

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.09.005

不同影响因素下普通丝瓜果肉 褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比变化研究^①

黄树苹¹, 徐长城¹, 谈杰¹, 张敏¹,
王春丽¹, 陈霞¹, 甘莉², 谈太明¹

1. 武汉市蔬菜科学研究所, 武汉 430065; 2. 武汉市黄陂区农业技术推广试验站, 武汉 430300

摘要: 以普通丝瓜为试材, 探讨了果实发育程度、不同品种、生长季节对丝瓜果肉褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比的影响。结果表明: 开花当天果肉的褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比最高, 此后逐渐降低, 花后 9 d 果肉的褐变度相对较低, 可以作为采摘的最佳时期; 不同品种丝瓜的褐变度和多酚质量比差异具有统计学意义, 其中白皮丝瓜的褐变度和多酚质量比相对较低; 秋季丝瓜果肉的褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比显著高于夏季。

关键词: 普通丝瓜; 褐变度; 多酚氧化酶活性; 多酚; 影响因素

中图分类号: S642.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)09-0031-06

普通丝瓜(*Luffa cylindrica* Roem)在采摘包装、运输、鲜切、烹饪加工等过程中遭受机械损伤, 加上采后由于失水, 呼吸作用加强等因素, 组织容易发生褐变, 严重影响外观品质, 同时也降低了其内在品质, 导致商品价值和营养价值下降。褐变是园艺产品中普遍存在的问题, 尤其是对肉质颜色较浅的水果、蔬菜的影响更为显著, 是果实品质劣变最明显的特征之一, 褐变不仅影响果品的外观、风味、营养, 而且已成为水果和蔬菜运输、贮藏和加工的主要障碍^[1]。果实褐变可分为酶促褐变和非酶褐变两种。酶促褐变是组织内的酚类物质在多酚氧化酶(polyphenol oxidase, 简称 PPO)的作用下氧化成醌, 醌类物质再聚合形成褐色物质而导致组织变色。由于果蔬褐变多以酶促褐变为主, 所以酶促褐变一直是采后研究的重点^[2]。

植物组织的 PPO 活性及多酚质量比受植物的种源和生长环境两大因素的影响。前者包括植物的种类、品种、发育程度、不同组织部位; 后者是指植物的生长的气候、位置和土壤条件^[3-7]。张茂鸿^[8]研究 3 种栽培圆筒丝瓜的果实发育期间 PPO 活性、过氧化物酶活性、总酚类化合物质量比及其与果实褐化之间的关系, 结果表明丝瓜的 PPO 活性、过氧化物酶活性及总酚质量比因品种不同而有差异, 而酶促褐变与 PPO、过氧化物酶活性及总酚质量比有密切关系。花秀凤^[9]对 123 份普通丝瓜的果肉褐变度进行测定, 结果显示普通丝瓜种质褐变度变异幅度比较大, 丝瓜品质的改良依赖于发现和利用褐变度小的品种资源。王成^[10]指出同一条丝瓜瓜蒂端为整条瓜最容易发生褐变的部位, 瓜柄端最抗褐变, 此外丝瓜随着瓜龄的延长, 褐变程度和指数呈上升趋势, 授粉后第 9 d 是鉴定丝瓜果肉的褐变的最小适宜瓜龄。

基于前人的研究, 本试验主要研究果实发育程度、丝瓜品种及生长季节对丝瓜果肉褐变度、PPO 活性及多酚质量比的影响, 旨在为丝瓜的褐变研究及栽培管理提供理论依据。

① 收稿日期: 2014-09-05

基金项目: 中国博士后科学基金(2013M542081); 武汉市青年科技晨光计划项目基金(201150431080)。

作者简介: 黄树苹(1980-), 女, 河南浚县人, 硕士, 农艺师, 主要从事瓜类蔬菜遗传育种研究。

通信作者: 谈太明, 正高职高级农艺师。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

9 份试验材料均为普通丝瓜类型(表 1), 其中“玉龙”和“翡翠二号”是由武汉市蔬菜科学研究所选育并已通过审定, “银香”、“银龙”、“翠香”是本课题组近几年配制的优良组合, “白玉霜”、“玉露”和“湘潭肉丝瓜”是搜集的地方品种, “江蔬一号”丝瓜购于武汉市大东门种子市场。

