

颜少宾,张好艳,马瑞娟,等. 不同透光率纸袋对红肉桃果皮色泽及类胡萝卜素组分的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):131-135.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.024

不同透光率纸袋对红肉桃果皮色泽及类胡萝卜素组分的影响

颜少宾^{1,2}, 张好艳², 马瑞娟², 俞明亮², 周平¹, 金光¹, 郭瑞¹, 廖汝玉¹

(1. 福建省农业科学院果树研究所, 福建福州 350013; 2. 江苏省农业科学院果树研究所, 江苏南京 210014)

摘要:为了研究不同透光纸袋处理后对红肉桃果皮色泽与类胡萝卜素组分及其含量的变化,以红肉桃品种半斤桃为试材,于盛花后40 d分别进行50%透光的黄色单层袋、0透光的外黄内黑双层袋处理,以不处理(100%透光)为对照。分别于盛花后71、82、90、95 d测定半斤桃果皮的色差及类胡萝卜素含量的变化。结果显示,在盛花后71 d,不同透光纸袋处理对果皮色差A、B、C、L、H值没有影响。盛花后82 d至果实成熟,不同透光纸袋处理对果皮色差A值的影响均呈逐渐降低的趋势,对果皮色差B、C、L、H值的影响均呈逐渐升高的趋势;但50%透光处理的果皮在盛花后82 d时的色差L值、果实成熟时的色差B值与对照组相比差异均不显著;0透光处理的果皮仅在盛花后82 d时的色差A值差异均不显著。随着果实的生长发育,不同透光纸袋处理与对照中的半斤桃果皮叶黄素、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素含量均呈逐渐降低的趋势,玉米黄素、 β -隐黄质含量均呈先降后升的趋势。与对照相比,50%透光处理对盛花后71 d时果皮玉米黄素、 β -隐黄质、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素含量均没有影响,但提高了果皮叶黄素含量。盛花后82 d至果实成熟,显著降低了玉米黄素、 β -隐黄质、 β -胡萝卜素含量;仅在盛花后90 d时提高了叶黄素含量,降低了 α -胡萝卜素含量,其他时间段没有影响。与对照相比,0透光处理对盛花后71 d时果皮玉米黄素、 β -隐黄质、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素含量均没有影响,但提高了果皮叶黄素含量。盛花后82 d至果实成熟,显著降低了玉米黄素、 β -胡萝卜素含量;对 α -胡萝卜素含量没有影响;仅在盛花后90 d时降低了 β -隐黄质含量,其他时间段均无明显影响;对叶黄素含量的影响呈先降后升再降的趋势。研究结果表明,在生产栽培过程中,不建议对在盛花后40 d对半斤桃进行50%透光的黄色单层袋或0透光的外黄内黑双层袋处理。

关键词:半斤桃;套袋;类胡萝卜素;色差;果皮色泽

中图分类号: S662.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)22-0131-04

桃(*Prunus persica* L.)是蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus* L.)桃亚属(*Amygdalus* L.)多年生落叶果树^[1]。桃果肉的颜色可分为4种,即红、白、黄、绿。绿色果肉的资源相对较少,果肉呈白色和黄色较为常见。受遗传资源以及果实的综合经济性状欠佳等因素的影响,果肉红色桃在产业中占比很小,因其花色苷含量较高显红色^[2]。红肉桃果实花色苷含量及其抗氧化能力显著高于白肉、黄肉类

