

套袋对油梨果实生长发育及 品质动态变化的影响

李德友, 张少峰, 冯春莹, 王 锋, 刘康德, 吴 凡, 李萃玲, 李绍鹏, 李茂富*

(海南大学 热带农林学院, 海口 570228)

摘 要:以‘Pollock’油梨为试验材料, 在第2次生理落果后采用无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋3种套袋材料对果实进行套袋处理, 并定期测定油梨的果实色泽参数、果形指数、果皮色素含量以及果实可溶性糖、可溶性固形物、Vc、脂肪和可溶性蛋白质含量等内外品质指标的变化, 探讨不同套袋材料对油梨果实生长发育过程中外观品质和内在品质的影响, 为油梨高产优质栽培提供理论依据。结果表明: (1) 3种套袋材料均能显著促进油梨果实的生长, 显著提升成熟果实的单果重, 但对果实生长发育趋势及成熟期无显著影响。(2) 无纺布袋套袋可显著提升油梨果实的果形指数, 其余2种套袋材料效果不显著; 牛皮纸袋套袋虽能显著增大果实亮度, 但会使果皮变黄; 白纸袋和无纺布袋可提升果实亮度, 但与对照无显著差异。(3) 无纺布袋和白纸袋套袋处理可显著提高油梨果皮类胡萝卜素、叶绿素及果肉可溶性糖、可溶性固形物、Vc、脂肪、可溶性蛋白质含量; 牛皮纸袋套袋也可显著提高油梨果肉可溶性固形物、可溶性糖、脂肪及可溶性蛋白质含量, 但也显著降低了果皮叶绿素含量和果肉Vc含量, 并抑制果皮类胡萝卜素的合成积累。(4) 各套袋材料还可改变油梨果皮厚度, 其中牛皮纸袋可显著提高果皮厚度, 无纺布袋和白纸袋则降低果皮厚度, 但各材料对果肉密度均无显著性影响。(5) 隶属函数法综合分析显示, 各套袋处理中以无纺布袋套袋效果最佳, 白纸袋次之。研究发现, 3种套袋材料均可显著促进油梨果实的生长发育, 改善油梨果实的外观品质及内在品质, 并且以无纺布袋套袋综合效果最佳。

关键词:套袋; 油梨; 外观品质; 内在品质

中图分类号: Q945.6⁺5; Q945.79 **文献标志码:** A

Effect of Bagging on Growth and Dynamic Change in Quality of Avocado Fruits

LI Deyou, ZHANG Shaofeng, FENG Chunying, WANG Feng,
LIU Kangde, WU Fan, LI Cuiling, LI Shaopeng, LI Maofu*

(College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: Using non-woven bag, white paper bag, kraft paper bag separately covered the ‘Pollock’ avocados after the second physiological drop, we measured regularly the changes of internal and external quality indexes such as fruit color parameters, fruit shape index, and the content of pericarp pigment, soluble sugar, soluble solids, Vc, fat, soluble protein. The purpose is that studies on the effect of different bagging materials on the growth and development process of avocado fruit in the appearance quality and internal quality. It aims to provide a theoretical basis for high quality cultivation of avocado. The results showed

收稿日期: 2017-10-28; 修改稿收到日期: 2017-12-09

基金项目: 农业部物种资源保护(热带作物)项目(151721301354051707)

作者简介: 李德友(1991-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事果树栽培生理与分子生物学研究。E-mail: leedeyousc@126.com

* 通信作者: 李茂富, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事果树种质资源、栽培与生理研究。E-mail: hafu98022@126.com

that: (1) the three kinds of bagging materials could significantly promote the growth of avocado fruit. They significantly increased the single fruit weight of mature fruit, but there is not significant effect on the growth and development and maturity on avocados. (2) Non-woven bags could significantly improve the fruit shape index of avocados, while the other two bagging materials did not. Although the kraft paper bag could significantly increase the brightness of fruit, but would make the pericarp turn yellow. White paper bags and non-woven bags could increase fruit brightness, but they were not significantly different from the control group. (3) Non-woven bags and paper bag processing could significantly improve carotenoids and chlorophyll in pericarp, soluble sugar, soluble solids, VC, fat and soluble protein contents in pulp of avocado. Kraft paper bag also could significantly improve soluble solids, soluble sugar, soluble protein and fat contents in pulp of avocado, while reducing the chlorophyll content in pericarp and Vc content in pulp, inhibition of carotenoid synthesis and accumulation in pericarp. (4) All bagging materials could also change the avocado pericarp thickness. The kraft paper bags could significantly improve the pericarp thickness, while non-woven bags and white paper bags have reduced the pericarp thickness. All bags had no significant effect on pulp's density. (5) According to the comprehensive analysis of membership function method, the results indicated that non-woven fabric bags are optimum bagging materials, and the white paper bags are the second. These results greatly enriched the suitable bagging materials can significantly promote the avocado's growth and development, improving the appearance quality and internal quality of avocado fruit. In this experiment, the effect of non-woven bag bagging is the best.