表 1 供试材料及来源

编号	材料名称	来源	种质类型	果形	皮色	编号	材料名称	来源	种质类型	果形	皮色
1	白玉霜	湖北武汉	地方品种	长圆筒	黄白	6	翠香	湖北武汉	选育品种(系)	长圆筒	绿
2	玉露	浙江金华	地方品种	短棍棒	白	7	江蔬一号	江苏南京	选育品种	短棍棒	绿
3	玉龙	湖北武汉	选育品种(系)	长圆筒	白	8	湘潭肉丝瓜	湖南湘潭	地方品种	长圆筒	绿
4	银香	湖北武汉	选育品种(系)	长圆筒	白	9	翡翠二号	湖北武汉	选育品种	短棍棒	绿
5	银龙	湖北武汉	选育品种(系)	长圆筒	白						

2013 年 3 月 16 日播种, 4 月 14 日定植到大田中, 沿钢架大棚两边对栽, 采用单蔓整枝, 管理方法同于一般大田生产. 6 月 16 日对当天开放的雌花进行挂牌标记, 此后每隔 1 d 挂 1 次牌, 每份材料选 10 朵雌花, 6 月 26 日上午取样分析, 测定果实发育程度对褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比的影响; 7 月 4 日上午选择果形端正、无病虫害和机械损伤、花后 9 d 的商品果取样分析, 测定不同丝瓜品种的褐变度、PPO 活性和多酚质量比; 秋季试验于 7 月 17 日播种, 7 月 24 日定植到大田中, 于 10 月 22 日、27 日取样分析。

1.2 试验方法

褐变度的测定采用改进文献[11]的方法. 用不锈钢刀削除丝瓜皮, 取其果肉 2 g 于研钵中, 加入 5 mL 95% 的乙醇提取液, 研磨成匀浆, 在 4 000 r/min 下离心 20 min, 取上清液在 410 nm 下测其吸光值, 根据吸光度的大小直接确定褐变程度。

多酚氧化酶活性测定采用文献[12]的方法: 取 5 g 丝瓜果肉放入预冷的研钵中, 加入 10 mL 磷酸缓冲溶液(0.1 mol/L、pH6.0)、0.5 g PVPP 及少量石英砂, 于冰上研磨后导入 50 mL 预冷的离心管中, 冷冻离心(11 000 r/min, 6 °C) 15 min 其上清液为 PPO 的粗提液. 取 0.1 mol/L pH=6.8 的磷酸缓冲溶液 2.0 mL 于 10 mL 试管中, 加 0.1 mol/L 的邻苯二酚 3.0 mL 迅速摇匀, 于 20 °C 的恒温水浴锅中预热 3 min, 加入 0.5 mL 粗酶液, 于 20 °C 恒温水浴锅中预热 3 min, 在波长 410 nm 处测其吸光值。

多酚的提取与测定采用文献[13]的方法. 取果肉 2.5 g 放入预冷的研钵中, 加入 5 mL 70% 乙醇(预冷), 研磨, 倒入 50 mL 离心管, 用 10 mL 70% 乙醇(预冷)洗研钵两次. 将离心管放入 70 °C 水浴锅中, 然后在 11 500 r/min 25 °C 条件下离心 15 min, 将上清液在冻干机中浓缩, 用 12.5 mL 的蒸馏水溶解作为样品待测液. 取 2 mL 的丝瓜多酚提取液于试管中, 加入 Folin-Ciocalteu 试剂 2 mL 和 10% 的 Na₂CO₃ 4 mL, 在 30 °C 的恒温水浴锅中反应 90 min, 测定其在 770 nm 处的吸光值, 并根据标准曲线方程计算出总酚质量比的值, 结果表示为每克鲜丝瓜肉中没食子酸毫克质量比(mg · g⁻¹).

