化同步的效果

高 丹, 周晓超, 苏 阳, 周开兵*

(海南大学园艺园林学院, 海南 海口 570228)

摘 要: 以三月红荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn. cv Sanyuehong) 成年树为试材, 以叶面喷施 0.5% KCl (K)、0.3% CaCl₂ (Ca) 和 1.5% MgCl₂ (Mg) 以及它们的混合液为处理, 以清水为对照 (CK), 探讨叶面喷施 K、Ca 和 Mg 肥对三月红荔枝果皮着色和果肉风味变化同步的调节效果。结果表明, 果实在生长发育过程中, 各处理和 CK 的果皮色角度 (h) 值和果肉总酸含量在总体上呈下降趋势, 果肉可溶性糖含量和果肉糖酸比在总体上呈上升趋势。不同处理的果肉糖酸比动态变化趋势在后期存在差异, 即从 4 月 27 日到 30 日, Ca 和 Mg 处理无显著变化, 其余处理和 CK 均显著下降, 且 Ca 处理显著高于 CK; 不同处理的果皮 h 值动态变化趋势也在后期存在差异, 即 Ca + Mg 处理在 4 月 27 日降至最低并显著低于 CK, 至 4 月 30 日, 其一直无显著变化, 但其余处理在此期间则均显著下降, 且 Ca 处理在 4 月 30 日显著低于其它处理和 CK。可见, Ca + Mg、Ca 和 Mg 处理的果皮 h 值与果肉糖酸比均同步达到最佳, 其中 Ca + Mg 和 Ca 处理同时改善了果皮着色和果肉风味品质。

关键词: 三月红荔枝; 钾; 钙; 镁; 着色

中图分类号: S667.1; S147.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2016) 01-0112-07

在海南产区, 三月红荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn. cv Sanyuehong) 是我国重要的早熟荔枝品种^[1], 但三月红荔枝的果皮着色与果肉风味变佳的发育不同步, 当果肉风味品质达最佳时, 果皮尚未完全着色; 当果皮全红时, 果肉风味品质口感又偏酸^[2]。即分别出现了类似妃子笑荔枝果实的“滞绿”和“退糖”现象^[3-7], 从而降低其商品价值。因此, 要解决三月红荔枝果皮着色和果肉风味品质发育不同步的问题, 通过调节三月红荔枝果皮色素代谢或者果肉糖代谢可能会使二者发育实现同步。笔者所在课题组已有报道, 在三月红荔枝果实膨大期经叶面喷施 P、K 和 Ca 肥可以促进果皮着色, 进而提出有可能解决其果皮着色和果肉风味品质发育不同步的问题^[8]。本文通过对三月红荔枝在果实稳果后进行叶面喷施 K、Ca 和 Mg 单一肥及其混合肥, 筛选出解决三月红荔枝果皮着色和果肉风味品质发育不同步问题的施肥处理方案, 并初步探讨本试验施肥处理对三月红荔枝果皮着色和果肉风味品

质发育同步性的调节机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地点为海南省农业科学院热带果树研究所永发科研示范基地, 该基地位于澄迈县北部平原台地, 属于热带季风气候区, 年平均气温 23.8℃, 年平均日照时数 2 059 h, 年均降水量 1 786.1 mm, 且热、雨同季, 终年无霜; 土壤为肥沃的砖红壤。在该基地荔枝园选 16 年生、生长势一致和无任何不良表现三月红荔枝本砧嫁接树 24 株作为试验材料。

1.2 试验方案

以叶面喷清水为对照 (CK), 依据 K、Ca 和 Mg 的氯化物在果树上用于叶面喷施时的常用浓度, 设置如下 7 个处理: 1.5% MgCl₂ (Mg) 溶液、0.5% KCl (K) 溶液、0.3% CaCl₂ (Ca) 溶液和 3 种氯化物上述浓度的两两及三者混合溶液 (其中 1.5% MgCl₂ 溶液和 0.5% KCl 溶液混合比例为 4:7; 0.3% CaCl₂ 溶液和 1.5% MgCl₂ 溶液混合比例为 1:4; 0.3% CaCl₂ 溶液和 0.5% KCl 溶液混合比例为 1:7; 0.3% CaCl₂ 溶液、1.5% MgCl₂ 溶液和 0.5% KCl 溶液三者混合比例为 4:1:7)。叶面喷施量为 7.5 L/

收稿日期: 2014-11-15; 最后修订日期: 2015-05-24

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31160383)。

作者简介: 高丹 (1990-), 女, 山东威海人, 硕士研究生, 从事果树栽培生理研究。E-mail: kaibingzhou0528@163.com。

通讯作者: 周开兵, E-mail: 1179113660@qq.com。

株。试验中 K、Ca 和 Mg 肥均采用氯化物是为了避免不同阴离子影响对试验结果分析产生干扰。单株小区, 重复 3 次。在稳果后至果实进入成熟期前, 进行叶面喷施处理, 共 3 次, 即分别在 2014 年 4 月 6 日、9 日和 13 日的 9:00 至 10:00 进行。