型^[3-5]广受关注,而果实中的类胡萝卜素常被忽略,且类胡萝卜素在延缓衰老、清除自由基、提高人体免疫力等^[6-9]方面有着重要作用。果实套袋可以在减少农药的喷施次数、减少农药对果实的污染及残留、防病虫害等方面起着重要的作用,同时可以防止或减轻裂果、改善果皮外观品质^[10-11]。但套袋情况下红肉桃果皮中的类胡萝卜素含量变化的报道较少,特别是其相关组分的变化须要进一步明确。龚林忠等对红、白、黄3种不同果肉颜色的4个桃果实进行研究,红肉和白肉类型桃的果皮类胡萝卜素含量随果实的生长发育呈下降趋势^[12]。王少敏等对红富士果实进行套袋,其果实类胡萝卜素总含量明显低于对照^[13]。柳蕴芬等采用黑色内袋的小林袋对大把撷红肉桃进行套袋处理,明显降低了类胡萝卜素总含量和花青苷含量^[14]。王安柱等对桃果实进行套袋,套袋处理提高了成熟时桃果皮的花青苷含量,降低了叶绿素、类胡萝卜素含量^[15-16]。说

收稿日期:2020-08-13

基金项目:福建省科技计划——省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2017R1013-1、2018R1013-13);国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-30);福建省农业科学院创新团队基金(编号:STIT2017-1-4)。

作者简介:颜少宾(1988—),女,福建泉州人,硕士,助理研究员,从事桃种质资源和果实品质研究。E-mail:ysb2010_good@163.com。

通信作者:俞明亮,博士,研究员,从事桃资源和育种研究。E-mail:mly1008@aliyun.com。

明不同纸袋类型和光照度对不同品种果实中色素含量有着差异影响。果实发育阶段类胡萝卜素总含量的积累规律已经研究很多,且不同品种发育阶段类胡萝卜素总含量的积累变化差异也较大;颜少宾等对红、白、黄 3 种不同果肉颜色的桃果实分析发现,红肉桃果实含有叶黄素、玉米黄素、 β -胡萝卜素等类胡萝卜素组分^[17]。但不同透光强度对红肉桃果皮类胡萝卜素组分及其含量影响等方面的研究鲜有报道。本试验对红肉桃进行不同透光率纸袋处理,分析不同透光强度对红肉桃果实发育过程中果皮色泽和类胡萝卜素组分及其含量的影响,为红肉桃果实类胡萝卜素代谢机制研究及针对性生产栽培提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

以长势基本一致、树体健壮、无明显病虫害、种植于国家果树种质南京桃资源圃的 5 年生红肉桃品种半斤桃为试验材料。试验在江苏省农业科学院果树研究所进行。

试验所选用不同透光率纸袋:透光率 50% 的黄色单层纸袋,规格 19.8 cm × 15.3 cm,购自平度市金禾裕农果袋厂;透光率 0 的外黄内黑双层袋,规格 19.8 cm × 15.3 cm,购自莱阳市爱华果袋厂。试验所用不同透光率纸袋的透光率采用 Kurzanleitung testo 540 照度仪检测,每个处理重复 3 次,取平均值。

所用试剂主要有丙酮、甲醇、甲基叔丁基醚、叶黄素、 β -隐黄质、 β -胡萝卜素、 β -阿朴-8-胡萝卜素、 α -胡萝卜素、玉米黄素,均为分析纯。

1.2 试验方法

选择不同透光率的纸袋,在半斤桃盛花后 40 d,在资源圃内同 1 株树上选取大小、长势较为一致、健康的半斤桃果实进行 2 种试验处理,即采用 50% 透光的黄色单层袋(I,50%透光处理)和 0 透光的外黄内黑双层袋(II,0透光处理)2 种类型纸袋进行套袋,以不处理(透光率 100%)作为对照(CK),重复 3 次。处理前进行适量疏果,留果量保持一致,并喷施药剂。果面开始转色进行第 1 次采样,即盛花后 71 d;每隔 10 d 左右采 1 次,果实成熟为最后一次采样点;即分别在盛花后 71、82、90、95 d 采样。每处理套 70 个果,每处理在不同方位随机采取 10 个果进行果皮色差的测定,每个果测定 4 个点。10 个果实的果皮取下,将其混匀后用液氮速冻,于

-20 ℃ 保存备用。重复 3 次。

1.3 测定指标

1.3.1 果皮色差的测定 采用 Color Quest XE 色差计进行果皮色差测定,主要测定果皮的色差 A (红色饱和度)、 B (黄色饱和度)、 L (亮度)值,根据公式(1)计算 C (色彩饱和度)、 H (色度角)^[18]。

