

枸杞果实发育过程中果实色素、糖含量的变化

冯 美¹, 宋长冰²

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 西北第二民族学院, 银川 750021)

摘 要: 枸杞果实生长发育过程中叶绿素含量呈下降的趋势, 而花青苷含量、类胡萝卜素含量呈上升趋势, 类黄酮含量有升有降, 至果实成熟时降至最低点。枸杞果实成熟时其主要色素为花青苷、类胡萝卜素, 花青苷: 类胡萝卜素为 1: 5.46。枸杞可溶性总糖含量的变化趋势为前期变化不明显, 近成熟迅速积累至最高。成熟时果糖、葡萄糖含量均急剧增加, 果实花青苷、类胡萝卜素含量与不同种类糖含量之间呈极显著正相关。

关键词: 枸杞; 果实色素; 果实糖

中图分类号: S759.82 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2005)06-0068-02

果色作为果实成熟期主要性状之一, 具有重要的商品价值, 越来越受到果树科研工作者及广大消费者的关注。果实着色规律在草莓、葡萄、荔枝和苹果等品种上均有报道。宁夏枸杞含有多种活性物质, 具有增强免疫力、防衰老、抗肿瘤、抗氧化等方面的药理作用, 是一种十分名贵的中药材, 誉称为我国的“道地药材”。同时, 枸杞中含有胡萝卜素、维生素及微量矿物质元素等人类必需的营养物质, 是理想的药用食用植物资源。但目前对枸杞果色发育规律研究尚为空白。

果实的颜色与叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮等色素类物质含量相关, 同时还受酚类等次生物质的影响, 其最终表现是各种色素综合作用的结果。富士苹果果皮内花青苷含量和着色程度与果肉中还原糖、可溶性总糖含量呈显著正相关。李果皮花青苷含量与可溶性总糖、果糖含量均呈显著相关或极显著相关, 花青苷的合成与葡萄糖具有显著的相关性。

本试验研究了枸杞果实发育期间果皮花青苷、叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮、糖含量的变化规律, 分析了果实中花青苷、类胡萝卜素及主要糖含量之间的关系, 以期阐明枸杞果实色泽形成的关键因素, 为调控枸杞果实着色机理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

本试验已于 2004 年 4 月初开始, 试材为宁夏农科院园艺研究所枸杞基地的 5 年生树, 株行距 1 m×3 m(米), 管理水平中等。果园土壤状况为: 有机质 1.08%、全氮 0.60 g/kg(克/公斤)、碱解氮 30.15 mg/kg(毫克/公斤)、速效磷 29.63 mg/kg(毫克/公斤)、速效钾 108.08 mg/kg(毫克/公斤)、pH8.86、盐分 0.04%。

1.2 方法



第一作者简介: 冯美, 女, 讲师, 1970 年生, 1994 年 7 月毕业于宁夏农学院园林系, 并分配到宁夏灵武市林业局, 从事林果业技术研究与指导工作, 1997 年调入宁夏农学院从事教学科研工作, 2002 年考入宁夏大学农学院攻读果树学硕士, 从事果实

生长发育与调控的研究, 2005 年硕士研究生毕业, 获硕士学位, 至今在宁夏大学农学院从事教学科研工作, 目前主要开展枸杞果实发育及营养积累规律的研究。

收稿日期: 2005-06-07

以宁杞 1 号为材料, 随机区组设计, 4 个重复, 每重复选择代表性植株 20 株, 挂牌标记同一天开花的花朵, 从开花座果到果实成熟的整个发育过程中, 共取样 7 次, 果实发育前期, 采样时间间隔较长, 到成熟期适当缩短取样时间。具体采样时间为花后 7 d(天)(6 月 4 日)、12 d(天)(6 月 9 日)、17 d(天)(6 月 14 日)、22 d(天)(6 月 19 日)、27 d(天)(6 月 24 日)、31 d(天)(6 月 28 日)、34 d(天)(7 月 1 日)。

采样时于上午 8:30~9:30 分别从标记植株树冠的东、南、西、北四个方向以及上、中、下、内、外各个方向采取无病虫害的果实装入冰壶带回实验室。

叶绿素含量的测定: 用 80% 丙酮提取法。花青苷含量的测定参照林植芳等的方法, 采用盐酸甲醇法测定其相对含量, 以 D530-D600 表示花色苷的相对含量。类胡萝卜素含量的测定参照王兆升等的方法, 样品以石油醚-丙酮的混合溶剂提取, 于 450 nm 处比色测定。类黄酮物质的测定参照 Pirie 的方法, 用 752 紫外分光光度计于 325 nm 处测定值 OD, 含量直接以 $U_i = OD_{325\text{ nm}} \cdot g^{-1} \cdot F_{\text{FW}}$ 表示。采用日本岛津生产的高效液相色谱 SHIMADZU LC-6A 系统测定各种糖含量。总糖的测定采用蒽酮比色法, 斐林试剂比色法测定还原糖。