1.3 取样及样品处理

刚进入果实膨大期时 (假种皮刚刚包满种子时, 即 2014 年 4 月 6 日), 在每株树树冠外围中部选 5 个大小基本一致的果实作为每次取样的标准果, 并挂牌标记, 此后在不同时期动态采样时均参照这 5 个标准果纵、横径的平均值, 采集与其果径一致的样果。从果实开始膨大到果皮全红为止, 在 4 月 6、9、13、16、20、23、27 和 30 日各取样 1 次, 其中 6、9 和 13 日取样均在叶面喷施处理之前完成。果样取自树冠中部外围, 每次取样采果 30 个/株。在田间先测定果皮着色指标, 再将样果立即用液氮速冻, 带回实验室后, 取出样果并趁冻将果皮和果肉研磨成颗粒, 按不同样树分装混匀的果皮和果肉颗粒样品, 贮放于 -80°C 超低温冰箱中备用。

1.4 试验指标观测方法

采用日本产 Minolta CR2300 型全自动测色色差计测定果顶、果蒂和果胴部位分布均匀的 6 点果皮 a、b 值, 换算出色度角 (h), 公式为 $h = \tan^{-1}(b/a)$, 各观测指标以此 6 点的平均值作为该样果的观测值, 每样树 30 个样果果皮观测值平均值作为该重复观测值。a、b 和 h 值与颜色的关系如图 1 所示, 其中 h 值越小则果皮综合色泽越红。采用蒽酮比色法测定荔枝果肉可溶性糖含量^[9]; 采用中和滴定法测定果肉总酸含量, 并换算成柠檬酸含量; 由样品的可溶性糖和总酸含量计算其糖酸比。

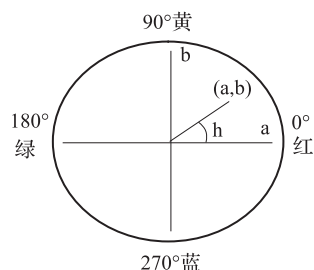


图 1 a、b 和 h 值与颜色的关系示意图

1.5 统计分析

采用 SAS 软件 Anova 过程作方差分析, 采用 Duncan 法作各指标动态变化和同期不同处理与对照间的多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对果皮着色的影响

对表 1 同行数据比较分析可知, 在果实发育过程中, 不同处理与 CK 的果皮 h 值均呈下降的动态变化趋势。不同处理与 CK 在 4 月 16 日前均无显著变化; 从 4 月 16 日到 4 月 20 日, Ca、Mg、Ca + Mg 处理和 K + Ca + Mg 处理显著下降, 其余处理和 CK 无显著变化; 从 4 月 20 日到 4 月 27 日, 不同处理和 CK 均极显著下降; 从 4 月 27 到 4 月 30 日, 除 Ca + Mg 处理无显著变化外, 其余处理和 CK 均显著下降。说明不同处理和 CK 果皮转红主要发生在 4 月 20 日至 27 日, 其中 Ca + Mg 处理因在 4 月 27 日 h 值已经降至最低且此后无显著变化, 即其已提前完全着色; 其它处理在 4 月 30 日完全着色。因此, 对于促进果皮提前着色而言, Ca + Mg 处理优于其他处理。

对表 1 同列数据比较分析可知, 不同处理在果实发育期间对同期果皮的 h 值产生明显的影响。4 月 9 日前, 不同处理与 CK 差异不显著; 在 4 月 13 日, 除 K 处理显著高于 CK 外, 其余各处理与 CK 差异不显著; 在 4 月 16 日, 不同处理均与 CK 差异不显著; 在 4 月 20 日, K 和 K + Ca 处理与 CK 差异不显著, 其余处理均显著低于 CK, 其中 Ca + Mg 处理效果最好, Ca 处理次之; 在 4 月 23 日, 各处理均显著低于 CK, 其中 Ca + Mg、Ca 和 Mg 处理极显著低于 CK, Ca + Mg 处理效果最好; 在 4 月 27 日, Ca + Mg 处理的着色效果最好, Ca 处理的着色效果不及 Ca + Mg 处理但优于 K + Ca + Mg 处理, 并且 3 个处理均显著低于 CK, 其余处理与 CK 无显著差异; 在 4 月 30 日, Ca 处理显著低于 CK, 其余处理与 CK 差异不显著。可见, 各个处理在果实发育不同时期对果皮着色都产生一定影响, 但 Ca + Mg 处理在促使果皮提前着色上是最优处理。

