

颜少宾,周平,张好艳,等. 光质对红肉桃果肉色泽、类胡萝卜素组分含量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(20):143-147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.20.022

光质对红肉桃果肉色泽、类胡萝卜素组分含量的影响

颜少宾^{1,2}, 周平¹, 张好艳², 马瑞娟², 俞明亮², 金光¹, 郭瑞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:研究不同光质处理后红肉桃果实成熟期果肉的色泽、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验材料,于盛花后 40 d 分别进行不同光质纸袋(黄色单层袋、外黄内黑双层袋)套袋处理,以不套袋作为对照。果实成熟时测定半斤桃果实单果质量、硬度、果肉的色差、类胡萝卜素组分及其含量的变化。结果表明,不同照度和光谱处理对半斤桃果实成熟期果实的硬度、果肉色泽、果肉 β -隐黄质、 α -胡萝卜素含量均没有影响,而对果实的单果质量影响不同,其中 50% 照度、20% 蓝光、50% 红光(黄色单层袋)处理可提高果实的单果质量,0 照度、0 光谱(外黄内黑双层袋)处理对果实单果质量没有影响。不同的照度和光谱处理对半斤桃果实成熟期果肉叶黄素、 β -胡萝卜素含量的累积有一定的影响。其中 0 照度、0 光谱(外黄内黑双层袋)有利于叶黄素含量的累积,主要与红光密切相关,相关系数达 -0.99;不利于 β -胡萝卜素含量的累积,主要与蓝光密切相关,相关系数达 0.80。此外,50% 照度、20% 蓝光、50% 红光(黄色单层袋)能提高了半斤桃果实成熟期果肉玉米黄素含量,但与光质无相关性。

关键词:红肉桃;光质;套袋;类胡萝卜素;色差;相关性分析

中图分类号: S662.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)20-0143-05

桃为多年生的落叶果树。根据果肉不同颜色可分为白、黄、红、绿 4 种^[1]。目前,市场上红肉桃

所占比例较少,主要是由于品种较为匮乏,果实品质与其他不同果肉颜色类型桃相比没有明显的竞争性优势。红肉桃果实的花色苷含量较高^[2-3],果肉红色,鲜艳诱人,且在保健方面^[4-5]起着重要的作用。因此,多数科研工作者集中于花色苷含量及其机制的相关研究,忽视了红色素的呈现不仅有花色苷,还有类胡萝卜素。红肉桃果实含有叶黄素、玉米黄素、 β -隐黄质、 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素等类胡萝卜素组分^[6]。

套纸袋作为改善果实外观品质、减少病虫害危害的一个重要栽培措施,对果肉的色泽及品质也产生一定的影响^[7-8]。纸袋提供了一个较为密闭的环

收稿日期:2021-06-07

基金项目:福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2018R1013-13,2017R1013-1,2017R1013-7);国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-30);福建省农业科学院科技创新团队建设项目(编号:CXTD2021009-2)。

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

通信作者:金光,硕士,副研究员,主要从事桃资源和育种研究。E-mail: jinguang0591@163.com。

质及土壤氮素累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(2):379-386。

[9]尹淑丽,黄亚丽,张丽萍,等. 沼液对鸭梨品质和产量的影响[J]. 中国沼气,2012,30(3):38-40。

[10]汪吉东,马洪波,高秀美,等. 水葫芦发酵沼液对紫叶茼蒿生长和品质的影响[J]. 土壤,2011,43(5):787-792。

[11]李金澄,孙吉翠,杨丽,等. 沼液过量还田对土壤环境容量及玉米生长的影响[J]. 河南农业科学,2021,50(5):49-56。

[12]王月霞. 沼液农田消解利用技术及其土壤环境效应研究[D]. 金华:浙江师范大学,2010。

[13]Zhang W F, Dou Z X, He P, et al. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United