1.3 数据处理

采用 Excel 2007 软件进行数据预处理并作图, 采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析, 差异显著性由 Duncan's 新复极差法检验。

2 结果与分析

2.1 果实发育程度对褐变度、PPO 活性及多酚质量比的影响

本试验选择短棒形“翡翠二号”和长圆筒形“湘潭肉丝瓜”两个不同果形的丝瓜材料, 研究果实发育程度对其褐变度、PPO 活性及多酚质量比的影响. 由图 1 可以看出, 开花当天丝瓜果肉的褐变度较大, 其 PPO 活性及多酚质量比表现为最高; 随着果实的快速发育三者水平都有所下降, 三者的动态变化趋势较一致; 花后第 7 d, 其 PPO 活性及多酚质量比小幅上升, “湘潭肉丝瓜”的褐变度升高比较明显, 达到最大值, 此后三者表现下降趋势, 而“湘潭肉丝瓜”到发育的第 11 d, 其褐变度升高, 而 PPO 活性及多酚质量比变化不

大. 两份试验材料在果实发育第9 d褐变度表现相对较低,且这两个品种夏季栽培一般开花后8~10 d即可达到商品果性状,所以开花后第9 d可以作为最佳的采收期,以保持商品瓜较低的褐变度.

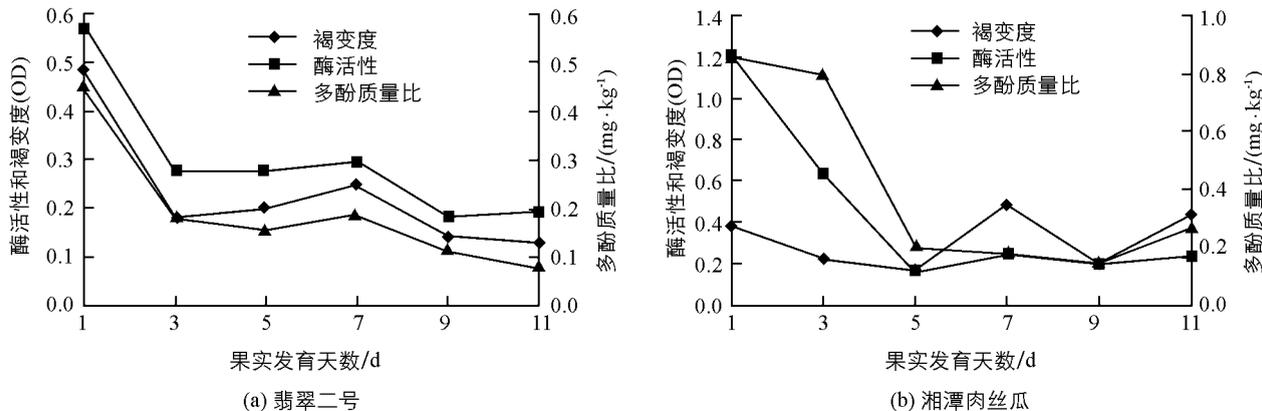
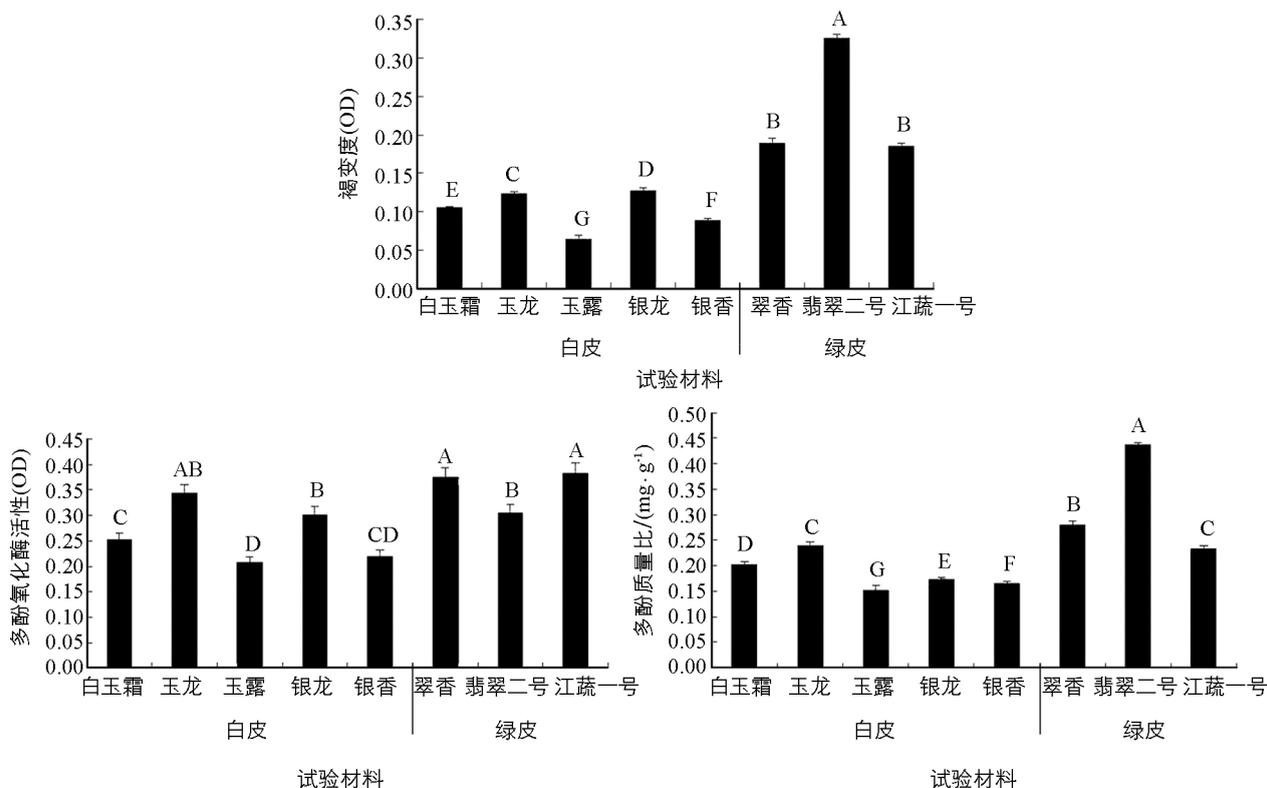


图1 果实发育程度对褐变度、酶活性及多酚质量比的影响

2.2 不同品种丝瓜褐变度、PPO活性及多酚质量比的差异

选择5个白皮丝瓜和3个绿皮丝瓜品种作为本试验的研究对象,以期探讨褐变度、PPO活性及多酚质量比在不同丝瓜材料间的差异及果皮色对丝瓜果肉褐变度的影响.所有参试的材料采用统一的管理方法,在同一时期选择坐果节位相近、生长健壮的雌花进行挂牌,花后第99 d选择果形端正、无机械损伤和病虫害危害的商品果进行采样分析.

如图2所示,供试的8份材料除“翠香”与“江蔬一号”的褐变度差异不具有统计学意义外,其他6份材料的褐变度差异存在统计学意义,其中“翡翠二号”的褐变度最高,白皮丝瓜“玉露”的褐变度最低;参试的3份绿皮丝瓜,其褐变度均高于参试的白皮丝瓜;在5份白皮丝瓜中,“玉龙”的褐变度最高,“银香”比“玉龙”、“银龙”和“银香”等其他3个杂交品种(系)的褐变度表现低.