2.2 不同处理对果肉可溶性糖含量的影响

对表 2 同行数据比较分析可知, 在果实生长发育过程中, 不同处理和 CK 的果肉可溶性糖含量总体上均呈先上升后下降的趋势。不同处理和 CK 可溶性糖含量在 4 月 23 日之前均显著增加; 从 4 月 23 日到 4 月 27 日, 除 K、K + Ca + Mg 处理和 CK 无显著变化外, 其余各处理均显著升高; 从 4 月 27 日到 4 月 30 日, 各处理和 CK 均显著降低。

表 1 不同处理的三月红荔枝果皮 h 值的动态变化

处理	日期 (月 - 日)							
	04 - 06	04 - 09	04 - 13	04 - 16	04 - 20	04 - 23	04 - 27	04 - 30
CK	83.954 ± 3.215 ^{ac}	76.242 ± 3.212 ^{ac}	82.838 ± 4.129 ^{ac}	80.562 ± 5.167 ^{ac}	81.634 ± 2.370 ^{ac}	71.442 ± 3.406 ^{ca}	49.938 ± 1.986 ^{da}	42.023 ± 2.906 ^{ea}
Mg	83.863 ± 1.797 ^{ac}	78.926 ± 1.986 ^{ac}	81.217 ± 2.906 ^{ac}	82.838 ± 4.445 ^{ac}	75.752 ± 2.200 ^b	58.743 ± 3.758 ^{cd} *	48.358 ± 2.311 ^d	41.180 ± 4.736 ^{ea}
Ca	81.432 ± 4.897 ^{ac}	82.533 ± 2.311 ^{ac}	82.697 ± 4.736 ^{ac}	82.128 ± 4.150 ^{ac}	65.532 ± 3.542 ^b	50.622 ± 2.189 ^{cd} *	43.337 ± 2.193 ^d	37.327 ± 3.500 ^{ed}
Ca + Mg	79.321 ± 1.645 ^{ac}	80.323 ± 2.193 ^{ac}	79.335 ± 3.500 ^{ac}	78.535 ± 3.535 ^{ac}	60.842 ± 2.703 ^b	43.976 ± 3.311 ^{cd} *	40.088 ± 1.727 ^d	41.098 ± 6.029 ^{da}
K	81.193 ± 3.696 ^{ac}	79.184 ± 1.727 ^{ac}	86.754 ± 6.029 ^a	80.963 ± 4.126 ^{ac}	84.177 ± 1.354 ^{ac}	65.415 ± 3.618 ^b	47.136 ± 2.859 ^{cd}	42.987 ± 7.052 ^{da}
K + Mg	82.743 ± 1.696 ^{ac}	80.562 ± 2.859 ^{ac}	81.135 ± 7.052 ^{ac}	84.936 ± 2.308 ^{ac}	85.431 ± 3.674 ^a	68.432 ± 3.418 ^b	50.960 ± 1.354 ^{cd}	43.737 ± 3.618 ^{da}
K + Ca	79.533 ± 2.247 ^{ac}	81.631 ± 4.075 ^{ac}	83.963 ± 2.703 ^{ac}	81.186 ± 1.980 ^{ac}	85.513 ± 4.409 ^{ac}	64.342 ± 2.789 ^b	47.253 ± 3.674 ^{cd}	41.212 ± 3.418 ^{da}
K + Ca + Mg	82.087 ± 2.608 ^{ac}	81.544 ± 4.669 ^{ac}	82.148 ± 4.846 ^{ac}	80.755 ± 5.855 ^{ac}	69.541 ± 3.781 ^b	56.642 ± 2.649 ^{cd}	46.753 ± 4.409 ^d	43.043 ± 2.789 ^{ea}

注：同行数据后不同英文小写字母表示在 5% 水平下差异显著；同列数据后不同希腊字母表示在 5% 水平下差异显著；* 表示差异极显著，下同。

表 2 不同处理的三月红荔枝果肉可溶性糖含量的动态变化 (%)