States of America,2013,110(21):8375-8380。

[14]刘思汝,石伟琦,马海洋,等. 果树水肥一体化高效利用技术研究进展[J]. 果树学报,2019,36(3):366-384。

[15]曾志,郭翠红,胡贤勇. 沙田柚水肥一体化示范应用效果[J]. 农业与技术,2018,38(8):16-18。

[16]李全寨. 水肥一体化对脐橙果实发育和品质影响试验初报[J]. 农业研究与应用,2012(1):12-13。

[17]王立飞,刘水林,李英丽,等. 水肥耦合对黄冠梨叶片光合效能及果实品质的影响[J]. 北方园艺,2015(17):1-4。

[18]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2013:264-271。

[19]范玉贞,李晓颖,谭洪花,等. 果树果实的风味物质及其研究[J]. 植物生理学报,2011,47(10):943-950。

境,减少不利的外界环境对果实的生长发育进行干扰和损害。但不同的纸袋其内环境因子不同,尤其是光质,对植物各个组织、各个生长阶段影响也不同。如红、黄色滤光膜能促进红叶桃叶片红色色泽的积累^[9],蓝光能改变桃叶片组织厚度,使光敏色素在组织中的状态发生改变^[10],能增加葡萄叶片数量、叶绿素含量、气孔数量等^[11],也是影响甜椒茎解剖结构和叶片组织变化的主导光质^[12]。不同光质对桃果实品质的影响研究较少,研究主要集中于不同颜色滤光膜的应用^[9,13],不同光质的纸袋处理会降低桃果肉叶绿素和类胡萝卜素总含量^[14]。此外,相关研究发现,果实套袋后,红肉桃果肉 β -胡萝卜素含量降低,但黄色单层袋可提高玉米黄素含量,外黄内黑双层袋可提高叶黄素含量^[15-16]。为了进一步分析光质对果肉色泽及类胡萝卜素的影响,本研究结合前期研究基础,进一步深入分析不同纸袋透过的光质,研究光质对红肉桃果实发育过程中果肉色泽和类胡萝卜素成分及其含量的影响,以期探索光质影响红肉桃果实肉色表达的机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料: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。

试验纸袋: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;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。

试验试剂: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-胡萝卜素醛、 α -胡萝卜素、玉米黄素,纯度为分析纯及以上。

1.2 试验方法

以红肉桃品种半斤桃为试验材料,在盛花后 40 d 进行不同光质的纸袋套袋处理,即黄色单层袋(I)和外黄内黑双层袋(II),以不套纸袋作为对照(CK)。套纸袋前进行疏果,保持留果量基本一致,并进行药剂喷施。果实成熟即采样,每处理在不同方位随机采取 10 个果,进行果实大小、硬度、果肉色泽的测定,每处理测 10 个果。其中,果肉色泽每个果测定 4 个点。去果皮、果核后,取下果肉混匀后用液氮速冻,于 -20 ℃ 保存,用于类胡萝卜素组分及其含量的测定。每处理重复 3 次。

1.3 测定指标

1.3.1 果实单果质量的测定 采用 TE124S 电子

天平测定果实的单果质量,每处理测 10 个果,重复 3 次,取平均值。

1.3.2 果实硬度的测定 采用 TA.XT.Plus 型质构仪测定果实缝合线 2 侧中部中心点位置果肉的硬度,即 2 个点/果。探头直径 8 mm,测试深度 5 mm,贯入速度 1 mm/s。每处理测 10 个果,重复 3 次,取平均值。

1.3.3 光质的测定 采用 EVERFINE 远方 SPIC-300AW 照度计检测试验所用不同光质纸袋内环境的照度和光谱,以纸袋外环境的照度和光谱作为对照。可见光谱检测范围是 380 ~ 760 nm,每个处理重复 3 次,取平均值。

1.3.4 果肉色泽的测定 采用 Color Quest XE 色差计进行果肉色泽测定,主要测定果肉的色差 A、B、L 值,根据公式计算 C、H^[17]。色差 A、B、C、H、L 值分别代表红色饱和度、黄色饱和度、色彩饱和度、色度角和亮度值。