2 结果与分析

2.1 枸杞果实花青苷、叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮含量的变化

果实叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量的变化趋势基本一致。在枸杞果实的生长发育过程中, 果实中叶绿素含量均在初期含量较高, 随着果实发育其含量逐渐减少, 花后 7 d(天)其含量分别为 2 mg(毫克)/100 g(克)FW、5.1 mg(毫克)/100 g(克)FW、7.1 mg(毫克)/100 g(克)FW; 花 7 d(天)至花后 22 d(天), 叶绿素下降速度较快, 日减少量分别为 0.054 mg/g(毫克/克)FW、0.259 mg/g(毫克/克)FW、0.346 mg/g(毫克/克)FW; 花后 22 d(天)至花后 31 d(天), 叶绿素的下降速度减慢, 日减少量分别为 0.026 mg/g(毫克/克)FW、0.062 mg/g(毫克/克)FW、0.073 mg/g(毫克/克)FW; 至着色前期降至最低, 到成熟时叶绿素的含量为零(图 1-1)。

果实花青苷含量在发育初期变化不大, 花后 12 d(天)达到第一个生长高峰, 其含量为 0.0240 mg/g(毫克/克)FW; 以后逐渐缓慢下降, 花后 27 d(天)降为最低值为 0.0185 mg/g(毫克/克)FW, 成熟之前含量迅速上升, 成熟时达最大值为

0.075 mg/g(毫克/克)FW(图 1-2)。

类黄酮含量在整个发育过程中呈波浪式的变化趋势。在花后 12 d(天)出现第一个高峰值为 9.14 U/g(克)FW, 随后迅速下降; 到花后 27 d(天)达到第二个高峰, 为 13.74 U/g(克)FW, 随后急剧下降, 成熟时降至最低点为 0.99 U/g(克)FW(图 1-3)。

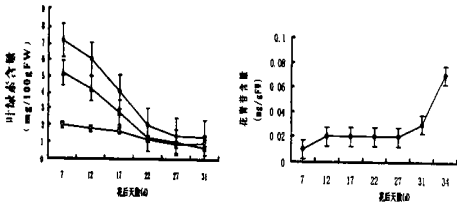


图 1-1

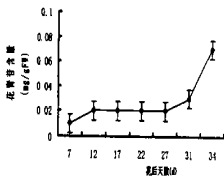


图 1-2

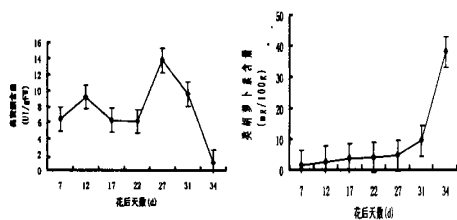


图 1 枸杞果实叶绿素、类胡萝卜素、花青苷、类黄酮含量变化

枸杞果实中类胡萝卜素含量变化与花青苷含量基本相似, 在发育前期含量较低, 且呈缓慢上升趋势, 平均日增量为 0.17 mg(毫克)/100 g(克)FW; 于花后 27 d(天)迅速增加, 平均日增量为 4.79 mg(毫克)/100 g(克)FW, 到成熟时达最大值为 38.19 mg(毫克)/100 g(克)FW(图 1-4)。

2.2 枸杞果实糖含量变化

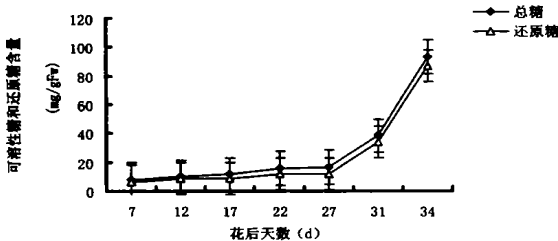


图 2 枸杞果实发育过程中果实可溶性糖、还原糖含量变化

如图 2 可知, 枸杞果实可溶性糖其变化过程大致可分为 2 个阶段: 第一阶段, 花后 27 d(天), 既果实形成期、果实青果期两时期, 可溶性糖呈缓慢上升趋势; 第二阶段, 花后 27 d~34 d(天), 也就是从果实色变期、果实成熟期, 可溶性糖迅速积累, 此期光合产物大量输入果实, 为果实成熟积累营养物质。还原糖含量变化与可溶性糖含量变化基本一致。可溶性总糖和还原糖在花后 27 d(天)内都稳定缓慢增加, 其日增量分别是 0.61 mg/g(毫克/克)FWd 和 0.44 mg/g(毫克/克)FWd; 净增量分别占成熟时含量的 17.80%和 13.8%。花后 27 d~34 d(天), 为糖分快速积累期, 其净增量分别占成熟时含量的 82.2%和 86.2%。可以说明枸杞果实糖分的积累以第二个快速增长期为主。