处理	日期 (月 - 日)							
	04 - 06	04 - 09	04 - 13	04 - 16	04 - 20	04 - 23	04 - 27	04 - 30
CK	1.548 ± 0.205 ^{ac}	4.082 ± 0.501 ^b	5.749 ± 0.519 ^{ca}	7.739 ± 0.767 ^{da}	9.647 ± 0.616 ^{ea}	11.608 ± 1.654 ^{fa}	12.816 ± 1.412 ^{fa}	10.648 ± 1.219 ^{ga}
Mg	1.846 ± 0.191 ^{ac}	5.198 ± 0.629 ^b	6.588 ± 0.872 ^{ca}	7.684 ± 0.433 ^{da}	9.729 ± 0.379 ^{ea}	11.332 ± 1.387 ^{fa}	13.969 ± 1.355 ^{gb}	11.089 ± 1.209 ^{ha}
Ca	1.385 ± 0.214 ^{ac}	4.198 ± 0.769 ^b	6.050 ± 0.761 ^{ca}	8.761 ± 0.382 ^{da}	10.962 ± 0.732 ^{eb}	13.907 ± 1.449 ^{fb} *	14.753 ± 1.284 ^{gy}	13.654 ± 1.197 ^{hb}
Ca + Mg	1.547 ± 0.217 ^{ac}	4.523 ± 0.149 ^b	5.868 ± 0.802 ^{ca}	7.195 ± 0.582 ^{da}	9.287 ± 0.754 ^{ea}	10.826 ± 1.560 ^{fa}	14.172 ± 1.264 ^{gb}	11.823 ± 0.096 ^{hy}
K	1.997 ± 0.226 ^{ac}	5.244 ± 0.315 ^b	6.610 ± 0.767 ^{ca}	8.276 ± 0.611 ^{da}	11.325 ± 0.558 ^{eb}	12.928 ± 1.417 ^{fb} *	13.538 ± 0.987 ^{fb}	11.958 ± 1.022 ^{gy}
K + Mg	2.055 ± 0.210 ^{ac}	5.603 ± 0.171 ^b	6.171 ± 0.622 ^{ca}	7.780 ± 0.789 ^{da}	9.115 ± 0.542 ^{ea}	10.775 ± 0.844 ^{fa}	12.258 ± 1.301 ^{ge}	9.875 ± 1.215 ^{ha}
K + Ca	1.564 ± 0.199 ^{ac}	3.861 ± 0.220 ^b	6.503 ± 0.872 ^{ca}	7.021 ± 0.569 ^{da}	9.385 ± 0.469 ^{ea}	10.157 ± 1.396 ^{fa}	12.472 ± 1.662 ^{ge}	10.746 ± 1.043 ^{ha}
K + Ca + Mg	1.460 ± 0.203 ^{ac}	4.287 ± 0.536 ^b	6.242 ± 0.664 ^{ca}	7.171 ± 0.937 ^{da}	9.911 ± 0.754 ^{ea}	12.467 ± 1.644 ^{fb} *	12.787 ± 1.276 ^{fb}	11.613 ± 0.079 ^{gy}

对表2同列数据比较分析可知,不同处理在果实生长发育期间对同期果肉可溶性糖含量产生了一定的影响。在4月16日之前,不同处理分别与CK差异不显著;在4月20日,K处理优于Ca处理,且两者处理均显著高于CK;在4月23日,Ca处理效果最好,K处理次之,K+Ca+Mg处理虽然不如K处理但好于CK,且这3个处理均极显著高于CK,其余各处理均低于CK;在4月27日,Ca处理效果最佳,Ca+Mg处理次之,Mg处理不及Ca+Mg处理但优于K处理,且均显著高于CK;在4月30日,Ca处理效果最佳,K处理次之,Ca+Mg处理不及K处理但优于K+Ca+Mg处理,且均显著高于CK,其余处理分别与CK差异不显著。

2.3 不同处理对果肉总酸含量的影响

对表3同行数据比较分析可知,在果实生长发育过程中,果肉总酸含量总体上呈下降趋势。其中,从4月13日到4月16日,K+Mg处理显著上升;从4月27日到4月30日,K、K+Ca、K+Ca+Mg处理有所上升;其余各处理和CK的果肉总酸含量均持续极显著下降。

对表3同列数据比较分析还可知,不同处理在果实生长发育期间对同期果肉总酸的积累产生了明显的影响。在4月13日之前,不同处理与CK差异不显著;在4月16日,Ca+Mg处理效果最佳,其次为K+Ca+Mg处理,K处理不及K+Ca+Mg处理但优于CK,且三者处理显著低于CK,其余各处理与CK差异不显著;在4月20日,不同处理分别与CK差异不显著;4月23日,除Mg处理外,其余各处理显著低于CK;在4月27日,除K处理显著低于CK外,其余各处理均与CK差异不显著;在4月30日,K+Ca+Mg处理显著高于CK,其余各处理均与CK差异不显著。

2.4 不同处理对果肉糖酸比的影响

对表4同行数据比较分析可知,在果实生长发育过程中,不同处理与CK的果肉糖酸比均总体上呈上升趋势。不同处理和CK在4月27日之前均显著上升;此后至4月30日,Ca和Mg处理无显著变化,其余处理和CK均显著下降。说明Ca和Mg处理无“退糖”现象。

