

文章编号: 1674-7054(2016)01-0053-05

三月红荔枝果皮钾钙镁含量变化与着色的关系

张 锐 周晓超 苏 阳 周开兵

(海南大学 热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室/园艺园林学院, 海口 570228)

摘 要: 以三月红荔枝(*Litchi chinensis* Sonn. 'Sanyuehong') 果皮为材料, 探讨果皮 K、Ca 和 Mg 含量动态变化与着色的关系。结果表明: 在果皮着色发育过程中, 叶绿素含量和 h 值呈显著下降趋势, 花色素苷含量和 a 值呈显著上升趋势; 全 K 和水溶性 K 含量总体上均呈下降趋势, 全 Ca 和水溶性 Mg 含量总体上呈上升趋势, 全 Mg 含量在 4 月 16 日前总体上升, 水溶性 Ca 含量则无显著变化。果皮花色素苷含量与果皮全 K、全 Ca、水溶性 K 和水溶性 Mg 等含量分别呈负、正、负和正相关一元指数函数回归关系。

关键词: 三月红荔枝; 钾; 钙; 镁; 着色

中图分类号: S 667.1

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2016.01.009

荔枝(*Litchi Chinensis* Sonn.) 在海南表现为早熟, 一般品种的成熟期比在广东产区提早约 1 个月, 因此, 三月红等早熟荔枝品种在海南产区颇具优势^[1-3]。但是, 三月红荔枝果皮着色滞后于果肉含糖量升高(即滞绿现象), 果面全红时果肉含糖量下降(即退糖现象), 果皮滞绿的主要原因是果肉含糖量和糖酸比最高时果皮花色素苷含量偏低^[4]。果皮滞绿问题常导致三月红荔枝的早市经济效益难以实现, 因此, 有必要开展解决其果皮滞绿问题的研究。大量报道表明, 荔枝果皮转红就是果皮花色素苷含量升高和叶绿素含量下降的过程, 而与果皮类胡萝卜素含量变化关系不明显^[4-8]。因此, 如果能促进果皮花色素苷积累和果皮叶绿素降解, 就可以使果皮着色和果肉风味发育同步。叶面喷施磷、钾和钙肥可以促进三月红荔枝果皮着色^[11]。通过改良三月红荔枝施肥技术来解决其果皮滞绿问题是可行的。笔者探讨三月红荔枝果皮 K、Ca 和 Mg 含量动态变化与着色的关系问题, 旨在为解决三月红荔枝果皮“滞绿”问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 试验地点在海南省农业科学院热带果树研究所永发科研示范基地, 位于海南省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 °C, 年平均日照时数 2 059 h, 年均降雨量 1 786.1 mm, 且热雨同季, 终年无霜; 土壤为砖红壤且肥沃。选 16 年生、生长势一致且无任何不良表现的三月红荔枝丁香荔枝砧树 5 株, 单株小区。稳果后在每株样树树冠中部外围选 5 个不同方位且大小基本一致的果实作为标准果, 挂牌标记, 此后动态采样。从稳果(假种皮刚包满种子之时, 即 2013-03-26)开始, 到果皮全红时(2013-04-18)为止, 每隔 3~4 d 取 1 次样果, 在每株样树上采果 30 个。在田间先检测果皮色泽指标, 然后就地剥皮并及时用液氮速冻, 带回实验室储存于 -80 °C 超低温冰箱中备用。

1.2 方法

1.2.1 果皮着色指标测定 采用日本产 Minolta CR2300 型全自动测色色差计测定果皮 a 、 b 值, 换算出色度角(h), 公式为 $h = \arctg(b/a)$ 。 a 、 b 和 h 值与颜色的关系如图 1 所示。对每株样树的 30 个样果一一测定果顶、果基和果胴部对称 4 点的 a 、 b 值, 计算出这 6 个点的平均值作为该样果色泽的指标值, 然后以

收稿日期: 2015-01-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(31160383)

作者简介: 张锐(1988-), 女, 海南大学园艺园林学院 2011 级硕士研究生。

通信作者: 周开兵(1969-), 男, 博士, 教授, 博士研究生导师。研究方向: 果树栽培生理。E-mail: kaibingzhou0528@163.com

每株树样果的平均值作为该重复的观测值。每重复制备 3 个测样,采用改良 Arnon 法测定果皮叶绿素含量^[12];采用 Pirie A 等的方法测定果皮花色素苷含量^[13-14]。