Key words: bagging; avocado; appearance quality; internal quality

油梨(*Persea americana* Mill.)为樟科油梨属常绿果树,原产中美洲。中国1918年开始引种,如今在台湾、海南、广东、广西、福建、云南等省均有栽培,其中以台湾、海南为最多^[1]。油梨果实富含油脂、蛋白质、矿物质以及多种维生素,如维生素A、维生素B₂、维生素B₆、维生素C、维生素D等,有“森林奶油”的美誉^[2]。根据中国海关数据统计,2016年中国进口油梨达2.5万t,较上一年猛增57.16%。但目前油梨栽培过程中发现,油梨果实生长过程枝叶摩擦导致果皮机械损伤较为严重,并易发生蓟马、油梨蚜、尺蠖等虫害,以及炭疽病、疫霉果腐病、煤烟病、尾孢斑点病等真菌引起的病害,影响果实生长发育及成熟果实内外品质。导致中国栽培的油梨果实品质低于墨西哥、秘鲁等地所产的油梨果实,但中国油梨尚处于推广种植阶段,有关油梨栽培相关的研究较少,故急需探索提高中国油梨果实品质的有效措施。

套袋是生产优质无公害果蔬,提高其商品性的一项重要栽培措施。李磊等^[3]、陈志杰等^[4]试验研究结果显示,利用套袋技术不仅能够减少果实类果蔬病虫害的发生、降低农药残留量,而且能提高果实产量和品质,目前已广泛应用于梨^[5]、桃^[6]、苹果^[7]、芒果^[8-10]和果实类蔬菜^[3-4]等生产栽培中,以提高果实表面亮度、光洁度、色度^[7]等外观品质及维生素C^[9-10]、游离氨基酸^[11]、蛋白质^[12]等内含物含量。

故本研究选取了无纺布袋、白纸袋、外黄内黑牛

皮纸袋作为套袋材料,在第2次生理落果后对油梨果实进行单果套袋处理,其后分析每种套袋处理对油梨果实生长发育过程中外观及其内在品质的影响,以探索切实有效提高油梨果实品质的适宜套袋袋型,为油梨高产优质栽培提供科学理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与仪器

试验于2016、2017年4~8月在海南大学儋州校区油梨种质资源圃进行,以生长健壮、坐果良好的6年生‘Pollock’油梨(共砧)品种为材料,于第2次生理落果后(盛花后30d)分别用白纸袋、无纺布袋、牛皮纸袋进行套袋处理(表1),以不套袋作对照处理,3株为1个重复,重复3次。套袋前喷施吡虫啉和农用链霉素于果面,待药液晾干后,选择大小基本一致的幼果进行套袋,每一棵树分别用3种袋型在树体外围各个方位随机套袋,每棵树每种套袋材料处理60个果。套袋后每10d每重复每个处理选取3个果实观测其生长发育相关指标,至果实成熟为止,其中以成熟果实观测果皮厚度与果肉密度。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 果实外观指标 果皮色泽参数采用CR-400色彩色差计(柯尼卡美能达株式会社,日本)测定果实顶部、底部、赤道四周共6处果皮色泽,每个点均需测L*、a*、b*值。参照Mcguire计算h°值(色度角)^[13]。其中,a*为正值表示红/紫色,负值表示绿

表 1 3种套袋材料资料

Table 1 The information of three kinds of bag materials

果袋类型 Type of bag	规格 Size/cm	层数 Layer	果袋特性 The characteristic of the bag	透光率 Transmittance/%	生产商 Manufacturer
无纺布袋 Non-woven Bag	30×22.5	单层 monolayer	白色,透气性、透水性良好 white, breathability and water permeability is good	84.2	东营三元制袋 Dongying Sanyuan seedling Co., Ltd.
白纸袋 White paper bag	30×22.5	单层 monolayer	白色,木浆纸 white, wood pulp paper	75.5	青岛小林制袋 Qingdao Kobayashi bag Co., Ltd.
牛皮纸袋 Kraft paper bag	30×22.5	双层 double-deck	外黄内黑,牛皮纸 the outside is yellow, the inside is black, kraft paper	0.3	青岛小林制袋 Qingdao Kobayashi bag Co., Ltd.

色;L*代表的是亮度,L*值越小,颜色越暗;h°代表的是色度角,用以表示不同的比色所得到的色相,越接近于180°,颜色越接近纯绿色。采用150型数显游标卡尺(哈尔滨量具刀具集团有限责任公司,中国)测定果皮厚度,同时用排水法测定果肉密度。

1.2.2 果实内含物质含量 果实维生素C含量采用2,6-二氯酚法测定^[14];可溶性糖含量用蒽酮比色法测定,蛋白质含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定,丙酮提取法测定果皮叶绿素、类胡萝卜素含量^[15];果肉脂肪含量采用SOX406型脂肪测定仪(济南海能仪器股份有限公司,中国)测定^[16];果实可溶性固形物含量采用PAL-1型手持数显折光仪(爱宕株式会社,日本)测定。

1.2.3 套袋效果的隶属函数综合分析 套袋对油梨果实的内外品质影响采用隶属函数法进行综合评价^[17],其公式为:

$$A \quad U_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j \min}}{X_{j \max} - X_{j \min}} \quad (\text{正相关})$$

$$B \quad U_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j \min}}{X_{j \max} - X_{j \min}} \quad (\text{负相关})$$

式中: U_{ij} 表示*i*套袋处理*j*指标的隶属函数值; X_{ij} 表示*i*套袋处理*j*指标的测定值; $X_{j \min}$ 表示所有套袋处理*j*指标的最小值; $X_{j \max}$ 表示所有套袋处理*j*

指标的最大值;*i*表示某个套袋处理;*j*表示某项测定指标。根据上述公式先分别计算出各套袋处理的14项指标的隶属度,然后取同种套袋处理的14项指标的隶属度做算术平均数作为平均隶属度。