不同字母表示在0.05水平上差异具有统计学意义.

图2 不同丝瓜品种对褐变度、多酚氧化酶和多酚质量比的影响

供试的 8 份丝瓜材料的 PPO 活性具有一定差异, 其中 PPO 活性最高的材料是“江蔬一号”; 绿皮丝瓜的 PPO 活性与白皮丝瓜的差异不完全存在统计学意义, 如白皮丝瓜“玉龙”与绿皮丝瓜“翠香”和“江蔬一号”的 PPO 活性都相对较高. 试验结果表明, 不同果皮色对丝瓜果肉 PPO 活性的影响不大. 此外, 由图 2 可以看出, 白皮丝瓜果肉的褐变度与 PPO 活性表现一致, 即褐变度高的丝瓜材料其 PPO 活性也高; 绿皮丝瓜的褐变度与 PPO 活性表现不一致, “翡翠二号”的褐变度表现最高, 其 PPO 活性在所有供试的材料里表现却不是最高, “江蔬一号”的褐变度最低, 但 PPO 活性却表现最高.

多酚质量比方面, 除“玉龙”与“江蔬一号”的多酚质量比无明显差异外, 其他材料差异均具有统计学意义; 绿皮丝瓜的多酚质量比均高于白皮丝瓜, 其中绿皮丝瓜“翡翠二号”的多酚质量比最高, 白皮丝瓜“玉露”的多酚质量比最低; 绿皮丝瓜的多酚质量比与其褐变度表现一致, 即褐变度高的材料其多酚质量比也高; 供试的 6 份白皮丝瓜中, “玉龙”的多酚质量比最高, “白玉霜”次之, “玉露”的多酚质量比最低.

2.3 生长季节对丝瓜褐变度、多酚氧化酶活性及多酚质量比的影响

本试验研究丝瓜褐变度、PPO 活性及多酚质量比在夏、秋两个生长季节的变化, 旨在探讨生长季节对三者的影响.

分别取夏季(7 月上旬采样)和秋季(10 月下旬采样)生长的丝瓜, 分析其果肉的褐变度、PPO 活性及多酚质量比. 由图 3 可知, 夏、秋两季丝瓜的褐变度差异明显, 所有试验材料在秋季的褐变度均高于夏季. 比较夏、秋两季丝瓜的褐变度发现, 不同品种的丝瓜在秋季的褐变度增加的幅度不一致, “白玉霜”和“江蔬一号”丝瓜的褐变度是夏季的 5.1 和 4.9 倍, 而“翡翠二号”丝瓜的褐变度仅为夏季的 1.5 倍; 夏、秋两季丝瓜的褐变强度表现不一致, “翡翠二号”的褐变度在夏季最高, 而“江蔬一号”的褐变度在秋季最高, 白皮丝瓜“白玉霜”的褐变度在夏季不高, 而在秋季褐变度较高, 仅次于“江蔬一号”.