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}; \quad (1)$$

$$H = \arctg \frac{B}{A}. \quad (2)$$

1.3.2 果皮类胡萝卜素组分及其含量的测定 果皮类胡萝卜素组分叶黄素、玉米黄素、 β -隐黄质、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素等标准曲线的制备及果皮类胡萝卜素组分的提取测定方法参照文献[19]。

样品中类胡萝卜素组分及含量以 ρ 表示, $\mu\text{g/g}$,按公式(3)进行计算:

$$\rho = \frac{25 \times y}{m}. \quad (3)$$

式中: y 为样品中单个类胡萝卜素组分标准曲线回归方程, mg/L ; m 为样品的质量, g 。

1.4 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 24.0 软件对数据进行统计。

2 结果与分析

2.1 不同透光率纸袋对半斤桃果实发育后期果皮色差的影响

从表 1 可以看出,随着果实的生长发育,对照中半斤桃果皮色差 A 值(红色饱和度)呈逐渐升高的趋势; B 值(黄色饱和度)、 C 值(色彩饱和度)、 L 值(亮度)、 H 值(色度角)等均呈逐渐降低的趋势。在盛花后 71 d 时,与对照相比,50% 透光处理和 0 透光处理对果皮色差 A 、 B 、 C 、 L 、 H 值的影响差异不显著。盛花后 82 d 至果实成熟,与对照相比,50% 透光和 0 透光处理均降低了果皮色差 A 值,提高了果皮色差 B 、 C 、 L 、 H 值;但 50% 透光处理的果皮在盛花后 82 d 时的色差 L 值、果实成熟时的色差 B 值与对照相比差异均不显著;0 透光处理的果皮仅在盛花后 82 d 时的色差 A 值差异均不显著。

2.2 不同透光率纸袋对半斤桃果实发育后期果皮类胡萝卜素组分的影响

从图 1-A 可以看出,随着果实的生长发育,对照,50% 透光和 0 透光处理果皮叶黄素含量均呈逐渐降低的趋势。与对照相比,不同透光纸袋处理均在盛花后 71、90 d 提高了果皮叶黄素含量,但 50%

表1 不同透光率纸袋对半斤桃果实发育后期果皮色差的影响

盛花后时间(d)	处理	色差A值	色差B值	色差C值	色差L值	色差H值
71	CK	-6.10 ± 1.45a	32.37 ± 1.17a	32.96 ± 1.28a	63.88 ± 2.66a	88.26 ± 0.07a
	I	-7.16 ± 0.75a	31.69 ± 1.99a	32.49 ± 2.06a	64.74 ± 1.78a	88.23 ± 0.12a
	II	-6.88 ± 0.93a	32.49 ± 2.03a	33.21 ± 2.11a	64.99 ± 2.19a	88.27 ± 0.11a
82	CK	-0.57 ± 1.95a	28.19 ± 2.49b	28.25 ± 2.53b	59.90 ± 4.38b	87.96 ± 0.18b
	I	-3.68 ± 1.15b	30.64 ± 0.99a	30.88 ± 1.00a	63.26 ± 2.53ab	88.14 ± 0.06a
	II	-1.34 ± 1.43a	31.68 ± 1.58a	31.73 ± 1.63a	64.26 ± 2.71a	88.19 ± 0.09a
90	CK	10.53 ± 3.61a	19.19 ± 3.10b	22.30 ± 1.57b	51.79 ± 3.81b	87.42 ± 0.17b
	I	3.85 ± 3.80b	27.66 ± 2.86a	28.20 ± 2.30a	64.13 ± 4.48a	87.96 ± 0.17a
	II	5.06 ± 0.98b	28.07 ± 1.51a	28.54 ± 1.37a	66.47 ± 3.47a	87.99 ± 0.10a
95	CK	19.42 ± 2.80a	15.34 ± 1.62b	20.60 ± 2.09c	46.93 ± 1.75c	87.19 ± 0.29c
	I	16.97 ± 2.85b	15.44 ± 1.00b	23.04 ± 1.90b	49.61 ± 1.74b	87.50 ± 0.21b
	II	13.48 ± 3.13c	17.21 ± 1.23a	26.02 ± 2.22a	53.87 ± 2.47a	87.79 ± 0.19a