1.3 数据处理

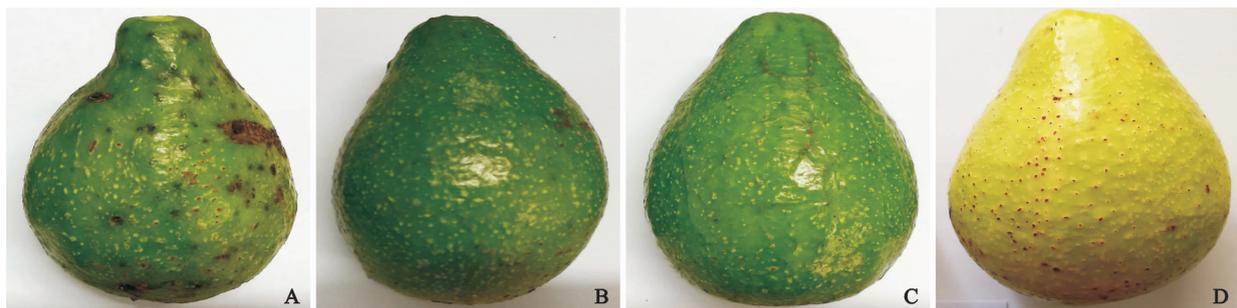
采用Excel 2003统计软件分析所有数据,制作图表,应用SPSS 15.0软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同套袋处理对油梨果实外观品质的影响

2.1.1 果实外观品质 由图1可以看出,至套袋后100 d,不套袋处理的油梨果实表面具有机械伤,发生较严重病斑,果皮色泽较暗淡,外观品质较差;无纺布袋和白纸袋套袋处理的果实果形更加匀称,果表光亮洁净,无机械损伤,无病害和虫害影响,颜色比对照更绿;牛皮纸袋套袋处理果皮呈黄色,虽无病虫害,但有轻微点状机械伤,可能是牛皮纸材料硬度偏大,与果皮微凸的油胞摩擦所致。由此可见,无纺布袋和白纸袋套袋可有效防治油梨病虫害,提高果实外观品质。

2.1.2 单果重量和果形指数 油梨果实生长过程为单“S”型生长曲线,各套袋处理有利于油梨果实单



A. 对照;B. 无纺布袋处理;C. 白纸袋处理;D. 牛皮纸袋处理

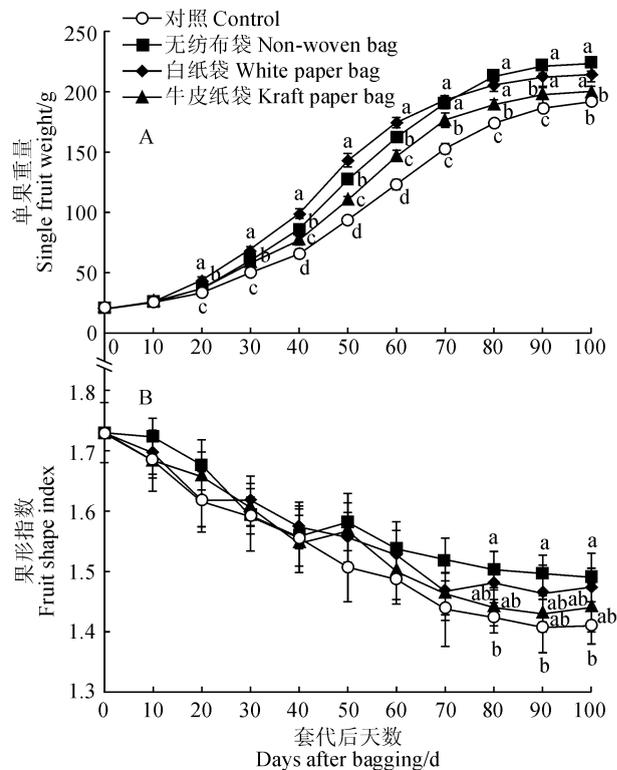
图1 套袋100 d后‘Pollock’油梨果实外观

A. Control group; B. Covered with the non-woven bag; C. Covered with the white paper bag; D. Covered with the kraft paper bag

Fig. 1 ‘Pollock’ avocado fruit appearance after bagging 100 days

果重量的增长,但未改变油梨生长发育趋势(图 2, A)。其中,从套袋后第 20 天,无纺布袋、白纸袋与牛皮纸袋套袋处理的单果重即已显著高于对照,至套袋后第 100 天,无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋套袋处理单果重分别较对照高出了 16.5%、12.0%、4.5%。另一方面,由图 2, B 可知,无纺布套袋处理油梨果实的果形指数于套袋后 80 d 开始显著提升,至套袋后第 100 天时,其果形指数比对照增加了 5.7%,其余两种套袋材料对油梨果实果形指数则无显著影响。由此可见,无纺布套袋能够有效促进油梨果实的生长,提高其果形指数,从而增加其商品价值。

2.1.3 果皮厚度和果肉密度 由表 2 可知,油梨果实成熟时,无纺布袋、白纸袋套袋处理油梨果实果皮厚度分别比对照显著降低了 12.3% 和 7.8%,其中无纺布袋处理达极显著差异水平;而同期牛皮纸袋套袋处理果皮厚度却比对照增加了 9.7%,并达极显著差异水平;同时,牛皮纸袋处理的果皮厚度也极



图中同期不同小写字母表示处理间在 0.05 水平存在显著性差异($P < 0.05$),下同

图 2 套袋油梨果实单果重量(A)和果形指数(B)的变化

The different normal letter within same period represent the significant difference among treatments at 0.05 level($P < 0.05$), the same as below