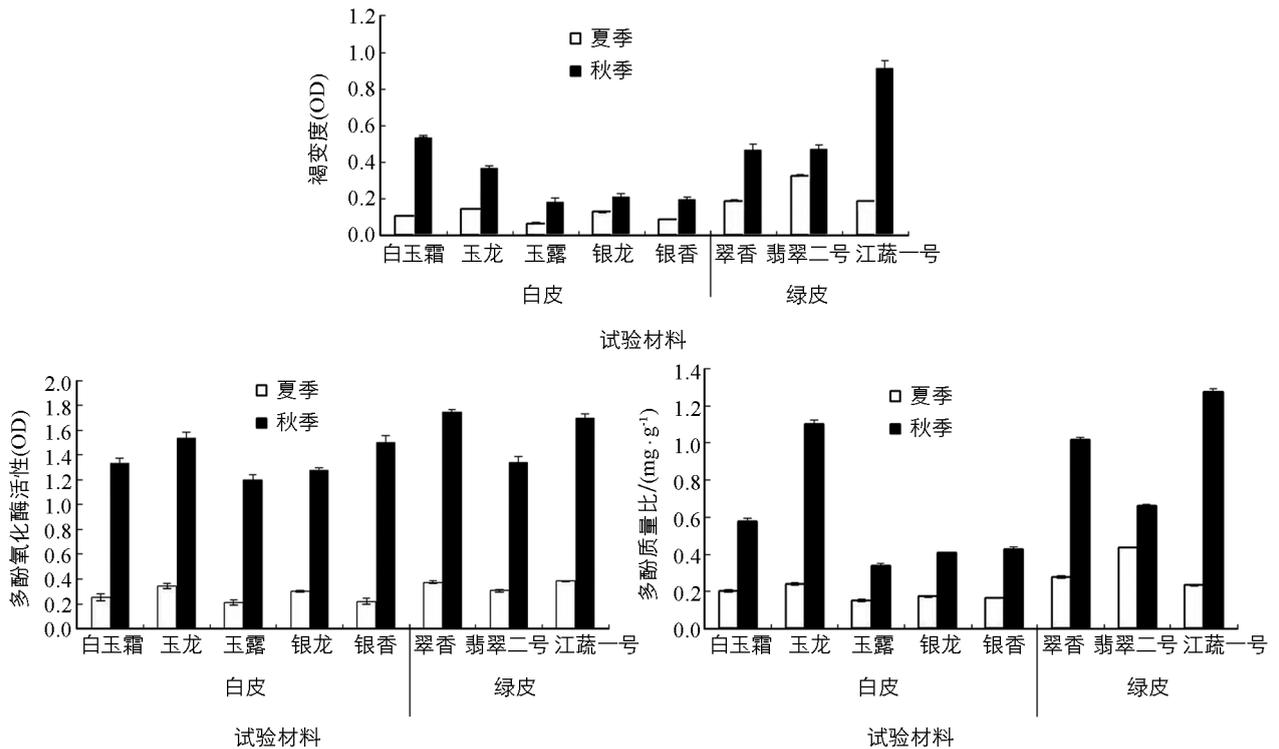


图 3 不同生长季节对丝瓜褐变度、PPO 活性和多酚质量比影响

秋季丝瓜的 PPO 活性明显高于夏季. 绿皮丝瓜“翠香”的 PPO 活性最大, 白皮丝瓜“玉露”的 PPO 活性最小; 白皮丝瓜“银香”的 PPO 活性升高幅度最大, 为夏季 PPO 活性的 6.8 倍, “银龙”升高幅度最小, 为夏季 PPO 活性的 4.2 倍; 夏、秋两季各材料的 PPO 活性强度较为一致, 即“玉露”丝瓜在两季的 PPO 活性均最低, “江蔬一号”的在夏、秋两季的 PPO 活性均相对较高.

生长季节对丝瓜多酚质量比有明显的影响. 各参试材料在秋季的多酚质量比均高于夏季, 其中“江蔬一

号”在秋季多酚的质量比最高,其次是“玉龙”,“玉露”丝瓜的多酚质量比最小;各参试材料的多酚质量比在秋季的增幅不一致,“江蔬一号”秋季的多酚质量比是夏季的5.4倍,“玉龙”增幅达到4.6倍,而“翡翠二号”增幅最小,仅为夏季的1.5倍;“玉露”丝瓜的多酚质量比在夏、秋两季均最低,“玉龙”的多酚质量比在夏、秋两季均相对较高;夏、秋两季多酚质量比最高的材料不一致,“翡翠二号”在夏季最高,“江蔬一号”在秋季最高。

3 讨 论

丝瓜食用部位主要为果肉及胎座部分,本试验主要考虑酶促褐变对丝瓜果肉颜色的影响,所以取样部位选择丝瓜的中部果肉。影响丝瓜果肉褐变的因素除PPO活性和质量比、酚类物质种类和质量比以外,Vc质量比以及接触的氧气量也会影响丝瓜的褐变程度^[9]。本试验未涉及到果肉营养成分与丝瓜褐变的相关性研究,丝瓜的褐变度与Vc、蛋白质、可溶性糖、还原糖及水分质量比等营养成分的关系还有待下一步研究。