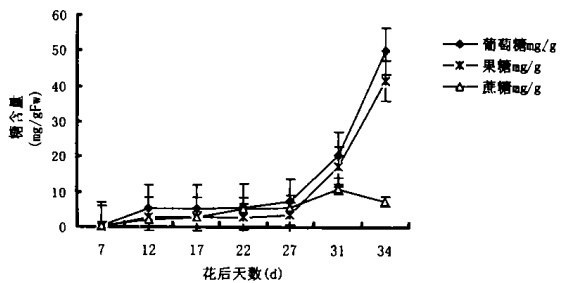


图 3 枸杞果实发育过程中果实糖含量变化

如图 3 枸杞生长发育过程中, 各种糖分有相似的变化规律。葡萄糖、果糖与可溶性总糖和还原糖变化基本是一致的, 成熟时果糖、葡萄糖含量均急剧增加。蔗糖在果实发育期间变化很大, 呈波浪形, 花后 12 d、22 d、31 d(天)为波峰, 其中又以花后 31 d(天)含量最高。花后 17 d、27 d、34 d(天)为波谷, 其中又以花后 17 d(天)含量最低。枸杞果实成熟时是以葡萄糖和果糖为主, 蔗糖含量很少。

2.3 果实糖含量与花青苷、类胡萝卜素含量的相关关系

枸杞果实花青苷、类胡萝卜素含量与果实不同种类糖含量之间呈极显著正相关。总糖、总还原糖、葡萄糖、果糖均与花青苷呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.970 **、0.970 **、0.967 **、0.959 **。总糖、总还原糖、葡萄糖、果糖均与类胡萝卜素呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.990 **、0.990 **、0.986 **、0.979 **。

3 讨论

枸杞果实成熟的时候果皮呈红色, 这主要是由花青苷、类胡萝卜素含量的多少决定, 同时叶绿素、类黄酮等其它色素类物质也影响果皮色泽的最终表现。花青苷合成起始于苯丙氨酸, 合成过程中有许多中间产物和相关代谢物质, 其中包括类胡萝卜素、叶绿素、类黄酮、酚、糖等物质。由本次试验结果看出随着果实成熟, 叶绿素、类黄酮含量均呈下降趋势, 是否与花青苷的合成有关还有待进一步研究。

在果实绿果期间, 果皮呈现出叶绿素的颜色, 到接近成熟时叶绿素开始降解以后, 即果皮叶绿素在花青苷合成前的降解与花青素的迅速合成有关, 这与 Saure 的看法一致。但随着花青苷含量增加, 叶绿素含量几乎为零。Reger 证实苹果表皮细胞中, 叶绿素与花青苷呈反相关。

花青素是在糖代谢的基础上由苯丙酮酸和乙酸缩合而来的, 每 1 个花青苷分子由 1 个花青素分子和 1 到多个糖基组成。因此, 细胞中花青苷的合成必须以足够含糖量为条件。枸杞果实花青苷含量与可溶性总糖、蔗糖、果糖、葡萄糖含量均呈显著正相关或极显著正相关, 可溶性总糖、果糖含量增加显著且持续到果实成熟, 这与赵宗方和谢嘉宝研究结果类似, 葡萄糖主要通过三羧酸循环产生能量供给生长, 当进入缓慢生长期, 葡萄糖通过戊糖途径, 转向合成苯丙氨酸, 这与本次试验结果相一致。可溶性总糖、果糖、蔗糖、葡萄糖是影响枸杞果实花青苷合成的主要因素, 因此凡有利于糖合成的技术措施均能促进果皮着色。

枸杞果实发育过程中果实类胡萝卜素与可溶性总糖、蔗糖、果糖、葡萄糖含量均呈显著正相关或极显著正相关。类胡萝卜素含量在初期很低, 成熟期迅速增长。糖分又是类胡萝卜素合成的一个重要因素, 主要在果实生长成熟期积累, 在成熟期含量最高, 所以应在果实生长成熟期采取有利于糖含量增加的技术措施, 如增施有机肥、钾肥, 合理负载等。