Fig. 2 The fruit weight (A) and fruit shape index (B) of bagging avocado

显著高于其余 2 种套袋材料处理。另一方面,各套袋处理对油梨果肉密度影响均不显著。由此可见,套袋处理可以影响油梨果实果皮的厚度,但对其果肉密度无显著影响。

2.1.4 果实色泽 Pollock 油梨为绿熟果实,在油梨果实生长发育成熟过程中,果皮颜色由最初的深绿逐渐变为浅绿,色泽参数 a^* 逐渐增大(图 3, B)。与对照相比,无纺布袋、白纸袋套袋处理显著提高了整个生长过程中果实的 a^* 值,至套袋后第 100 天时,分别较对照提高了 22.4% 和 24.5%,牛皮纸袋套袋处理则显著降低了果实的 a^* 值。其次,从参数色度角(h°)来看,油梨生长发育过程中色度角呈逐渐下降趋势,白纸袋和无纺布袋套袋处理油梨果实的 h° 呈缓慢下降趋势,而牛皮纸袋套袋果实 h° 从套袋开始至第 20 天期间急剧下降,并与各处理之间差异达到显著水平(图 3, C)。另外,由图 3, A 可知,无纺布袋、白纸袋套袋处理对油梨果实亮度(L^*)影响不显著,而牛皮纸袋套袋后 20 d 内,果实亮度急剧提高,较对照提高了 35.9%,这可能由于牛皮纸套袋后使得油梨果皮表面蜡质化,从而使得亮度大幅提高。

2.2 不同套袋处理对油梨果实内在品质的影响

2.2.1 果皮色素含量 首先,叶绿素是油梨果实果皮中主要的色素物质,果皮颜色的深浅与其呈正相关关系。由图 4, A、B 可知,在套袋后 30 d 生长期,油梨果皮叶绿素含量快速下降,而类胡萝卜素快速合成积累。其中,套袋后第 30 天,牛皮纸套袋处理果皮叶绿素含量(0.142 mg/g)比对照(0.341 mg/g)

表 2 套袋油梨果实果皮厚度和果肉密度的变化

Table 2 The fruit pericarp thickness and pulp density of bagging avocado

处理 Treatment	果皮厚度 Pericarp thickness /mm	果肉密度 Pulp density /(g/cm ³)
对照 Control	1.54 ± 0.06bB	0.928 ± 0.053a
无纺布袋 Non-woven bag	1.35 ± 0.04cC	0.937 ± 0.025a
白纸袋 White paper bag	1.42 ± 0.05cBC	0.915 ± 0.040a
牛皮纸袋 Kraft paper bag	1.69 ± 0.06aA	0.921 ± 0.006a

注:同列小写和大写字母分别表示处理间在 0.05 和 0.01 水平存在显著性差异

Note: The normal and capital letters within same column represent the significant difference among treatments at 0.05 and 0.01 levels, respectively

极显著减少了 58.4% ($P < 0.01$), 其后表现为白纸袋 > 无纺布袋 > 对照 > 牛皮纸袋。至果实成熟时, 各处理果皮叶绿素含量逐渐减少, 此时白纸袋与无纺布袋处理之间差异不显著, 但两者分别比对照组显著高出 27.5% 和 18.1%。

其次, 白纸袋和无纺布袋套袋处理及对照油梨果皮类胡萝卜素逐渐积累, 而牛皮纸袋处理呈逐渐减少趋势 (图 4, B)。其中, 在套袋后 60 d 时, 白纸袋、无纺布袋处理和对照组类胡萝卜素含量均达到峰值, 此时分别为 100.73、110.00 和 91.48 $\mu\text{g/g}$, 而同期牛皮纸袋处理达到最低值 (22.96 $\mu\text{g/g}$), 各处理之间差异达显著水平; 套袋后 60~100 d, 白纸袋、无纺布袋处理和对照组果皮类胡萝卜素含量逐渐

减少, 而牛皮纸袋处理基本维持在较低水平。在整个生长期内各处理间类胡萝卜素含量始终表现为无纺布袋 > 白纸袋 > 对照 > 牛皮纸袋, 且同期处理与对照大多差异显著。由此可见, 白纸袋和无纺布有助于油梨果实叶绿素和类胡萝卜素的积累, 提高了果

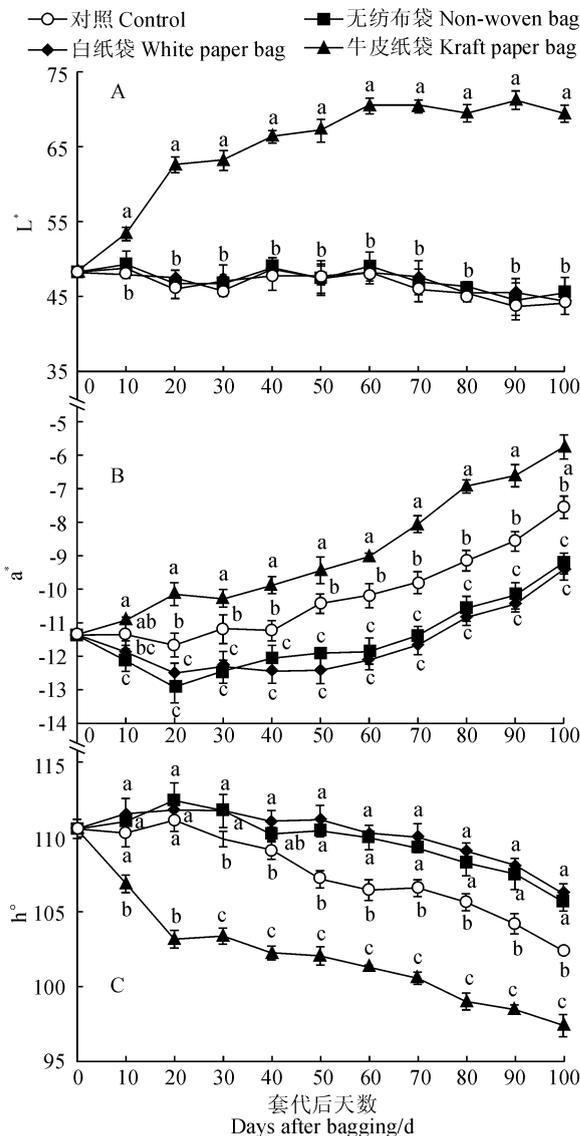


图 3 套袋油梨果实亮度 L^* (A)、色泽参数 a^* (B) 和色度角 h° (C) 的变化

Fig. 3 The fruit brightness L^* (A), a^* (B) and hue angle h° (C) of bagging avocado