PPO活性主要受基因型影响,小麦不同品种间的PPO活性可相差2~14倍,在相同的环境下基因型对PPO活性影响较大^[14],同一生长期不同品种马铃薯的完全褐变强度差异极具有统计学意义^[15]。本试验中,试验品种的褐变度相差1~5倍,7个品种差异极具有统计学意义,白皮丝瓜的褐变度低于绿皮丝瓜。试验的白皮丝瓜肉质较致密耐挤压(白玉霜除外),肉色为淡绿色,而绿皮丝瓜的肉质一般较松软为白色,由于肉色较浅的果蔬容易发生褐变,所以从视觉上观察绿皮丝瓜果肉褐变更为明显。因此,肉色可以作为判断果肉的褐变的一个依据,通过对肉色的选择,间接地进行丝瓜褐变程度的改良,从而加快优质、低褐变丝瓜的育种进度。

丝瓜是一种抗性相对较强的蔬菜作物^[16-18],一般夏季栽培病虫害发生相对较少,但在秋季栽培中病、虫害发生明显高于夏季,其中虫害发生尤为严重,如黄守瓜、瓜食蝇、瓜绢螟等,以危害丝瓜果实、叶片和花瓣为主。越来越多的证据表明,PPO、多酚与植物的防御反应有关,在提高植物对物理环境的适应性和种间竞争能力、抵制天敌的侵袭、增强抗性等方面起着重要作用^[19-22]。本试验对夏、秋两季栽培丝瓜果肉的褐变度、PPO活性及多酚质量比进行分析,结果表明秋季丝瓜三者的水平明显高于夏季,作者认为这可能与秋季丝瓜受病、虫危害后激活了其PPO和多酚的防御机制有关。同时,吴佳真^[23]指出,圆筒丝瓜的总酚质量比决定丝瓜的褐化程度,即总酚质量比高的品种容易发生褐化;褐化受品种和生长季节的影响,供试的4个品种在秋季的总酚质量比均高于夏季,与本试验研究结果较一致。有关丝瓜在秋季的褐变机制还有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 张海新,宁久丽,及 华,等.果实褐变研究现状及发展方向[J].保鲜与加工,2010(1):7-10.
- [2] 孙 蕾,王大明,乔勇进,等.果实褐变机理及研究进展[J].经济林研究,2002,20(2):92-94.
- [3] 齐学会,张晓燕,鲁燕舞,等.光质和光周期对大豆芽苗菜生长及总酚类物质含量的影响[J].中国蔬菜,2014(7):29-34.
- [4] 唐鸿宇.环境生态因子对蕨菜多酚氧化酶影响的研究[D].长春:吉林大学,2006.
- [5] KRISANA BOONSIRIA, SAICHOL KETSA, WOUTER G. VAN DOORN. Seed Browning of Hot Peppers During Low Temperature Storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45: 358-365.
- [6] BIBHUTI BHUSAN MISHRA, SATYENDRA GAUTAM, ARUN SHARMA. Free Phenolics and Polyphenol Oxidase (PPO): The Factors Affecting Post-Cut Browning in Eggplant (*Solanum melongena*) [J]. Food Chemistry, 2013, 139: 105-114.
- [7] 秦小玲.北方干旱地区几种植物多酚含量动态变化研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [8] 张茂鸿,柯立祥,戴顺发.圆通丝瓜果实多酚氧化酶、过氧化物酶活性及总酚类化合物含量之研究[J].台湾农学会报,2010,11(2):131-149.
- [9] 花秀凤,陈 铤,黄斌斌.普通丝瓜果肉褐变的变异及低褐变品种的筛选[J].中国农学通报,2013,29(19):103-106.
- [10] 王 成,王 辉,娄丽娜,等.普通丝瓜果肉褐变的鉴定方法[J].江苏农业科学,2012,40(11):137-138.
- [11] 张百刚.红枣多酚氧化酶特性(PPO)及抑制其酶促褐变的研究[D].西安:广西师范大学,2006.