注:同列数据后不同小写字母表示同一发育阶段中同一个品种在不同处理条件下差异显著($P < 0.05$)。其中,A值越大,红色越深;B值越大,黄色越深;H=0,紫红色;H=90,黄色;H=180,绿色。

透光处理对盛花后82 d及果实成熟时果皮叶黄素含量的影响差异不显著;0透光处理则显著降低了果皮叶黄素含量。

从图1-B可以看出,随着果实的生长发育,对照、50%透光和0透光处理果皮玉米黄素含量均呈先降后升的趋势,且在盛花后71 d时,对照、50%透光和0透光处理间差异均不显著。盛花后82 d至果实成熟,50%透光和0透光处理显著降低了果皮玉米黄素含量。

从图1-C可以看出,随着果实的生长发育,对照、50%透光和0透光处理果皮 β -隐黄质含量均呈先降后升的趋势,且在盛花后71 d时,对照、50%透光和0透光处理之间差异均不显著。盛花后82 d至果实成熟,50%透光处理显著降低了果皮 β -隐黄质含量。0透光处理仅在盛花后90 d显著降低了果皮 β -隐黄质含量;而盛花后82 d及果实成熟时差异不显著。

从图1-D可以看出,随着果实的生长发育,对照、50%透光和0透光处理果皮 α -胡萝卜素含量均呈逐渐降低的趋势,且在盛花后71、82 d及果实成熟时,对照、50%透光和0透光处理间差异均不显著。在盛花后90 d时,50%透光处理显著降低了果皮 α -胡萝卜素含量;而0透光处理差异不显著。

从图1-E可以看出,随着果实的生长发育,对照、50%透光和0透光处理果皮 β -胡萝卜素含量均呈逐渐降低的趋势,且在盛花后71 d时,对照、50%透光和0透光处理间差异均不显著。盛花后

82 d至果实成熟,50%透光和0透光处理均显著降低了果皮 β -胡萝卜素含量。

3 讨论与结论

因套纸袋会使桃的果实在发育过程中处于弱光条件,花青素合成过程中的酶如类黄酮糖基转移酶(UFGT)、查尔酮合成酶(CHS)、苯丙氨酸氨解酶(PAL)等表达会受到抑制,因此花青素的合成受阻^[20]。同时,不同类型纸袋套袋处理可减少果实受病虫害防治药剂、自然环境的大风大雨以及机械摩擦的伤害。陈军等对红富士进行套袋研究表明,经过处理的红富士苹果果皮的表皮细胞发生改变,排列相对紧密且增大,提高了果皮的光洁度^[21]。本研究也得到类似的结论,在半斤桃果实发育后期即盛花后82 d至果实成熟时,不同透光率纸袋均有降低果皮色差A值、提高果皮色差B、C、L、H值的趋势,说明不同透光率纸袋能减缓半斤桃果皮的红颜色的呈现,同时促进果皮光泽度、色彩鲜艳度的呈现,这与前人研究结果^[22-23]一致。

在类胡萝卜素代谢中, α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素在 β -羟基酶(β -HY)的作用下合成叶黄素、玉米黄素和 β -隐黄质^[24]。果实套袋处理后, β -羟基酶(β -HY)活性降低,果皮叶黄素、玉米黄素和 β -隐黄质的形成和积累受到影响,0透光处理比50%透光处理的效果更为显著,这与前人研究结果^[25-26]相似。同时,本研究结果也表明,不同透光率纸袋处理后会降低半斤桃果皮 β -胡萝卜素含

