

不同颜色李果实成熟期果皮色素的变化及与糖酸含量的相关性

张 义, 刘 敏

(长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

摘 要:从6~8月各品种果实着色前夕开始,每隔7 d采摘红色的“大红李”、青色的“蔡李”和黑色的“黑宝石”3个品种的果实,测定并比较了各品种果实在成熟过程中果皮色素变化的差异及与果肉可溶性糖和可滴定酸的相关性。结果表明:在果实成熟过程中,“黑宝石”和“大红李”花青苷含量都呈现不断上升的趋势,而叶绿素含量呈略微下降趋势;“蔡李”的花青苷含量极低,且变化不大,叶绿素含量则先升后降;3个品种类胡萝卜素含量均缓慢上升。“蔡李”叶绿素含量和类胡萝卜素含量一直极显著或显著地高于“大红李”和“黑宝石”,而花青苷则极显著或显著地低于2个品种。“黑宝石”和“大红李”花青苷含量与可溶性糖含量分别呈极显著和显著正相关,而与酸含量呈显著或极显著负相关;2个品种类胡萝卜素含量与可溶性糖含量呈显著正相关,而与酸含量间相关性表现不一致;2个品种叶绿素含量与糖、酸含量的相关性均不显著。“蔡李”3种色素的含量与糖、酸含量间的相关性均不显著。说明“大红李”和“黑宝石”着色可能由花青苷含量决定,而青色的“蔡李”则由类胡萝卜素和叶绿素含量决定。

关键词:李;果皮色素;花青苷;叶绿素;类胡萝卜素;可溶性糖;可滴定酸

中图分类号:S 662.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)10-0016-04

果皮的颜色是由叶绿素、类胡萝卜素、花青素等色素类物质的综合表现决定的,由于各色素含量的比重不一样,就使果实表现出不同的颜色。果皮中色素含量的高低也与果实中糖酸等风味物质关系密切。关于果实着色的机理在苹果上研究的较多较透彻^[1-3],而在李子上则着重于红色和紫黑色品种的着色机理,研究认为李果实成熟时果皮颜色主要是由花青苷含量的多少决定,颜色越深花青苷含量越高;另外,花青苷的含量与果实中糖酸的含量关系密切^[4-6]。李果实果皮不仅有红色和紫黑,还有黄色,黄(绿)色品种的着色机理是否和它们一样还少有研究。该试验以红色的“大红李”、黄绿色的“蔡李”和紫黑色的“黑宝石”为试材,观测了果实在成熟过程中果皮色素含量和果肉中可溶性糖、可滴定酸含量的变化,比较了果实成熟过程中果皮色素的变化规律及与糖酸含量变化的相关性,以便为李品质化栽培中的果实色泽调控技术研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所选植株来源于荆州区雨台村老杨果园。供

试品种为“大红李”(果实红色)(*Prunus salicina* Lindl. cv. Dahongli)、“黑宝石”(果实紫黑色)(*Prunus americana* Marsh. cv. Friar)和“蔡李”(果实黄绿色)(*Prunus salicina* Lindl. cv. Naili),毛桃(*Prunus persica* Batsch.)砧7 a生树。

1.2 试验方法

在果园中选定环境条件、土壤肥力、长势基本一致、结果正常的植株,每个品种选2株。从6~8月各品种果实开始变色时取样观测,直至该品种完全成熟,每隔7 d左右在树冠外围中部分别从东、西2个方向各随机采摘中等大小果实10个,以植株为单元包装果实,立即带回实验室进行测定。

1.3 项目测定

可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[7],可滴定酸含量采用酸碱滴定法^[8],总花青苷含量参照朱广廉等^[9]的方法,叶绿素和类胡萝卜素含量采用比色法测定^[10]。取果肉时先将每个果的果肉剥碎并混合,再取样测定;取果皮时则先用小刀沿果实赤道取一圈宽约1 cm的果皮,剥去果肉后切碎再取样测定。