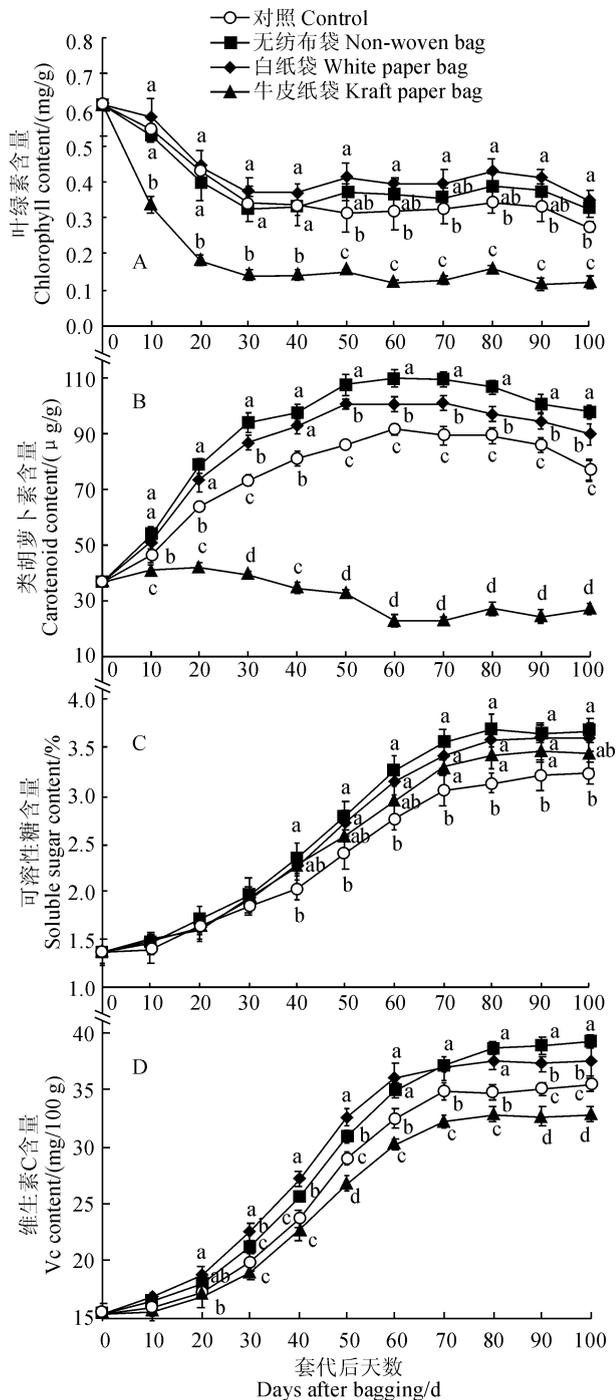


图 4 套袋油梨果实果皮叶绿素 (A) 与类胡萝卜素 (B) 及果肉可溶性糖 (C) 与维生素 C (D) 含量的变化

Fig. 4 The fruit chlorophyll (A) and carotenoid (B) contents in pericarp, and soluble sugar (C) and vitamin C (D) contents in pulp of bagging avocado

皮色素含量;而牛皮纸袋套袋不利于油梨果实叶绿素的积累,并会抑制类胡萝卜素的合成积累。

2.2.2 果肉可溶性糖含量 油梨属于含糖量偏低的果实。套袋并没有改变油梨果实可溶性糖合成与积累趋势的变化(图 4,C)。其中,油梨果实可溶性糖的快速合成与积累期为套袋后 20~80 d,至套袋处理第 40 天时,各套袋处理均促进了油梨可溶性糖的积累。至套袋后第 80 天时,无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋处理果实可溶性糖含量分别较对照组显著提高了 17.9%、14.0%、9.6%,而各处理间差异不显著。至成熟时(套袋后 100 d),无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋处理与对照组可溶性糖含量分别为 3.68%、3.60%、3.44%、3.23%,无纺布袋、白纸袋处理显著高于对照。可见,套袋可以促进油梨果实糖的积累,其中以无纺布袋效果最佳,白纸袋次之。

2.2.3 果肉维生素 C 含量 油梨果实维生素 C (Vc) 的快速积累期为套袋后第 20 至 70 天,其后至成熟期时无显著变化(图 4,D)。其中,白纸袋和无纺布袋处理果肉 Vc 含量于套袋后 30 d 时即开始显著高于对照,它们在套袋第 100 天成熟时分别为 39.18 和 37.43 mg/100 g,分别比同期对照提高了 9.9% 和 19.1%;牛皮纸袋套袋处理后果肉 Vc 含量一直显著低于对照及其他处理,于套袋后 50 d 即开始显著低于对照,至套袋后 100 d 成熟时,其 Vc 含量(33.71 mg/100 g)比对照显著降低了 7.1%。由此可知,无纺布袋和白纸袋套袋处理有助于油梨果实 Vc 的合成与积累,并以白纸袋效果最佳,而牛皮纸袋处理不利于 Vc 的合成与积累,这可能与牛皮纸袋套袋后形成的微环境有关。