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

$$H = \arctg \frac{B}{A}。 \quad (2)$$

1.3.5 果肉类胡萝卜素组分及其含量的测定 果肉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肉类胡萝卜素组分的提取测定参照颜少宾等的方法^[18]。

样品中类胡萝卜素组分及含量以 ρ 表示,单位为 $\mu\text{g/g}$,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。主要采用皮尔逊相关性计算方式对照度、光谱与红肉桃果肉的色泽、类胡萝卜素组分及含量进行相关性分析。

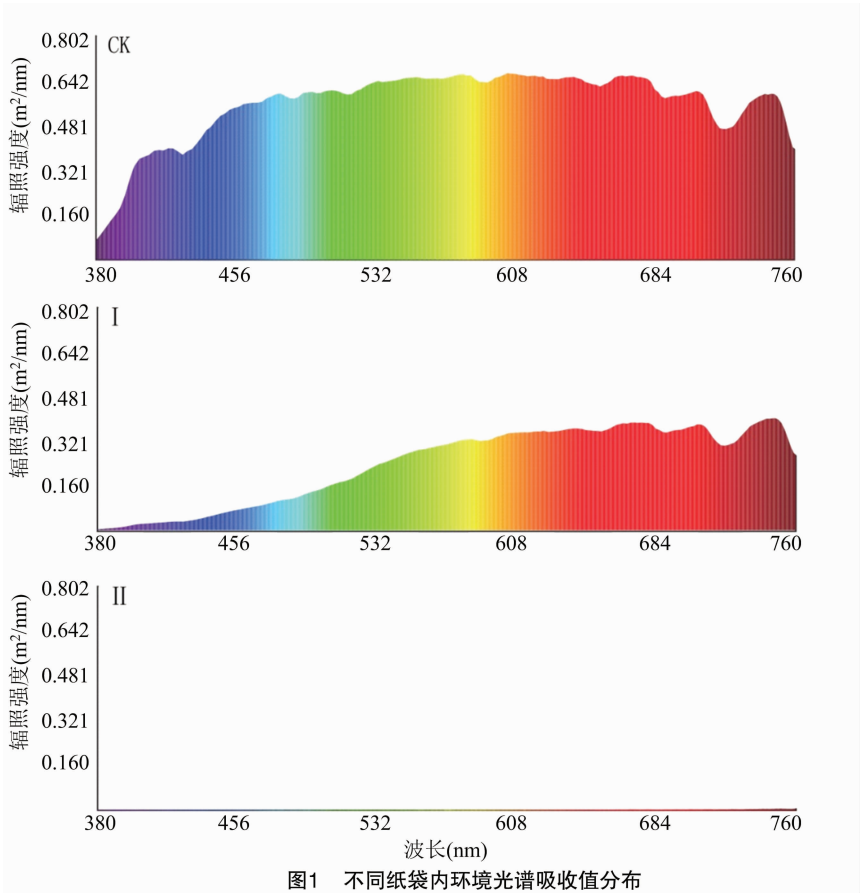
2 结果与分析

2.1 不同纸袋光谱分布

采用 EVERFINE 远方 SPIC-300AW 照度计检测照度和光谱,结果表明,处理 I 的照度值约为 CK 组的 50% 左右,处理 II 的照度值基本为 0(图 1),不同纸袋光谱分布图存在较大差异。处理 I 的光谱

分布图走势与 CK 组的基本一致,其吸收值降为 CK 组的 50% 左右;但蓝光范围的吸收值降得更多。其中,在 450 nm 的蓝光区,处理 I 的吸收值仅为 CK