1.4 数据处理

用DPS 7.0数据处理软件进行方差分析和指标间的相关性分析。

第一作者简介:张义(1964-),男,硕士,副教授,现从事果树栽培及生理等研究工作。E-mail: zhyimail@163.com。

收稿日期:2012-02-20

2 结果与分析

2.1 果皮中花青苷含量的变化

由图 1 可知,在果实成熟过程中,果皮中花青苷含量除绿色系“蔡李”含量很低且变化不明显外,黑色系的“黑宝石”和红色系的“大红李”都呈上升趋势。经方差分析,在果实成熟后期,“黑宝石”和“大红李”果皮中花青苷含量分别极显著和显著地高于“蔡李”,而“黑宝石”又显著地高于“大红李”。

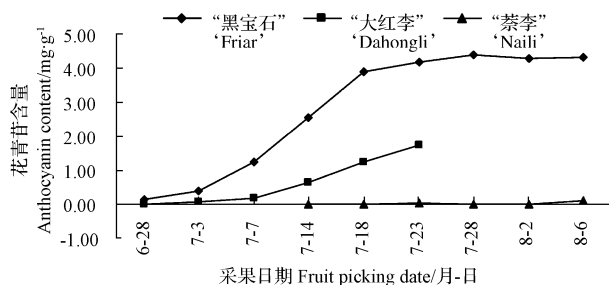


图 1 果皮中花青苷含量的变化

Fig. 1 Changes of anthocyanin content in peel

2.2 果皮中叶绿素含量的变化

由图 2 可知,在果实成熟过程中,“黑宝石”和“大红李”果皮中的叶绿素含量略呈下降趋势,“蔡李”则是先上升后略下降,但“蔡李”始终极显著地高于另外 2 个品种。经果实外观观察,“蔡李”果皮在成熟过程中一直为绿色,仅在后期略变黄,为黄绿色。