对表4同列数据比较分析还可知,不同处理对同期果肉糖酸比产生明显的影响。在4月20日之

前,不同处理分别与同期CK差异不显著;在4月23日,Ca处理极显著高于CK,其余各处理与CK差异不显著;在4月27日,K处理效果最佳,Ca处理不及K处理但优于Ca+Mg处理,且K处理和Ca处理极显著高于CK,Ca+Mg处理显著高于CK,其余各处理与CK差异不显著;在4月30日,Ca处理极显著高于CK,其余各处理与CK差异不显著。可见,相对于CK,全部处理均未引起果肉糖酸比显著下降,其中Ca+Mg处理在4月27日和Ca处理在4月30日果皮完全着色时,果肉糖酸比分别显著和极显著高于CK,说明它们此时改善了果肉的综合风味品质。

2.5 不同处理对荔枝果皮着色与果肉风味变化同步性的调节效果

对上述果皮h值和果肉糖酸比的动态变化结果作综合分析,如图2所示。Ca和Mg处理的果肉糖酸比在4月27日达到最高,此后无明显变化,说明这两个处理的果肉风味品质在后期能维持在最佳水平,解决了果肉“退糖”问题;Ca+Mg处理的果皮h值在4月27日达到最低,此后无明显变化,表明Ca+Mg处理克服了果皮“滞绿”问题。这3个处理均成功实现了果皮着色和果肉风味变化同步发育。

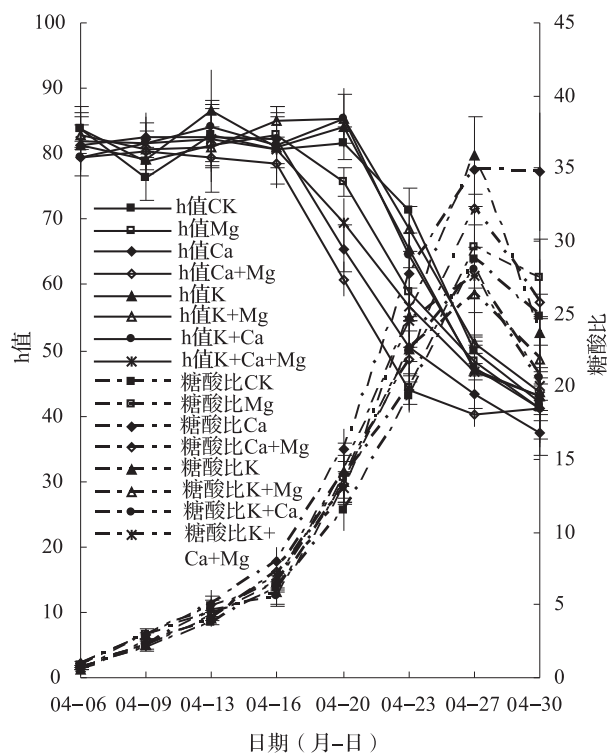


图2 不同处理对荔枝果皮h值和果肉糖酸比的影响

表 3 不同处理的三月红荔枝果肉总酸含量的动态变化

(%)