2.2.4 果实脂肪含量 油梨果实富含多种不饱和脂肪酸,含油量是评价油梨果实品质的重要指标之一。由图 5,A 可知,油梨果实脂肪快速积累期为套袋后第 30~80 天;套袋处理未改变脂肪的积累趋势,但促进了油梨脂肪的合成积累。其中,无纺布袋和白纸袋套袋处理果实脂肪含量从套袋后第 40 天至成熟期均显著高于对照,它们至成熟时(套袋后第 100 天)较对照组分别显著高出了 12.5% 和 8.9%;同期牛皮纸袋套袋处理虽略高于对照,但差异不显著,由此可见,套袋处理有利于油梨果实脂肪的积累,本试验中以无纺布套袋材料处理增油效果最佳。

2.2.5 果实可溶性固形物含量 不同套袋处理改变了油梨果实生长发育过程中可溶性固形物含量的变化趋势,均提高了果实的可溶性固形物含量(图 5,B)。其中,牛皮纸袋套袋处理果实可溶性固形物

含量快速增长期为套袋后第 40~60 天,白纸袋处理为第 50~70 天,无纺布袋处理为第 60~90 天,对照则出现在第 60~80 天。至套袋后第 100 天时,无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋处理油梨果实的可溶性固形物含量较对照分别显著提高了 18.0%、13.85%、15.38%。由此可见,套袋可以使油梨果实可溶性固形物的快速积累期提前,从而显著提高成熟时果实的可溶性固形物含量。

2.2.6 果实可溶性蛋白质含量 油梨果实可溶性蛋白质快速积累期为套袋后第 40~70 天,套袋提高了果实的蛋白质含量,但未改变增长趋势(图 5,C)。其中,从套袋后第 50~100 天,各套袋处理果实可溶性蛋白含量均显著高于对照,无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋处理的可溶性蛋白质含量至套袋后第 100 天

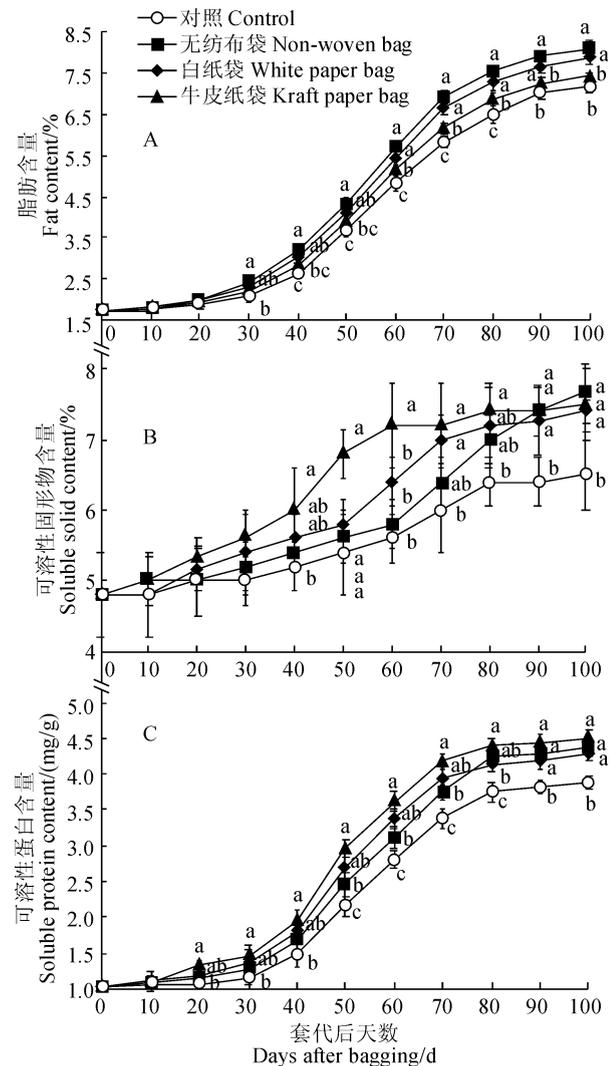


图 5 套袋油梨果实脂肪(A)、可溶性固形物(B)、可溶性蛋白质(C)含量的变化

Fig. 5 The fruit fat (A), soluble solids (B) and soluble protein (C) content of bagging avocado

表 3 套袋油梨果实内外品质隶属函数综合评价表

Table 3 Mean value of membership function of fruit quality of bagging avocado

指标 Indicator	对照 Control	无纺布袋 Non-woven Bag	白纸袋 White paper bag	牛皮纸袋 Kraft paper bag
果实重量 Single fruit weight	0	1	0.73	0.27
果形指数 Fruit shape index	0	1	0.79	0.38
果皮厚度 Pericarp thickness	0.44	1	0.79	0
果肉密度 Pulp density	0.59	1	0	0.38
果实亮度(L*)Fruit brightness(L*)	0	0.05	0.01	1
a* 值 a* value	0.49	0.95	1	0
色度角(h°)Hue angle	0.57	0.94	1	0
叶绿素含量 Chlorophyll content	0.67	0.89	1	0
类胡萝卜素含量 Carotenoid content	0.7	1	0.89	0
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0	1	0.83	0.46
维生素 C 含量 Vitamin C content	0.4	1	0.72	0
脂肪含量 Fat content	0	1	0.71	0.26
可溶性固形物含量 Soluble solids content	0	1	0.77	0.86
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content	0	0.8	0.66	1
隶属函数平均值 Mean value of membership function	0.275 7	0.902 1	0.707 1	0.329 3