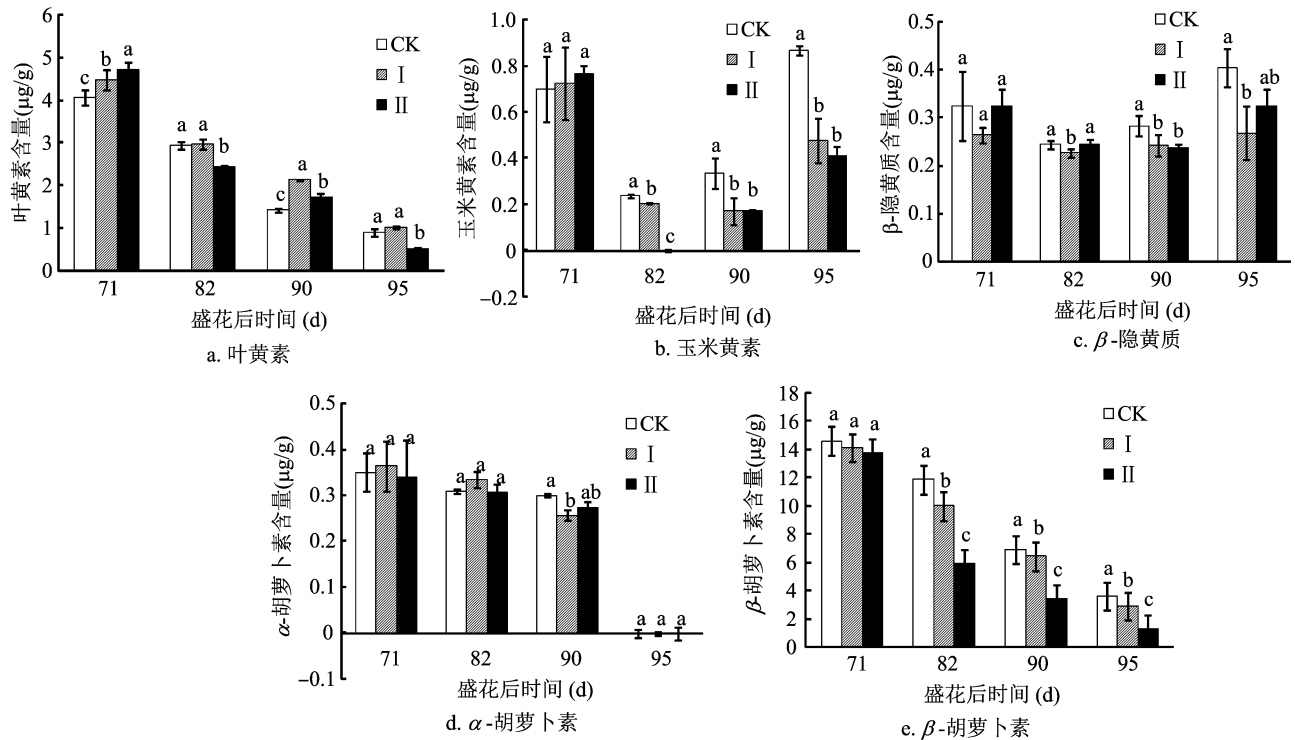


图1 不同透光率纸袋对半斤桃果实发育后期果皮类胡萝卜素组分的影响

量,但对 α -胡萝卜素含量不明显。Lefebvre 等认为,不同颜色辣椒果实中类胡萝卜素的合成途径不同^[27]。颜少宾等对红、黄、白等3种不同颜色果肉的桃果实进行了类胡萝卜素组分分析发现,5个类胡萝卜素组分及其含量差异较大^[17]。推测红色果肉的半斤桃果实的类胡萝卜素代谢合成途径可能与黄色果肉桃果实的类胡萝卜素代谢合成途径存在差异,相关机制还有待进一步验证。