处理	日期 (月 - 日)							
	04 - 06	04 - 09	04 - 13	04 - 16	04 - 20	04 - 23	04 - 27	04 - 30
CK	2. 255 ± 0. 207 _{αα}	1. 916 ± 0. 100 _{αα}	1. 493 ± 0. 113 _{αα}	1. 252 ± 0. 138 _{αα}	0. 816 ± 0. 125 _{αα}	0. 599 ± 0. 078 _{αα}	0. 445 ± 0. 046 _{αα}	0. 430 ± 0. 018 _{b[*]α}
Mg	2. 338 ± 0. 235 _{αα}	1. 790 ± 0. 081 _{αα}	1. 342 ± 0. 101 _{αα}	1. 193 ± 0. 121 _{αα}	0. 707 ± 0. 098 _{αα}	0. 570 ± 0. 082 _{αα}	0. 472 ± 0. 176 _{αα}	0. 404 ± 0. 020 _{b[*]α}
Ca	2. 261 ± 0. 250 _{αα}	1. 890 ± 0. 165 _{αα}	1. 495 ± 0. 114 _{αα}	1. 243 ± 0. 221 _{αα}	0. 777 ± 0. 087 _{αα}	0. 466 ± 0. 011 _{aβ}	0. 422 ± 0. 042 _{αα}	0. 393 ± 0. 131 _{b[*]α}
Ca + Mg	2. 219 ± 0. 246 _{αα}	1. 887 ± 0. 095 _{αα}	1. 430 ± 0. 115 _{αα}	0. 989 ± 0. 085 _{aβ}	0. 661 ± 0. 063 _{αα}	0. 496 ± 0. 164 _{αγ}	0. 439 ± 0. 194 _{αα}	0. 458 ± 0. 021 _{b[*]α}
K	2. 182 ± 0. 155 _{αα}	1. 820 ± 0. 180 _{αα}	1. 299 ± 0. 120 _{αα}	1. 092 ± 0. 130 _{aβ[*]}	0. 722 ± 0. 146 _{αα}	0. 522 ± 0. 064 _{αε}	0. 378 ± 0. 068 _{aβ}	0. 505 ± 0. 081 _{αα}
K + Mg	2. 119 ± 0. 095 _{αα}	1. 870 ± 0. 103 _{αα}	1. 372 ± 0. 157 _{αα}	1. 332 ± 0. 126 _{bα[*]}	0. 680 ± 0. 092 _{bα}	0. 477 ± 0. 091 _{bβ}	0. 466 ± 0. 104 _{bα}	0. 451 ± 0. 046 _{c[*]α}
K + Ca	2. 199 ± 0. 186 _{αα}	1. 707 ± 0. 190 _{αα}	1. 399 ± 0. 091 _{αα}	1. 266 ± 0. 121 _{αα}	0. 818 ± 0. 062 _{αα}	0. 454 ± 0. 107 _{aβ}	0. 444 ± 0. 062 _{αα}	0. 521 ± 0. 019 _{αα}
K + Ca + Mg	2. 307 ± 0. 205 _{αα}	1. 887 ± 0. 102 _{αα}	1. 494 ± 0. 185 _{αα}	1. 029 ± 0. 130 _{aβ[*]}	0. 764 ± 0. 063 _{αα}	0. 509 ± 0. 105 _{αγ}	0. 463 ± 0. 029 _{αα}	0. 578 ± 0. 020 _{aβ}

表 4 不同处理的三月红荔枝果肉糖酸比的动态变化

处理	日期 (月 - 日)							
	04 - 06	04 - 09	04 - 13	04 - 16	04 - 20	04 - 23	04 - 27	04 - 30
CK	0.687 ± 0.065 $\alpha\alpha$	2.130 ± 0.371 $b\alpha$	3.850 ± 0.326 $c\alpha$	6.182 ± 0.938 $d\alpha$	11.474 ± 1.315 $e\alpha$	19.367 ± 1.078 $f\alpha$	28.786 ± 2.346 $g\alpha$	24.787 ± 2.491 $h\alpha$
Mg	0.790 ± 0.035 $\alpha\alpha$	2.905 ± 0.208 $b\alpha$	4.911 ± 0.696 $c\alpha$	6.438 ± 0.581 $d\alpha$	13.754 ± 1.484 $e\alpha$	19.865 ± 1.082 $f\alpha$	29.576 ± 2.763 $g\alpha$	27.471 ± 2.695 $g\alpha$
Ca	0.915 ± 0.050 $\alpha\alpha$	2.882 ± 0.207 $b\alpha$	5.088 ± 0.919 $c\alpha$	8.040 ± 0.970 $d\alpha$	15.677 ± 1.487 $e\alpha$	27.693 ± 3.011 $f\beta$	34.966 ± 3.190 $g\beta^*$	34.704 ± 4.061 $g\beta^*$
Ca + Mg	0.697 ± 0.070 $\alpha\alpha$	2.397 ± 0.110 $b\alpha$	4.103 ± 0.526 $c\alpha$	7.274 ± 0.847 $d\alpha$	14.040 ± 1.363 $c\alpha$	21.821 ± 1.126 $f\alpha$	32.298 ± 2.378 $g\gamma$	25.807 ± 2.990 $h\alpha$
K	0.563 ± 0.055 $\alpha\alpha$	2.221 ± 0.241 $b\alpha$	4.046 ± 0.419 $c\alpha$	6.567 ± 0.608 $d\alpha$	14.116 ± 2.045 $c\alpha$	24.745 ± 2.064 $f\alpha$	35.841 ± 2.682 $g\beta^*$	23.685 ± 2.601 $h\alpha$
K + Mg	0.970 ± 0.210 $\alpha\alpha$	2.997 ± 0.351 $b\alpha$	4.499 ± 0.076 $c\alpha$	5.840 ± 0.757 $d\alpha$	13.399 ± 1.522 $c\alpha$	22.592 ± 1.906 $f\alpha$	26.330 ± 3.180 $g\alpha$	21.903 ± 2.795 $h\alpha$
K + Ca	0.711 ± 0.086 $\alpha\alpha$	2.261 ± 0.390 $b\alpha$	4.650 ± 0.676 $c\alpha$	5.547 ± 0.593 $d\alpha$	13.054 ± 1.050 $c\alpha$	22.396 ± 2.107 $f\alpha$	28.069 ± 2.993 $g\alpha$	20.634 ± 2.216 $h\alpha$
K + Ca + Mg	0.633 ± 0.452 $\alpha\alpha$	2.272 ± 0.310 $b\alpha$	4.178 ± 0.233 $c\alpha$	6.967 ± 0.371 $d\alpha$	12.972 ± 1.463 $c\alpha$	24.486 ± 1.105 $f\alpha$	27.593 ± 2.922 $g\alpha$	20.090 ± 3.112 $e\alpha$