时比对照分别提高了 12.6%、10.3%、15.7%。由此说明套袋可以促进油梨果实可溶性蛋白质的积累,其中以牛皮纸袋效果最好,无纺布袋次之。

2.3 套袋对油梨果实内外品质影响的综合评价

以不同材料套袋处理油梨果实各指标测定值为基础,使用成熟期(套袋后 100 d)各指标测定值计算隶属函数值(表 3),对油梨果实的外观和内在品质进行综合评价。结果显示,对照、无纺布袋、白纸袋、牛皮纸袋套袋处理的油梨果实内外品质平均隶属函数值分别为 0.275 7、0.902 1、0.707 1、0.329 3,其中以无纺布袋套袋处理平均隶属函数值最大,说明无纺布袋套袋处理对油梨果实的内外品质综合影响效果最佳。

3 讨论

3.1 套袋油梨果实的生长特征

关于套袋处理对果实单果重和大小影响,已有的研究结果存在着分歧。徐红霞等^[18]在‘白玉’枇杷套袋处理的研究中发现,不同材料套袋均使果实单果重不同程度减小。但 Mingire 等^[9]研究结果表明,报纸袋和无纺布袋套袋处理均能显著促进芒果的果实大小和单果重量,这与本试验研究结果一致。温度是影响果实生长发育和成熟的最重要的环境因素之一,果实的生长速度通常受果温的影响。

Tazuke 等^[19]研究发现,在 5 °C~30 °C 之间,黄瓜果实的相对生长率随着温度的升高几乎呈线性关系。陈赫楠^[11]和刘曼曼^[20]等研究表明,牛皮纸袋在白天显著提高了袋内温度和夜间袋内湿度,白纸袋、无纺布袋袋内温度和湿度在白天和夜间变化较小。由此可推知,不同种类果实生长所需最适温度不同,导致套袋对果实生长影响存在差异。

同时,本研究发现套袋还影响油梨果皮的厚度,但不影响其果肉密度,其中牛皮纸袋可显著增加油梨果皮厚度,而无纺布袋则使油梨果皮变薄(表 1),这与朱春华^[21]等应用牛皮纸袋套袋增加‘尤力克’柠檬果皮厚度及刘和平等^[22]应用无纺布袋套袋减小‘双肩玉荷包’荔枝果皮厚度的研究结论一致。根据 Espinosa-Velázquez 等^[23]对油梨未成熟果和成熟果果皮结构研究结果,油梨未成熟果实果皮由 1 层表皮细胞垂直排列,并覆盖着 1 层较厚的角质层,以及 3 层长细胞构成的皮下组织组成,角质层形成 1 层蜡状薄膜;成熟的果实果皮表皮细胞面积减小,细胞壁增厚且细胞壁呈木质化状态,角质层较薄,3 层长细胞的细胞壁同时也高度木质化,形成厚壁组织。Schroeder^[24]对油梨果皮解构研究结果显示,油梨果皮厚皮与薄皮之间的差异主要为表皮细胞下的厚壁组织细胞(细胞木质化为石细胞)的数量和密度。Medina-Carrillo 等^[25]对‘Hass’油梨果实生长发育

过程中果皮代谢产物的研究认为,温度和太阳辐射的增加,使得‘Hass’油梨果实果皮厚度和粗糙程度增大,木质素含量增加。本研究中牛皮纸袋套袋处理后,油梨果实果皮增厚,果实亮度增加,牛皮纸袋处理使得袋内具有较高的温度,油梨果实可能为适应袋内高温高湿环境而促使油梨果实 PPO 和 POD 活性增加,致使果实皮层细胞分泌的蜡质和木质素增加,进而果实亮度增加;木质素的增加和积累使表皮细胞下的组织细胞木质化程度提高,果皮增厚。张华云等^[26]研究结果表明,白纸袋套袋显著降低了莱阳茌梨果实中 PPO 和 POD 的活性,抑制了木质素的合成,使木栓化细胞木质化程度降低,角质层也变薄,从而使果实果皮相对变薄,这与本试验研究结果一致。

3.2 套袋油梨果实外观品质特征

在一定光强范围内,果皮叶绿素含量与光照强度呈正相关,当光照过强时,易发生光抑制现象^[27],Takshak 等^[28]对南非醉茄的研究认为增强 UV-B 辐射会导致其叶片的叶绿素浓度降低。Stintzing 等^[29]对花青素的研究发现,花青素对叶绿体有掩蔽作用,可以防止光照过强而导致的光抑制现象发生,而本试验采用的无纺布袋和白纸袋,其分别降低了油梨果实的 15.8% 和 24.5% 的光照强度,防止了光抑制现象,从而促进了果皮色素的合成与积累。果实果皮中的叶绿素、类胡萝卜素、类黄酮(花青苷)等色素以特有的比例组合,呈现出果实固有的色泽,油梨果实成熟的时候呈绿色,主要是由叶绿素含量的多少而主导决定,Huang 等^[30]研究结果表明,晚香玉的黄色由类胡萝卜素含量的多少决定,这与本试验中油梨果实生长前期叶绿素含量下降,类胡萝卜素含量上升的结果一致,进而果实表现为由深绿逐渐转为浅绿,主要表现在 a^* 值的逐渐增大。

本试验牛皮纸袋套袋处理的油梨在成熟期时果实已完全转黄,与对照相比差异较大,牛皮纸袋透光率为 0.3%,光照的缺失抑制了果实果皮色素的合成,影响了果实的外观品质质量。有研究表明,在后期去袋给以光照,果皮色素含量迅速上升,以叶绿素含量上升为主导的果实逐渐转绿,以花青苷含量上升为主导的果实逐渐转红,同时 β -隐黄质的积累快速增加促使了类胡萝卜素的快速积累,色素含量的增加使得果皮颜色加深^[31-32]。