组的 20% ;处理 II 的纸袋为外黄内黑双层袋,基本没有检测到照度和光谱。



2.2 纸袋对桃果实成熟期果实大小、硬度的影响

从表 1 可以看出,与 CK 相比,处理 I 显著降低了桃果实单果质量,而对果实硬度的影响不显著;处理 II 对桃果实单果质量和硬度的影响不显著。

表 1 套袋对果实成熟期果实大小、硬度的影响

处理	单果质量 (g)	硬度 (kg/cm ²)
CK	138.21a	4.67a
I	121.39b	4.12a
II	122.42ab	4.38a

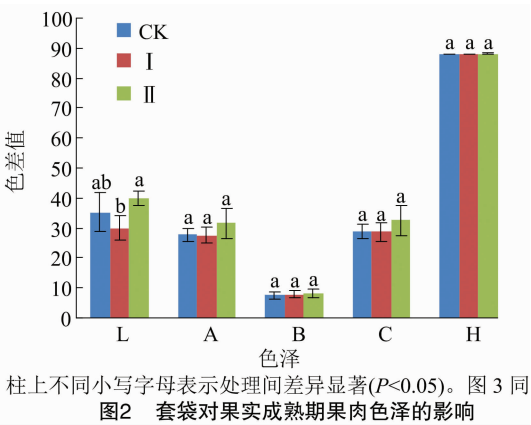
注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.3 纸袋对桃果实成熟期果肉色泽的影响

从图 2 可以看出,处理 I、处理 II 的桃果肉色差 L、A、B、C、H 值与 CK 相比差异不显著。说明不同纸袋处理对果实成熟期果肉的色泽没有影响。

2.4 纸袋对桃果实成熟期果肉类胡萝卜素的影响

从图 3 可以看出,半斤桃果实成熟期,处理 I、



处理 II 和 CK 均未检测到果肉 β -隐黄质、 α -胡萝卜素。与 CK 相比,处理 I、处理 II 均会降低半斤桃果实成熟期果肉 β -胡萝卜素含量。处理 I 的桃果实成熟期果肉叶黄素含量与 CK 一致,均为 0;但显著提高了玉米黄素含量。处理 II 的桃果实成熟期果肉玉米黄素含量与 CK 差异不显著;但显著提高了果肉叶黄素含量。表明处理 I 条件有利于桃果

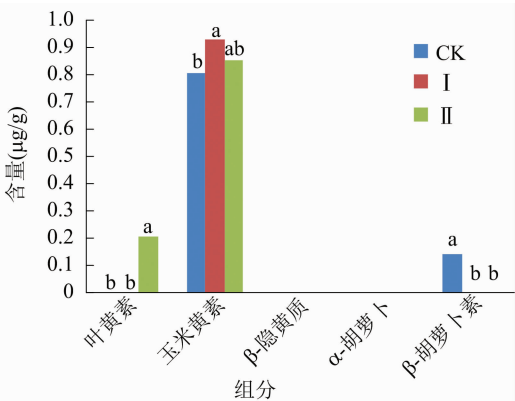


图3 套袋对果实成熟期果肉类胡萝卜素组分的影响

实成熟期果肉玉米黄素含量的积累;处理Ⅱ条件有利于桃果实成熟期果肉叶黄素含量的积累。

2.5 光质与果肉色泽、类胡萝卜素成分的相关性分析

从表2可以看出,照度的强弱与光谱吸收值有一定的关系,其中与蓝光450 nm吸收值在0.05水

平上正相关;与红光650 nm吸收值在0.01水平上正相关,相关系数达0.88。照度的强弱与果肉色泽在统计学上不相关;但与果肉叶黄素在0.01水平上负相关,相关系数达-0.82;与果肉β-胡萝卜素在0.05水平上正相关。

蓝光450 nm光谱吸收值与果肉色泽、果肉叶黄素和玉米黄素在统计学上不相关;但与果肉β-胡萝卜素在0.05水平上正相关,相关系数达0.80。红光650 nm光谱吸收值与果肉色差A值、C值在0.05水平上负相关,与果肉叶黄素在0.01水平上负相关,相关系数达-0.99;但与果肉玉米黄素、β-胡萝卜素在统计学上不相关。