3 结论与讨论

根据本试验结果,从4月27日到30日,Ca处理和Mg处理的糖酸比并未显著下降,而其余处理和CK在此期间糖酸比显著下降,因而Ca处理和Mg处理克服其果肉“退糖”现象,使果皮着色最佳时果肉品质仍然维持在一定水平;不同处理的果皮h值动态变化趋势也在后期存在差异,即Ca+Mg处理在4月27日降至最低并显著低于CK,至4月30日,其一直无显著变化,但其余处理在此期间则均显著下降,因而Ca+Mg处理可以促进果皮提前着色,从而使果肉品质良好的同时果皮着色也达到最佳,使果皮着色和果肉品质达到同步发育。

总之,叶面喷Ca、Mg和叶面喷Ca和Mg混合液都可以有效地解决三月红荔枝果皮着色与果肉风味变佳发育不同步问题,前二者在果皮保持正常着色时果肉能保持良好的风味品质,后者则可促进果皮提前着色,从而使三月红荔枝果实提早成熟和采收。其中,叶面喷Ca+Mg和Ca能同时改善果皮着色和果肉风味品质。

本试验结果表明,Ca处理使果肉在后期能维持最高水平的糖酸比,这与前人在苹果上的试验结果相似^[10-11]。其可能的原因是,Ca²⁺通过调控果肉糖代谢相关酶来有效延缓果实衰老^[12-13],从而维持较高水平的糖酸比,这有待进一步试验研究证实。

前人在其他果树上的报道表明,Mg肥可以提高果实可溶性糖含量^[14],降低酸度^[15-16],从而改善果实品质,这都与本试验结果相似。其可能的机理包括:Mg可以增强光系统II(PSII)活性、提高光能转化效率,从而合成更多的三磷酸腺苷(ATP)和还原型辅酶II(NADPH)用于光合碳同化生成糖等物质^[17];Mg同时是多种光合酶的活化剂,可以促进CO₂同化,有利于植物体内糖的合成^[18]。这些有关Mg营养作用机理的推测也有待进一步证实。

Saure^[19]指出糖是花青苷形成的必需成分,也有报道糖可以显著激活花青苷合成酶,并在一定程度上控制花色素苷基因表达,从而促进花色素合成^[20-21]。另外,糖的积累对花色素的积累有显著的正相关性在不同植物中也有报道^[22-23]。因此可以推测在三月红荔枝生长发育中很可能也存在这种着色和品质之间的相关性机制。本试验结果

也表明,Ca+Mg处理可以改善果皮着色,很有可能是Ca和Mg通过增加糖分积累而提高花色素合成,从而促进果皮提前着色。但是这种相关性机制在三月红荔枝中还未见报道,具体机理有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张蓓,吕立才,庄丽娟.我国荔枝生产的区域性布局及发展分析[J].广东农业科学,2011,23:174-176.
- [2] 张锐,杨迎,文亚迪,等.三月红和白糖罌荔枝果皮着色动态差异的比较[J].福建农业学报,2013,28(9):892-896.
- [3] 陈霞,周娜.荔枝果实发育过程中果皮色素变化对着色效果的影响[J].西南园艺,2005,5(33):52-54.
- [4] 王惠聪,黄旭明,黄辉白.‘妃子笑’荔枝果实着色不良原因的研究[J].园艺学报,2002,29(5):408-412.
- [5] 李平,陈大成,胡桂兵,等.荔枝果皮发育过程中果皮颜色形成的相关性分析[J].热带亚热带植物学报,1999,71(1):53-58.
- [6] 高飞飞,尹金华,陈大成,等.荔枝果皮叶绿素、类胡萝卜素、花色苷的形成规律对果色的影响[J].华南农业大学学报,2000,21(1):16-18.
- [7] 王家保,刘志媛,杜中军,等.荔枝果实发育过程中果皮颜色形成的相关分析[J].热带作物学报,2006,27(2):11-17.
- [8] 周开兵,苏举,徐远峰.磷、钾和钙元素对三月红荔枝果皮着色的影响[J].中国土壤与肥料,2007,(6):54-57.
- [9] 翁雪成,袁红.蒽酮-硫酸法测定荔枝核中可溶性多糖含量[J].杭州师范学院学报(医学版),2007,(2):107-108.
- [10] 周卫,李书田,林葆,等.喷钙对苹果果实生理特性的影响[J].土壤肥料,2000,(6):25-28.
- [11] 周卫,任洪,赵林萍,等.苹果[MaLusPumilo]幼果钙素吸收特性与激素调控[J].中国农业科学,1999,32(3):66-72.
- [12] 董彩霞,周健民,范晓晖,等.不同施钙措施对番茄果实钙含量和钙形态的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,(1):91-95.
- [13] 刘鸿洲,尤瑞深,黄维南.荔枝果实采后钙处理对三种酶活性的影响[J].亚热带植物通讯,1996,(2):1-5.
- [14] 吕玉兰,黄家雄,王跃全.镁肥对台湾青枣叶片叶绿素含量和果实品质的影响[J].热带农业科学,2010,12:17-19.
- [15] 廖育林,郑圣先,戴平安,等.钾镁锌硼铜肥对椪柑产量和品质的影响[J].土壤通报,2007,(6):1158-1161.
- [16] 刘光栋,杨力,宋国菡,等.镁、钙肥对肥城桃品质影响及平衡施肥的研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2000,31(2):173-176.
- [17] 李延,刘星辉,庄卫民.缺镁对龙眼光合作用的影响[J].园艺学报,2001,(2):101-106.
- [18] 汪洪,金继运.铁、镁、锌营养胁迫对植物体内活性氧代谢影响机制[J].植物营养与肥料学报,2006,(5):738-744.