1.2.1 K、Ca、Mg 含量测定 将果皮样品自然化冻后,用自来水冲洗干净,再用去离子水漂洗 2~3 次,放入烘箱,在 110 °C 下杀青 15 min,接着在 65 °C 下烘干至恒重,取出研磨成粉末。粉末过 60 目筛后放入封口塑料袋,置于干燥器中保存备用。称取 0.05 g 干粉,用 1 mol·L⁻¹ 分析纯盐酸振荡 24 h,测定果皮全 K、Ca 和 Mg 含量;称取 0.1 g 干粉,用去离子水振荡 24 h,测定果皮水溶性 K、Ca、Mg 含量;2 种样品溶液过滤后收集滤液。采用原子吸收分光光度法测定果皮 3 种营养元素各相应的含量,原子吸收分光光度计为德国的耶拿 NOVA400P。

1.3 统计分析 采用 SAS 软件 ANOVA 过程作方差分析;采用 LSD 法作多重比较分析;采用 REG 过程作一元指数函数回归分析。

2 结果与分析

2.1 果皮 K、Ca 和 Mg 含量的动态变化

2.1.1 果皮全 K、Ca 和 Mg 含量动态变化 从图 2 可知,全 K 含量动态变化曲线呈“W”形,2013-04-18 的全 K 含量极显著低于 2013-03-26 的,2013-04-09 的显著高于 2013-04-18 的,而 2013-04-05 和 2013-04-16 的差异不显著,总体上呈下降趋势。全 Ca 含量在 2013-04-05 前大幅度上升,至 2013-04-12 下降,再至 2013-04-16 又大幅度上升,最后至 2013-04-18 下降,但 2013-04-18 和 2013-04-16 的分别与 2013-04-05 的差异不显著和显著高于 2013-04-05 的,总体上呈上升趋势。全 Mg 含量在 2013-03-29 前显著上升,自 2013-03-29—04-12 无显著变化,2013-04-16 显著上升,此后再显著下降。

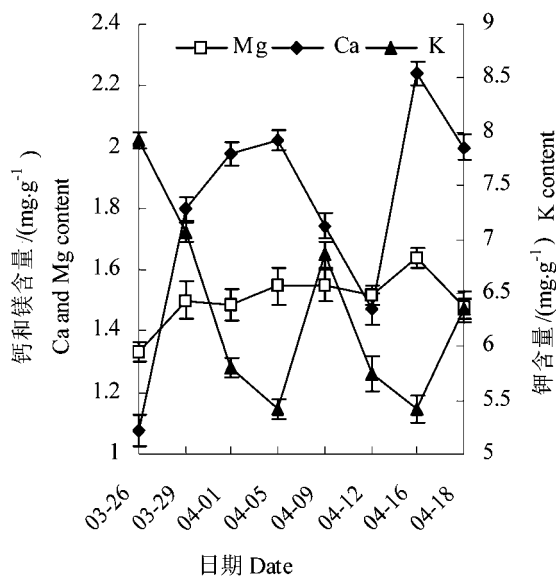


图2 全钾、钙和镁含量动态变化
Fig.2 The changes in the contents of the total K, Ca and Mg

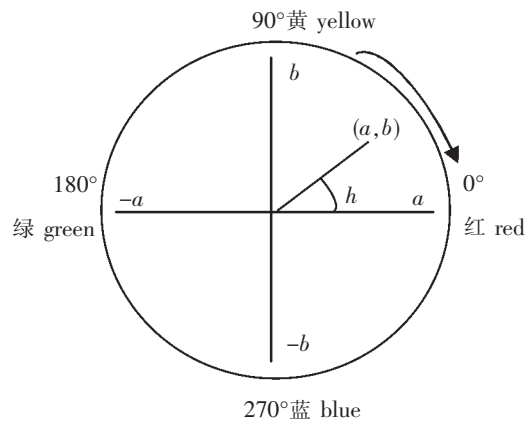


图1 a 、 b 和 h 值与颜色的关系示意图
 h 越小,颜色越红

Fig.1 The relationship between a and b and h values and colour
The value of his smaller and the colour is reder