果肉色差L值与其他色差值在统计学上不相关,但A值、B值、C值、H值等4个色差值两两之间均在0.01水平上正相关,且相关系数均在0.85及以上;色差A值和C值与果肉叶黄素在0.05水平上正相关。

表2 光质与果肉色泽、类胡萝卜素成分的相关性分析

指标	相关系数												
	照度	450 nm 吸收值	650 nm 吸收值	单果质量	硬度	L 值	A 值	B 值	C 值	H 值	叶黄素	玉米黄素	β-胡萝卜素
照度	1.00	0.75 *	0.88 **	0.52	0.17	-0.29	-0.57	-0.49	-0.57	-0.45	-0.82 **	-0.33	0.75 *
450 nm 吸收值		1.00	0.34	0.57	0.29	0.24	-0.14	-0.30	-0.15	-0.10	-0.23	-0.66	0.80 *
650 nm 吸收值			1.00	0.31	0.05	-0.58	-0.71 *	-0.49	-0.70 *	-0.56	-0.99 **	0.00	0.49
单果质量				1.00	-0.06	0.18	-0.19	-0.31	-0.20	-0.12	-0.29	0.08	0.28
硬度					1.00	0.29	-0.15	-0.29	-0.16	-0.21	-0.01	-0.41	0.32
L 值						1.00	0.38	-0.06	0.35	0.23	0.63	-0.25	-0.20
A 值							1.00	0.85 **	0.99 **	0.98 **	0.74 *	-0.07	-0.07
B 值								1.00	0.86 **	0.88 **	0.47	0.23	0.02
C 值									1.00	0.98 **	0.73 *	-0.05	-0.07
H 值										1.00	0.59	-0.04	0.02
叶黄素											1.00	-0.12	-0.41
玉米黄素												1.00	-0.52
β-胡萝卜素													1.00

注: * 表示在 0.05 级别(双尾)相关性显著; ** 表示在 0.01 级别(双尾)相关性显著。

3 讨论与结论

半斤桃成熟期果肉色差、类胡萝卜素组分及其含量的检测数据已在前期发表^[15],本研究是针对已发表数据,结合检测的光质进一步深入分析。2 个处理所用纸袋不同,其透过纸袋的照度和光质也明显不同。处理Ⅰ(黄色单层袋)的光质系数分别为50%照度、20%蓝光、50%红光;处理Ⅱ(外黄内黑双层袋)的光质系数分别为0照度、0蓝光、0红光。

不同光质纸袋处理不仅减少果实的病虫害危害^[8],同时为果实的生长发育提供不同的光质环境。但不同的照度和光谱对半斤桃果实的硬度、果肉色泽均没有影响,对果实的单果质量影响存在差异。马瑞娟等对‘Flavortop’油桃套袋处理也表明,不同光质果袋并未显著影响单果质量、带皮硬度和去皮硬度^[13];对霞光油桃进行外黄内黑双层袋套袋后,果实的单果质量提高,但对果实去皮、带皮硬度均没有影响^[8];张斌斌等也得到类似的结果^[14,19]。李秋

利等对映霜红桃进行套袋,结果表明,套袋会降低果实的硬度,且外黄内黑单层纸袋处理表现的最为显著^[20]。这与果树种类、品种、不同类型果袋透过的照度、光质以及果袋内的温度和湿度等的差异都存在一定关系^[19,21]。