综上所述,不同透光率纸袋处理后提高了果皮色差 B 值(黄色饱和度)、 C 值(色彩饱和度)、 L 值(亮度)、 H 值(色度角),但也降低了果皮色差 A 值(红色饱和度),一定程度上改善了半斤桃果皮外观品质,提高外观商品价值。但与对照相比,不同透光率纸袋处理降低了半斤桃果皮类胡萝卜素的5个组分含量。从某种程度上讲,不同透光率纸袋处理后,类胡萝卜素的相关营养价值在一定程度上受到影响。因此,在生产栽培过程中不建议对在盛花后40 d对半斤桃进行50%透光的黄色单层袋或0透光的外黄内黑双层袋处理。

参考文献:

[1] 王力荣,朱更瑞. 桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社,2005.
[2] 许建兰,马瑞娟,俞明亮,等. 红肉桃果实发育过程中果肉色素含量的变化[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1347-1351.

[3] Cevallos - Casals B A, Byrne D, Okie W R, et al. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties[J]. Food Chemistry,2006,96(2):273-280.
[4] Vizzotto M, Cisneros - Zevallos L, Byrne D H, et al. Large variation found in the phytochemical and antioxidant activity of peach and plum germplasm [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,2007,132(3):334-340.
[5] 沈志军,马瑞娟,俞明亮,等. 桃三种肉质类型果实抗氧化因子的比较评价[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2232-2241.
[6] Miki W. Biological functions and activities of animal carotenoids [J]. Pure and Applied Chemistry,1991,63(1):141-146.
[7] Nagao A. Absorption and function of dietary carotenoids[J]. Forum of Nutrition,2009,61:55-63.
[8] Fraser P D, Bramley P M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids[J]. Progress in Lipid Research,2004,43(3):228-265.
[9] Nishino H, Murakoshi M, Tokuda H, et al. Cancer prevention by carotenoids[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics,2009,483(2):165-168.
[10] 糜林,王全洪,费宪进,等. 优质水蜜桃品种高效套袋技术研究[J]. 江苏农业科学,2007(5):106-108.
[11] 马瑞娟,张斌斌,蔡志翔,等. 不同类型果袋对霞光油桃果实品质的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):627-631.
[12] 龚林忠,王富荣,何华平,等. 桃生长发育过程中果肉、果皮及叶片色素含量的变化研究[J]. 江西农业大学学报,2015,37(6):982-987.
[13] 王少敏,高华君,张骁兵. 套袋对红富士苹果色素及糖、酸含量的影响[J]. 园艺学报,2002,29(3):263-265.
[14] 柳蕴芬,刘莉,段艳欣,等. 光对红肉桃果肉红色形成的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(13):308-311.

王 博,张 强,李 季,等. 不同剂量伽马射线辐射处理丝瓜花粉的效应[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):135-138.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.22.025

不同剂量伽马射线辐射处理丝瓜花粉的效应

王 博¹,张 强¹,李 季¹,苏小俊²,倪维晨³,张 强¹,钱春桃¹

[1. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院蔬菜研究所,江苏南京 210014;
3. 南京农业大学(常熟)新农村发展研究院有限公司,江苏苏州 215500]

摘要:以徐筒玉丝瓜为试验材料,对丝瓜花粉先后分别进行 250、400、500、750、1 000、1 250、1 500、1 600、1 750、2 000 Gy 等不同剂量的 γ 射线辐照处理,通过对处理后花粉活力的表现、坐果情况以及瓜内种子的比较,进行花粉辐照处理后的效应研究。结果表明,正常丝瓜的花粉活力为 84.60%,授粉后坐果率为 80%,经过 γ 射线辐照后花粉活力、坐果率显著降低,辐射剂量为 250、400、500、750、1 000 Gy 的处理,花粉活力变化幅度为 45.19%~72.48%,坐果率变化幅度为 10%~60%,且二者整体均呈现逐渐下降的趋势;在 1 000 Gy 以上的高剂量辐照下,花粉活力降为 50% 以下,授粉后均不能坐瓜。对老瓜内种子的比较发现,辐射剂量为 250 Gy 处理时,种子外形饱满与正常种子表现一致,发芽率达到 84.50%,与正常种子发芽率 85.25% 相比差异不显著;从 400 Gy 处理开始,种子外形呈现干瘪空壳状且均不能萌发。研究结果表明,适合丝瓜辐射花粉授粉研究的剂量范围应该介于 250~400 Gy 之间。本试验结果可为丝瓜辐射花粉诱导单倍体研究中花粉辐射剂量的选择提供相关依据。