- [12] 黄树苹, 谈大明, 徐长城, 等. 丝瓜多酚氧化酶学特性初步研究 [J]. 中国蔬菜, 2009(10): 17—22.
- [13] 黄树苹, 谈大明, 徐长城, 等. Folin-Ciocalteu 比色法测定丝瓜中多酚含量的研究 [J]. 中国蔬菜: 2010(4): 47—52.
- [14] 陆成彬, 程顺和, 张伯桥, 等. 基因型和地点对小麦品种面粉多酚氧化酶活性的影响研究 [J]. 中国农业科学 2005, 38(1): 13—16.
- [15] 王 莉. 不同品种马铃薯在不同生长期淀粉及其褐变性质的研究 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2010.
- [16] 张玉灿, 赖正锋, 张少平, 等. 丝瓜砧木对夏秋连作苦瓜产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2013(4): 189—194.
- [17] 朱 进. 丝瓜砧木嫁接对苦瓜生长、产量和品质的影响 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51(21): 4813—4815.
- [18] 张 健, 刘美艳, 肖 炜, 等. 丝瓜砧木提高黄瓜耐涝性的研究 [J]. 植物学通报, 2003, 2(1): 85—89.
- [19] THIPYAPONG P, JOEL D M, STEFFENS J C. Differential Expression and Turnover of the Polyphenol Oxidase Gene Family During Vegetative and Reproductive Development [J]. Plant Physiology, 1997, 113(3): 707—718.
- [20] 李雪莹, 王文杰, 武永刚. 植物单宁的生理作用及经济价值 [J]. 西部林业科学, 2005, 34(3): 35—38.
- [21] ZORAN MAKSIMOVIC, DORDE MALENCIC, NADA KOVACEVIC. Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Maych's Strigma Extracts [J]. Bioresource Technology, 2005, 95: 873—877.
- [22] 刘志琴. 不同植物材料总多酚的测定及抑菌特性的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [23] 吴佳真. 圆筒丝瓜结果特性及果肉褐化之品种差异 [D]. 台北: 台湾大学, 2004.

Studies on the Variation of Browning Degree, Polyphenol Oxidase (PPO) Activity and Polyphenol Content in Fruit Flesh of *Luffa cylindrica* Influenced by Different Factors

HUANG Shu-ping¹, XU Chang-cheng¹, TAN Jie¹,
ZHANG Min¹, WANG Chun-li¹, CHEN Xia¹,
GAN Li², TAN Tai-ming¹

1. Wuhan Vegetable Sciences Research Institute, Wuhan 430065, China;

2. Huangpi Branch of Wuhan Agricultural Technical Extension Station, Wuhan 430300, China

Abstract: The effects of fruit development, variety and growth season on flesh browning degree, polyphenol oxidase (PPO) activity and polyphenol content of *Luffa cylindrica* were investigated. Results showed that the flesh browning degree, polyphenol oxidase (PPO) activity and polyphenol contents were the highest of luffa flesh at anthesis and decreased thereafter. On the ninth day after anthesis, the above parameters showed the minimum values and, therefore, it was the optimum time for fruit harvesting. Different varieties had statistically significant effects on flesh browning degree and polyphenol contents and the values of the white-peel *L. cylindrica* were significantly lower than those of its green-peel counterpart. The flesh browning degree, polyphenol oxidase (PPO) activity and polyphenol content of *L. cylindrica* were lower in summer than in autumn.

Key words: *Luffa cylindrica* Roem; browning degree; polyphenol oxidase activity; polyphenol; influencing factor