- [19] Saure M C. External control of anthocyanin formation in apple [J]. Science Horticulture, 1990, 42: 181–218.
- [20] Masakazu H, Karin O, Kyoko H, et al. Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyl [J]. Plant Science, 2003, 164 (2): 259–265.
- [21] Inbal N S, Oded S, David W. Sugars enhance the expression of gibberellin – induced genes in developing petunia flowers [J]. Physiologia Plantarum, 2001, 109 (2): 196–202.
- [22] 吴江, 程建徽, 杨夫臣, 等. 红地球和无核白鸡心葡萄设施栽培条件下糖积累与果实着色的关系 [J]. 果树学报, 2007, (4): 444–448.
- [23] Jamal U A F M, Fumio H, Miho K, et al. Analysis of light and sucrose potencies on petal coloration and pigmentation of *lisianthus* cultivars (in vitro) [J]. Scientia Horticulturae, 2001, 89 (1): 75–84.

Effects of K and Ca and Mg applied in foliar nutrients on the synchronism of pericarp's coloring and flesh flavour's changing of *Litchi chinensis* Sonn. cv Sanyuehong

GAO Dan, ZHOU Xiao-chao, SU Yang, ZHOU Kai-bing* [College of Horticulture and Landscape (Hainan University), Hainan Haikou 570228]

Abstract: It was conducted with Sanyuehong litchi fruits to study the effects of K and Ca and Mg applied in foliar nutrients on the synchronism of pericarp's coloring and flesh flavour's changing. The treatments included spraying the concentrations 0.5% of KCl (K), 0.3% of CaCl₂ (Ca) and 1.5% of MgCl₂ (Mg) solutions and their mixtures, and the check (CK) was sprayed with clean water. The results showed that generally, with the growth and development of fruits, the values of h and the total acid in flesh decreased, the contents of sugar and the ratio of sugar/acid in flesh increased. The dynamic changes of the ratio of sugar/acid in flesh showed significant difference at the later stage among different treatments. From April 27th to April 30th, the ratio of sugar/acid in flesh of the treatments Ca and Mg showed no significant difference, while those of the other treatments and CK were significantly decreased, and the ratio of sugar/acid in flesh of the treatment Ca was significantly higher than that of CK. The dynamic changes of the different treatments on the values of h in pericarp also showed significant difference at the later stage. The value of h in pericarp of the treatment Ca + Mg dropped to the bottom and was significantly lower than those of CK and the other treatments on April 27th, and then showed no significant difference till April 30th, while those of the other treatments and CK were significantly decreased. And the value of h in pericarp of the treatment Ca was significantly higher than those of the other treatments and CK on April 27th. So the synchronization of the values of h in pericarp and the ratio of sugar/acid in flesh of the treatments Ca + Mg and Ca achieved the best on April 27th and 30th respectively. The treatment Ca + Mg solved the problem that the peel kept green when the ratio of sugar/acid in flesh rising to the top, and the treatments Ca and Mg solved the problem that the ratio of sugar/acid in flesh dropped when the pericarp coloring full, and the treatments Ca + Mg and Ca improved the pericarp coloring and the flesh's flavour together.

Key words: Sanyuehong litchi; K; Ca; Mg; coloring