关键词:花粉辐照;花粉活力;坐果率;发芽率

中图分类号: S642.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)22-0135-04

丝瓜 (*Luffa cylindrica* Roem.) 为 1 年生葫芦科丝瓜属作物,起源于亚洲热带地区,在全世界共有 8 个种,我国主要有普通丝瓜和有棱丝瓜 2 个栽培种,

是我国常见瓜类蔬菜之一^[1-3]。丝瓜生产规模的扩大对品种的培育提出了更高要求。目前,江苏省乃至全国的丝瓜主要是常规育种,周期长、效率不高,而利用双单倍体(double haploid, DH)进行育种可以缩短育种年限^[4]。辐射花粉授粉和离体胚挽救技术是获得葫芦科作物双单倍体的主要途径之一^[5]。

辐射花粉授粉是通过物理诱导的方法诱导植株体内的雌核发生,使未受精的胚囊细胞发育成胚,形成单倍体或双单倍体材料^[4]。目前,辐射花

收稿日期:2020-03-09

基金项目:江苏省苏州市科技计划(编号:SNG2018061);江苏省常熟市科技发展计划(编号:CN201812)。

作者简介:王 博(1994—),男,硕士研究生,研究方向为园艺作物栽培和育种。E-mail:2018804177@njau.edu.cn。

通信作者:钱春桃,教授,研究方向为园艺作物栽培和育种。E-mail:chuntaoq@njau.edu.cn。

[15] 王安柱,韩明玉,丁 勤,等. 不同类型果袋对秦光 2 号油桃品质的影响[J]. 果树学报,2006,23(4):602-604.

[16] 陈 栋,谢红江,李 靖,等. 套袋对桃果实品质形成和果皮色素变化规律的影响[J]. 西南农业学报,2011,24(6):2132-2136.

[17] 颜少宾,蔡志翔,俞明亮,等. 桃果实发育阶段肉色形成与类胡萝卜素的含量分析[J]. 西北植物学报,2013,33(3):613-619.

[18] Voss D H. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart[J]. HortScience, 1992, 27(12):1256-1260.

[19] 颜少宾,张好艳,马瑞娟,等. 桃果实类胡萝卜素测定方法的研究[J]. 果树学报,2012,29(6):1127-1133.

[20] 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.

[21] 陈 军,高文胜,吕德国,等. 套袋红富士苹果果皮发育进程研究[J]. 果树学报,2009,26(2):217-221.

[22] 马瑞娟,张斌斌,张春华,等. 套袋对金陵黄露桃果实品质的影响[J]. 江苏农业学报,2014,30(5):1127-1131.

[23] 陈 巍,黄品湖,郭秀珠,等. 套袋对油桃果皮色素和果实品质的影响[J]. 浙江农业科学,2014(11):1705-1706.

[24] 梁敏华. 桃果实中类胡萝卜素合成基因的克隆及其对蓝光的响应机制研究[D]. 上海:上海海洋大学,2015.

[25] 冯唐锴,李思光,罗玉萍,等. 植物 β -胡萝卜素羟化酶研究进展[J]. 生物技术通报,2007(1):54-58.

[26] 董新甜,曹洪波,张飞燕,等. 遮光性套袋对黄肉桃类胡萝卜素合成及相关基因表达的影响[J]. 园艺学报,2015,42(4):633-642.

[27] Lefebvre V, Kuntz M, Camara B, et al. The capsanthin-capsorubin synthase gene: a candidate gene for the y locus controlling the red fruit colour in pepper[J]. Plant Molecular Biology, 1998, 36(5):785-789.