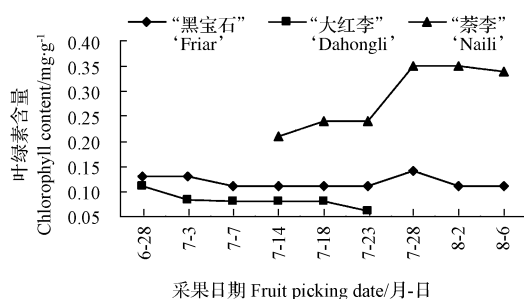


图 2 果皮叶绿素含量动态变化

Fig. 2 Changes of total chlorophyll content in peel

2.3 果皮中类胡萝卜素含量的变化

由图 3 可知,果皮中类胡萝卜素含量在 3 种色系品

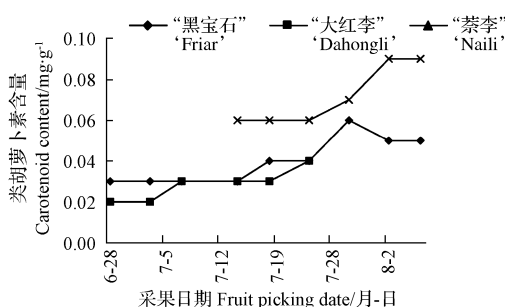


图 3 果皮中类胡萝卜素含量动态变化

Fig. 3 Change of total carotenoid content in peel

种的果皮中均呈上升的趋势,另外,“蔡李”果皮中类胡萝卜素含量一直都显著地高于“黑宝石”和“大红李”。

2.4 果肉中可溶性糖和可滴定酸含量的变化

在果实成熟过程中,3 个李品种果肉中的有机酸含量均不断降低(图 4),可溶性糖含量则逐渐升高(图 5)。

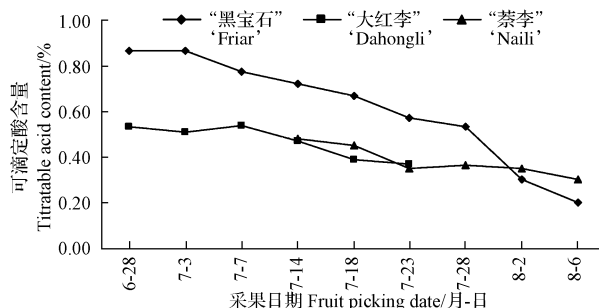


图 4 果肉中可滴定酸含量的变化

Fig. 4 Changes of titratable acid contents in flesh

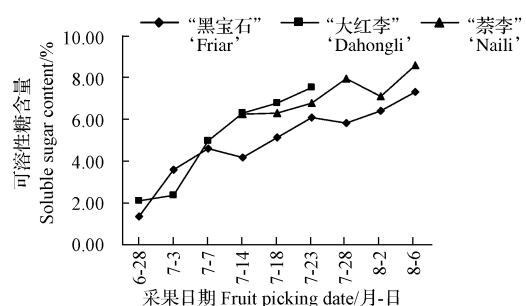


图 5 果肉中可溶性糖含量的变化

Fig. 5 Changes of soluble sugar content in flesh

2.5 果肉中糖、酸含量变化与 3 种色素含量变化间的相关性

由表 1 相关性分析可知,“黑宝石”和“大红李”果皮中花青苷含量与果肉中可溶性糖含量分别呈极显著和

表 1 果皮中 3 种色素含量与果肉中糖、酸含量间的相关性

Table 1 Correlation between three kind of pigment content in peel and sugar or acid content in flesh

品种		花青素	叶绿素	类胡萝卜素
Cultivars		Anthocyanin	Chlorophyll	Carotenoid
“黑宝石” 'Friar'	可溶性糖	$r=0.8837^{**}$	$r=-0.4187$	$r=0.7332^{*}$
	Soluble sugar	$P=0.0036$	$P=0.3018$	$P=0.0385$
	可滴定酸	$r=-0.8256^{*}$	$r=0.3526$	$r=-0.7829^{*}$
“大红李” 'Dahongli'	Titratable acid	$P=0.0116$	$P=0.3916$	$P=0.0216$
	可溶性糖	$r=0.8795^{*}$	$r=-0.7455$	$r=0.9296^{*}$
	Soluble sugar	$P=0.0493$	$P=0.1481$	$P=0.0222$
“蔡李” 'Naili'	可滴定酸	$r=-0.9735^{**}$	$r=0.6864$	$r=-0.7483$
	Titratable acid	$P=0.0052$	$P=0.2006$	$P=0.1458$
	可溶性糖	$r=0.5412$	$r=0.8219$	$r=0.7107$
“蔡李” 'Naili'	Soluble sugar	$P=0.3463$	$P=0.0878$	$P=0.1784$
	可滴定酸	$r=-0.5554$	$r=-0.7436$	$r=-0.7140$
	Titratable acid	$P=0.3311$	$P=0.1497$	$P=0.1755$

注: * 和 ** 分别表示 $P=0.05$ 和 $P=0.01$ 水平上 r (相关系数)的差异显著性。

Note: * and ** represent significant difference of r (correlation coefficient) at $P=0.05$ and $P=0.01$ levels respectively.

显著正相关,与果肉中可滴定酸含量呈显著和极显著负相关,类胡萝卜素与果肉中可溶性糖含量呈显著正相关;“黑宝石”果皮中类胡萝卜素含量与果肉中酸含量呈显著负相关,而在“大红李”上则呈不显著相关性;“黑宝石”和“大红李”2个品种果皮中的叶绿素与果肉中糖、酸含量的相关性均不显著。“奈李”果皮中的3种色素含量与果肉中糖、酸含量间的相关性均不显著。

3 结论与讨论

李元慧^[4]研究表明,李果实成熟时果皮颜色主要是由花青苷含量的多少决定,颜色越深花青苷含量越高。该研究表明,在李果实成熟过程中,黑色系的“黑宝石”和红色系的“大红李”果皮中花青苷含量呈上升趋势,且“黑宝石”显著高于“大红李”,这与之研究结果相似。但在果实成熟过程中,“奈李”果皮中花色苷含量很低且变化不大,而叶绿素和类胡萝卜素含量一直极显著或显著高于另2个品种。说明黄绿色的“奈李”着色不是由花青苷数量决定的,应该是由类胡萝卜素含量及与叶绿素含量平衡决定的。该研究显示,3个品种果实成熟时叶绿素含量均呈缓慢下降趋势,而3个品种中类胡萝卜素含量呈现缓慢上升趋势。