光是植物生长发育过程中重要的环境影响因子^[22]。不同光质的纸袋处理会影响果实发育过程中的环境因子,尤其是光的照度和光质。植物组织存在着许多光受体,不同波段的光质及其不同组合形成不同的光信号刺激和诱导不同的光受体,如隐花色素、向光素等能接收蓝光、近紫外光,UVR8能感受紫外光,远红光光敏色素能接收红光以及远红光^[23],这些都影响和调节着植物生长发育的各个部位与各个阶段^[24]。虽然对半斤桃果肉的色泽没有明显的影响,但对果肉类胡萝卜素不同组分及其含量影响不同。其中,处理Ⅰ有利于半斤桃果实成熟期果肉玉米黄素含量的积累;处理Ⅱ有利于半斤桃果实成熟期果肉叶黄素含量的积累。此外,照度的强弱与果肉叶黄素含量呈负相关,与果肉 β -胡萝卜素含量呈正相关,进一步说明处理Ⅱ的条件有利于半斤桃果实成熟期果肉叶黄素含量的积累,但阻碍了果肉 β -胡萝卜素的合成。红光 650 nm 光谱吸收值与果肉色差 A 值、C 值、果肉叶黄素呈负相关,色差 A 值和 C 值与果肉叶黄素呈正相关,说明果实成熟时果肉叶黄素含量的积累主要受光质中的红光影响,且果肉叶黄素含量的累积会提高果肉红颜色饱和度、色彩饱和度。处理Ⅰ提高了半斤桃果实成熟期果肉玉米黄素含量,但处理Ⅱ对果肉玉米黄素含量没有影响;照度的强弱、光谱与果肉玉米黄素含量均不存在相关性。表明处理Ⅰ能提高半斤桃果实成熟期果肉玉米黄素含量可能是试验误差造成,也可能是该条件处理下,温度、湿度等其他环境因素对果实发育过程产生影响,还有待进一步研究。

参考文献:

- [1]王力荣.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]沈志军,马瑞娟,俞明亮,等.桃三种肉色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.
- [4]Nagao A. Absorption and function of dietary carotenoids[J]. Forum of Nutrition,2009,61:55-63.
- [5]Nishino H, Murakoshi M, Tokuda H, et al. Cancer prevention by carotenoids[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics,2009,483(2):165-168.
- [6]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.
- [7]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變化分析[J].西北植物学报,2013,33(3):613-619.
- [8]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.
- [9]张斌斌,蔡志翔,沈志军,等.光质对红叶桃叶片呈色的影响[J].果树学报,2013,30(4):602-607.
- [10]Rapparini F, Rotondi A, Baraldi R. Blue light regulation of the growth of *Prunus persica* plants in a long term experiment: morphological and histological observations [J]. Trees, 1999, 14(3):169-176.
- [11]Poudel P R, Kataoka I, Mochioka R. Effect of red - and blue - light - emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2008, 92(2):147-153.
- [12]Schuerger A C, Brown C S, Stryjewski E C. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light - emitting diodes supplemented with blue or far - red light [J]. Annals of Botany, 1997, 79(3):273-282.
- [13]马瑞娟,张斌斌,严娟,等.光质对‘Flavortop’油桃果实着色及品质的影响[J].经济林研究,2014,32(3):109-113.
- [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.
- [15]颜少宾,张好艳,马瑞娟,等.不同透光率纸袋对红肉桃果肉色泽及类胡萝卜素组分的影响[J].福建农业学报,2020,35(10):1086-1092.
- [16]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.
- [17]Voss D H. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart [J]. HortScience, 1992, 27(12):1256-1260.
- [18]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.
- [19]张斌斌,蔡志翔,马瑞娟,等.套袋对晚熟桃霞晖8号果实品质的影响[J].江西农业学报,2014,26(12):46-49,58.
- [20]李秋利,高登涛,魏志峰,等.不同套袋处理对映霜红桃果实品质的影响[J].河南农业科学,2017,46(12):95-102.
- [21]李桂祥,马瑞娟,俞明亮,等.套袋对桃果实品质影响的研究进展[J].江苏农业科学,2011,39(6):265-267.
- [22]陆佳岚,马成,陶明煊,等.不同光温条件对水稻9311产量及品质的影响[J].江苏农业学报,2020,36(3):535-543.
- [23]Kami C, Lorrain S, Hornitschek P, et al. Light - regulated plant growth and development [J]. Current Topics in Developmental Biology, 2010, 91:29-66.
- [24]陈祥伟,刘世琦,成波,等.不同LED光源对小白菜生长及品质的影响[J].长江蔬菜,2013(16):36-40.