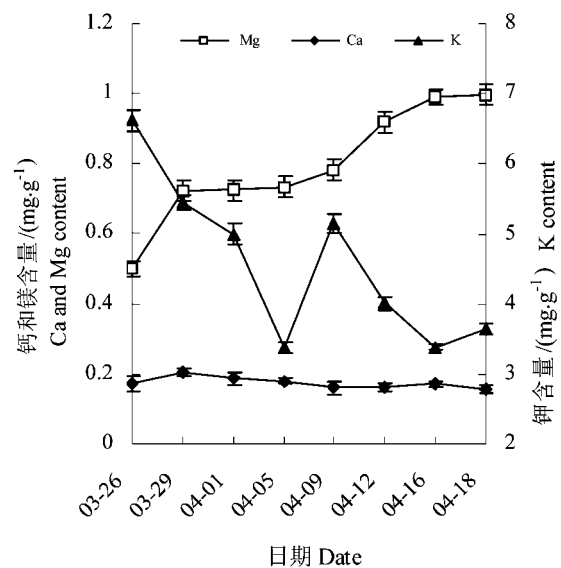


图3 水溶性钾、钙和镁含量动态变化
Fig.3 The changes in the contents of the water-soluble K, Ca and Mg

2.1.2 果皮水溶性 K、Ca、Mg 含量动态变化 从图 3 可知,水溶性 K 含量在总体上呈下降趋势,虽然在 2013-04-09 有一个大幅度上升,但随后又下降。2013-04-16 与 2013-04-05 无显著差异,此后无显著变化。水溶性 Mg 含量先升高,随后趋于平稳。2013-04-05 开始上升,至 2013-04-16 达到最大值,此后无显著变化,总体上呈上升趋势。水溶性 Ca 含量则一直无显著变化。

2.2 果皮色素与着色指标的动态变化

2.2.1 果皮主要色素含量动态变化 从图 4 可知,叶绿素含量总体上呈下降趋势,并且在 2013-04-16 前持续下降且相互间差异显著。花色素苷含量总体上呈上升趋势,在 2013-04-01 前无显著变化,至 2013-04-16 急剧上升,2013-04-18 趋于平缓。

2.2.2 果皮着色指标动态变化 果皮 h 值和 a 值动态变化如图 5 所示。从图 5 可见 a 值总体变化趋势由负值转为正值,在 2013-04-05 前平缓上升,此后开始急剧上升,表明荔枝果皮颜色由绿不断转红,并且果皮单纯红色的快速转化发生在果皮全红前 2 周左右。 h 值变化的总体趋势下降,在 2013-03-26—04-12 变化不明显,在 2013-04-12 后急剧下降,表明果皮着色主要发生在果皮全红前的 1 周内。