糖是影响果皮花青苷合成的主要因素,能够促进花青苷的积累。这在由花青苷着色的2个品种“黑宝石”和“大红李”上得到了证明。该研究还表明,该2个品种果皮花青苷含量与果肉中酸含量呈显著或极显著负相关。以往,对酸与花青苷的关系研究多集中在pH值与花色苷的稳定性和显色方面,而对花青苷与酸的关系研究较少。但果实成熟过程总是伴随着果肉中酸含量的减少,花青苷的增加与酸的减少肯定存在一定的关系。成钰厚等^[11]在苹果上研究显示,二者间呈显著或极显著的相关性。此外,2个品种果皮中类胡萝卜素含量与果

肉中可溶性糖含量呈显著正相关。在柑橘上的研究表明,果实内部的含糖量影响类胡萝卜素合成,因为充足的糖分积累是促使类胡萝卜素合成的物质基础,蔗糖积累促进了叶绿体向有色体的转变^[12]。

该试验中3个品种果皮中的叶绿素含量与果肉中糖、酸含量的相关性均不显著。另外,“奈李”果皮中3种色素含量与果肉中糖、酸含量间的相关性均不显著。其中的原因有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 鞠志国. 花青苷合成与苹果果皮着色[J]. 果树科学, 1991, 8(3): 176-180.
- [2] 赵宗方, 谢嘉宝, 吴桂法, 等. 富士苹果果皮花青素发育的相关因素分析[J]. 果树科学, 1992, 9(3): 134-137.
- [3] 李秀菊, 林涛, 刘用生, 等. 红色苹果色素形成生理研究[M]. 北京: 北京林业大学出版社, 1997: 4-6.
- [4] 张元慧. 李(*Prunus* spp.)果实色泽发育机理研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [5] 张学英. 李果实着色与花色素苷合成机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [6] 王瑾, 姜玉英. 红肉李果实中花青苷积累及影响因素分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8425-8426.
- [7] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 111-112.
- [8] 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1982: 47-49.
- [9] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学试验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 51-54.
- [10] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 135-138.
- [11] 成钰厚, 刘国杰, 孟昭清, 等. 苹果成熟期间果皮花青素含量与果实品质的关系[J]. 果树科学, 1999, 16(2): 98-103.
- [12] Iglesias D J, Tadeo F R, Legaz F, et al. *In vivo* sucrose stimulation of colour change in citrus fruit epi-carps: Interactions between nutrition and hormonal signals [J]. Physical. Plant, 2001, 112: 244-250.

Pericarp Pigment Changes and Correlations with Soluble Sugar and Titratable Acid Content in Plum Fruits with Different Colors During Maturation

ZHANG Yi, LIU Min

(College of Horticulture and Garden, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

Abstract: Fruits from cultivars ‘Dahongli’ with red, ‘Naili’ with green and ‘Friar’ with black skin were picked every 7 days from the beginning of maturation (June to August). The contents of anthocyanin, chlorophyll and carotenoid in peel and the contents of soluble sugar, titratable acid in flesh were measured, then the difference of pigment changes among different colour cultivar fruits and correlation with soluble sugar and titratable acid contents in flesh during maturation were compared. The results showed that during maturation, for ‘Friar’ and ‘Dahongli’ the contents of anthocyanin and chlorophyll showed the trend of constant rise and slightly drop respectively, but for ‘Naili’ were respectively very low and little change, and rise first then down. The carotenoid contents were slowly rising among three cultivars. The chlorophyll and carotenoid contents in ‘Naili’ were always significant or most significant higher than in the other two cultivars, but