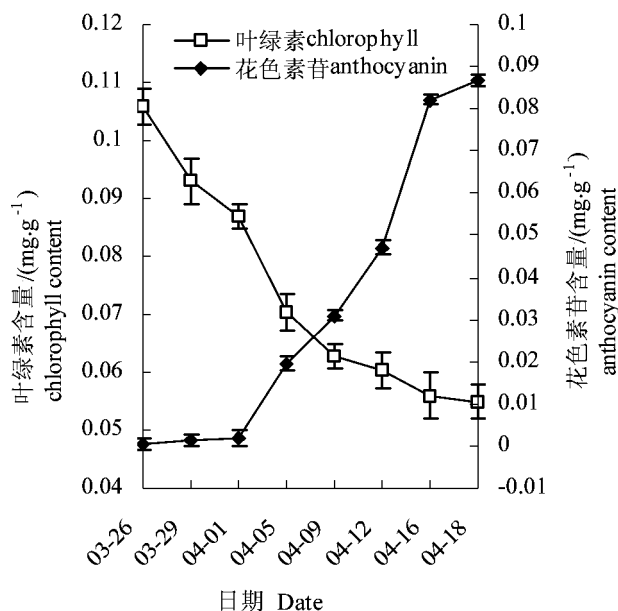


图4 色素含量动态变化
Fig.4 The changes in the contents of the pigments

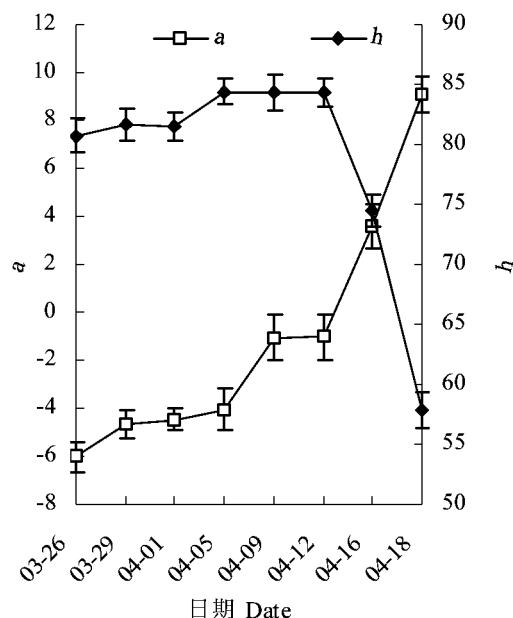


图5 色度角和颜色变化动态
Fig.5 The changes in h and a values

2.3 果皮色素含量与果皮 K、Ca 和 Mg 含量的一元指数函数回归分析 对花色素苷、叶绿素含量与果皮 K、Ca 和 Mg 全量和水溶性含量分别作一元指数函数回归分析,结果如表 1 所示。花色素苷含量与全 K、全 Ca、水溶性 K 和水溶性 Mg 含量分别呈负、正、负和正相关一元指数函数回归关系。叶绿素含量则与 3 种元素含量无显著一元指数函数回归关系。

表 1 一元指数函数回归分析

Tab. 1 The exponential regression analysis

$x/(mg \cdot g^{-1})$	回归方程 regression equation	相关指数 correlation index	显著性 significance
全 K total K	$y = 119.04e^{-1.4698x}$	-0.638 1	* *
全 Ca total Ca	$y = 0.00006e^{2.8747x}$	0.525 1	* *
水溶性 K water-soluble K	$y = 7.5423e^{-1.4285x}$	-0.829 7	* *
水溶性 Mg water-soluble Mg	$y = 0.00007e^{6.144x}$	0.715 8	* *

注: y 表示花色素苷含量($mg \cdot g^{-1}$)。* 表示显著性水平 $P < 0.05$; * * 表示显著性水平 $P < 0.01$

Note: The letter y symbolizes the content of anthocyanin ($mg \cdot g^{-1}$). The symbol * shows the significant difference at $P < 0.05$, and the symbol * * shows the significant difference at $P < 0.01$

3 讨 论

荔枝果皮水溶性 Mg 含量总体呈上升趋势,这可能与果皮着色过程中叶绿素降解有关^[4]。在鸭跖草花中 Mg^{2+} 能与花色素苷形成螯合物,使其花色素苷结构稳定^[15],荔枝果皮花色素苷可能也与 Mg^{2+} 螯合,因而果皮花色素苷含量与水溶性 Mg 含量正相关。这与果皮着色过程中叶绿素降解和花色素苷合成也是完全一致的^[4-8]。

花色素苷含量与全 Ca 含量呈正相关一元指数函数回归关系,全 Ca 含量动态变化趋势与花色素苷含量动态变化总体上均呈上升趋势。其可能的机理是植物花色素苷的生物合成过程受植物内部信号和环境信号间的复杂互作调节^[16],糖作为植物内部信号之一参与花色素苷的生物合成^[17],其对花色素苷生物合成的调节是通过蛋白激酶信号途径转导的^[18],而已经证实植物 Ca 含量是刺激蛋白激酶表达的重要因素^[19]。另外,在三月红荔枝、山楂、红樱桃果实成熟前经叶面喷布 $CaCl_2$ 后,显著提高这 3 种水果果皮花色素苷含量,从而促进这 3 种水果果皮着色^[11, 20-21]。这从施肥实践上为本试验结果提供证据支持。花色素苷含量与全 K 和水溶性 K 含量均呈负相关一元指数函数回归关系,全 K 和水溶性 K 含量动态变化趋势在总体上均与花色素苷含量动态变化趋势相反,说明果皮 K 含量较高不利于果皮转红。前人在苹果^[22]和李果实^[23]上也得到同样的结论。

总之,应以提高果皮全 Ca 和水溶性 Mg 含量、降低果皮 K 含量为目的来开展三月红荔枝测土配方施肥技术的创新研究,旨在促进三月红荔枝果皮着色。另外,在荔枝果实常规管理中倡导在果实膨大期增施 K 肥,那么施 K 后是否会引起果皮 K 含量升高而不利于果皮着色,这个问题同样值得关注。

参考文献:

- [1] 许书海. 海南荔枝生产现状和发展对策[J]. 热带农业工程, 2010, 34(4): 74-76.
- [2] 张蓓, 吕立才, 庄丽娟. 我国荔枝生产的区域型布局及发展分析[J]. 广东农业科学, 2011(23): 174-176.
- [3] 陈业光, 过建春, 何帆, 等. 海南荔枝发展现状及对策[J]. 中国热带农业, 2008(3): 21-24.
- [4] 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(8): 374-378.
- [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、花色素的形成规律及对果色的影响[J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(1): 16-18.
- [7] 周开兵, 苏举, 徐远峰. 荔枝果皮着色与色素含量的关系[J]. 山地农业生物学报, 2007, 2(1): 30-33.
- [8] 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.
- [9] 李平, 陈大成, 欧阳若, 等. 妃子笑荔枝使用化学调控剂对着色的影响[J]. 福建果树, 1999(1): 1-4.
- [10] 陈大成, 李平, 胡桂兵, 等. 套袋对妃子笑荔枝果实着色的影响[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(4): 65-69.
- [11] 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.
- [12] 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): 52-54.
- [13] Pirie A, Mullins M G. Changes in anthocyanin and phenolic content of grapevine leaf and abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1976, 58: 468-472.
- [14] 张昭其, 庞学群, 段学武, 等. 荔枝采后果皮花色素苷的降解与花色素苷酶活性变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36(8): 945-949.
- [15] Harborne J B. The flavonoids: recent advances[M]. // Goodwin T W. Plant Pigments. London, UK: Academic Press, 1988: 299-343.
- [16] 王小菁, 孟祥春, 彭建宗. 花色形成与花生长的调控[J]. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1105-1110.
- [17] 张学英, 张上隆, 骆军, 等. 果实花色素苷合成研究进展[J]. 果树学报, 2004, 21(5): 456-460.
- [18] Inbal N S, Oded S, David W. Sugars enhance the expression of gibberellin-induced genes in developing petunia flowers[J]. Physiol Plant, 2000, 109(2): 196-202.
- [19] Roberts D M, Harmon A C. Calcium-modulated proteins: Targets of intracellular calcium signals in higher plants[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1992, 43: 375-414.
- [20] 齐秀娟, 徐善坤, 李作轩, 等. 山楂果实发育期矿质元素和色素含量的动态变化及相关关系[J]. 果树学报, 2006, 32(2):

214 – 217.

- [21] Chun J F , Zhang L B , Yu F M , et al. The effect of Ca application on fruit quality and postharvest of sweet cherry fruit [J]. Journal of Hebei Agriculture Univerdity ,1999 22(1) : 43 – 46.
- [22] 姜学玲 徐维华 李延菊 等. 钾肥对富士苹果着色的影响及机理 [J]. 中国农业科学 2014 47(5) : 946 – 954.
- [23] 潘芝梅 徐金刚 卢刚. 李果实发育期矿质元素和果皮花青素含量的变化规律及相关性分析 [J]. 浙江林业科技 , 2009 , 29(4) : 21 – 24.

Studies on the Relationship Between the Changes in the Content of K , Ca and Mg in Pericarp of Sanyuehong Litich and the Pericarp' s Coloration

ZHANG Rui , ZHOU Xiaochao , SU Yang , ZHOU Kaibing

(Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources(Hainan University) , Ministry of Education /
College of Horticulture and Landscape Architecture Hainan University , Haikou Hainan 570228 , China)

Abstract: In order to study the relationship between the changes in the contents of K and Ca and Mg in pericarp and the pericarp' s coloring of Sanyuehong litich (*Litchi chinensis* Sonn. 'Sanyuehong') , a study based on the pericarp of Sanyuehong litich had finished. The results in the course of the development of the pericarp' s reddening were the following. The contents of chlorophyll and the values of h decreased significantly , while the contents of anthocyanin and the values of a increased significantly. The contents of the total K and the water-soluble K decreased generally. The contents of the total Ca and the water-soluble Mg rose generally. The content of the total Mg rose generally before 16th April . The content of the water-soluble Ca changed insignificantly all the time. The exponential regression equations of the content of anthocyanin to the contents of the total K , the total Ca , the water-soluble K and the water-soluble Mg were all significant , and the exponential correlations were respectively negative , positive , negative and positive.

Keywords: Sanyuehong litchi; K; Ca; Mg; coloring