黑果枸杞耐盐机理的相关研究

姜霞¹, 任红旭², 马占青³, 郭军战¹

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 植物研究所, 北京 100093; 3. 兰州大学 生命科学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以黑果枸杞幼苗为材料, 分别对其进行不同浓度 NaCl(0、200、400 mM)处理, 以探讨盐胁迫对黑果枸杞幼苗生长及生理特性的影响。结果表明:不同浓度 NaCl 处理下, 根的质膜透性随着处理时间的延长明显增大; 400 mM NaCl 处理 14 d 后, 黑果枸杞幼苗根、茎、叶中 H_2O_2 和 MDA 的含量与对照相比均无明显差别; 不同浓度 NaCl 处理至第 7 天时, 根中的可溶性糖含量明显下降, 而处理至第 14 天时, 根中的可溶性蛋白质含量明显降低。不同浓度 NaCl 处理下, 叶片和茎中的 POD 活性在处理第 7 天与第 14 天均明显降低, 而茎中的 APX 在处理第 14 天亦明显降低。从各生理指标的测定结果来看, 黑果枸杞叶片和茎具有较强的耐盐性, 而其根部则对盐胁迫的耐受能力则相对较弱。

关键词:黑果枸杞; NaCl 胁迫; 生理机制; 耐盐性

中图分类号:S 793.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)10-0019-05

全世界共有占土地面积 25% 的盐渍化土地, 同时土壤的次生盐渍化也日趋严重, 盐渍化已成为困扰和威胁农业生产的世界性难题。因此, 对植物耐盐性机理及盐渍土的生物学治理和综合开发利用的研究是未来农业领域的两大重要课题。

黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum* Murr.) 是我国西北地区特有的多年生耐盐抗旱野生灌木, 具有很强的耐盐性。它可以入药、制茶, 且营养价值高于一般枸杞, 因此是一种集经济价值、盐碱地绿化于一体的野生优良水土保持植物^[1-2], 可作为治理西部荒漠区生态环境的优良植物资源和盐碱化土地恢复植被的备选植物。现通

过分析不同程度盐处理下黑果枸杞幼苗根、茎、叶中生理指标的变化, 对其耐盐机理进行初步的探讨, 以期为进一步耐盐栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黑果枸杞种子采自青海。

1.2 试验方法

选取饱满的种子, 用 200 mg/L 的赤霉素 (GA_3) 溶液浸泡约 24 h, 然后用 75% 酒精消毒 1 min, 用自来水冲洗 6 次之后用 2% NaClO 溶液消毒 10 min, 再用自来水冲洗 6 次后晾干。晾干的种子播种于装有经高温灭菌土壤的培养盒中^[2]。萌发以后, 每周浇 2 次改良的 Hoagland 营养液, pH 7.0。5 个月后, 选取长势一致的幼苗转入 Hoagland 营养液中进行溶液培养, 培养箱温度为 25℃/20℃, 昼夜光周期 16/8 h, 光强 250 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。溶液培养 1 周后, 在营养液中分别加入不同浓度的 NaCl 溶液, 为减轻盐冲击效应, 采用每天递增 50 mM 的方式提高盐浓度, 并使处理于同一天达到各自

第一作者简介:姜霞(1986-), 女, 在读硕士, 现主要从事林木遗传育种研究工作。E-mail:jiangxia.396@163.com。

责任作者:郭军战(1962-), 男, 副教授, 现主要从事林木遗传育种研究工作。

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向性资助项目(KSCX2-EW-J-1)。

收稿日期:2012-03-07

the anthocyanin content was significant or most significant lower than in them. For 'Dahongli' and 'Friar', anthocyanin content and soluble sugar content showed a significant and positive correlation, and titratable acid content was significant or very significant negative correlation; carotenoid content and soluble sugar content was a significant positive correlation, and the correlation between that and acid content showed not consistent; chlorophyll content and sugar or acid content no significant correlations were observed. For 'Naili', each kind of pigment content and sugar or acid content showed not significant correlation. These suggested that the fruit color for cultivars 'Dahongli' and 'Friar' may be determined by the concentration of anthocyanin, but for 'Nali' by carotenoid and chlorophyll concentrations.

Key words: plum; pericarp pigment; anthocyanin; chlorophyll; carotenoid; soluble sugar; titratable acid