另外,根据 Nava 等^[33]研究结果,利用透明塑料袋套袋能显著减少油梨织蛾引起的油梨虫害,本试验结果也表明,套袋可以有效防治病虫害对油梨果

实的危害,可能是因为一方面适宜袋型阻隔了蓟马、鳄梨织蛾等害虫对油梨果实的直接侵害,也防止了其他病原物对果实的直接侵染;另一方面防止了机械损伤的产生,降低了尾孢斑点病、炭疽病等分生孢子对果实的侵染概率。

3.3 套袋油梨果实内在品质特征

套袋给果实创建了一个微环境,改变了果实的温度、光照强度、湿度等条件,对于果实生长发育过程中内在品质合成与积累的影响,可能是由温度等某一因素或几个因素综合作用的结果。以脂肪酸的合成为例,合成路径中乙酰辅酶 A 羧化酶(ACCCase)是控制脂类合成速率的关键酶,是脂肪合成体系中的限速酶,其酶活性是控制脂肪酸合成的重要途径^[34]。研究表明,在一定范围内,ACCCase 活性随基质的 pH 和 Mg^{2+} 的浓度升高而增强。Poorter 等^[35]的研究认为,生物量分配到不同的植物器官取决于物种、个体发育阶段和植物所经历的环境,植物对水分和养分物质等的利用存在着一种功能平衡作用,当某种营养物质或水分限制植物生长时,植物会合理利用现有的资源,优先分配给能够获取这种资源的器官。无纺布袋和白纸袋套袋降低了油梨果实光照强度,叶绿素合成的增加促使果实需要更多的镁元素,我们推测在这个阶段,镁元素向果皮转运的过程中部分转运至了果肉中,激活了 ACCCase 等酶的活性,从而促进了脂肪酸等物质的合成与积累。

部分研究表明^[9-12],套袋处理同时也增加了果实蛋白质、游离氨基酸、Vc、可溶性固形物、可溶性糖的含量。同时也有一些相反的结果,如林存峰^[36]研究认为,牛皮纸袋套袋处理降低了锦丰梨的可溶性固形物含量和可溶性糖含量,朱世江等^[2]利用 11 种不同的袋型对香蕉进行套袋处理,所有套袋均降低了香蕉的可溶性固形物含量,其影响机制还需要进一步探讨验证。对于套袋是否对果实 pH 有影响从而影响相关酶活性的机制还需要进一步进行试验验证。另外一方面,在一定温度范围内,酶活性随着温度的升高逐渐增强,而套袋既然提高了袋内温度,同时也可能存在着因温度升高而提高酶活性的机制,这也有待进一步试验验证。

本研究表明,套袋仅增加或降低了油梨果实内含物质的含量,对于果实生长内含物质积累的趋势没有改变。白纸袋和无纺布袋套袋处理促进了内含物的积累,这与 Jakhar 等^[10]研究结果一致。牛皮纸袋能够提高果实部分内含物品质,这与 Chonhenchob^[8]研究结果一致,但本试验结果表明,牛皮纸袋

套袋处理降低了油梨果实可溶性糖、Vc的含量。

综上所述,套袋能显著改善果实的外观品质,至于套袋对果实内在品质影响的差异,这可能与套袋的材料、套袋的时期、作物品种、栽培管理技术以及

不同区域的气候差异等因素有关。本研究中,无纺布套袋处理油梨后,促进了果实叶绿素的积累,提高了果实的光洁度,显著的改善了果实的外观品质及主要内在品质。

参考文献:

- [1] 王思明. 美洲原产作物的引种栽培及其对中国农业生产结构的影响[J]. 中国农史, 2004, **23**(2): 16-27.
WANG S M. Introduction of the American-originated crops and its influence[J]. *Agricultural History of China*, 2004, **23**(2): 16-27.
- [2] 朱世江, 马丽艳, 刘少群. 不同套袋对香蕉主要品质和耐贮性的影响[J]. 农业工程学报, 2009, **25**(7): 304-307.
ZHU S J, MA L Y, LIU S Q. Effects of different bagging treatments on main quality indices and storability of banana fruit[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, **25**(7): 304-307.
- [3] 李磊, 陈泰运, 牛黎明, 等. 苦瓜套袋防治瓜实蝇和南瓜实蝇的效果评价[J]. 植物保护, 2015, **41**(6): 225-229.
LI L, CHEN T Y, NIU L M, et al. Effect evaluation of bagging for control of *Bactrocera cucurbitae* and *B. tau* on bitter melon[J]. *Plant Protection*, 2015, **41**(6): 225-229.
- [4] 陈志杰, 张淑莲, 梁银丽, 等. 果实类蔬菜套袋技术效果评价[J]. 西北植物学报, 2004, **24**(5): 850-854.
CHEN Z J, ZHANG S L, LIANG Y L, et al. Evaluate result on technique of bagging fruit vegetable[J]. *Acta Botanica Borali-Occidentalia Sinica*, 2004, **24**(5): 850-854.
- [5] HUANG C, YU B, TENG Y, et al. Effects of fruit bagging on coloring and related physiology, and qualities of red Chinese sand pears during fruit maturation[J]. *Scientia Horticulturae*, 2009, **121**(2): 149-158.
- [6] LI B, JIA H J, ZHANG X M. Effects of fruit pre-harvest bagging on fruit quality of peach (*Prunus persica* Batsch cv. Hujingmilu)[J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2006, **32**(3): 280-286.
- [7] 黄保娜, 陈佰鸿, 毛娟, 等. 套袋与采收期对‘新红星’苹果品质的影响[J]. 果树学报, 2015, **32**(5): 824-834.
HUANG B N, CHEN B H, MAO J, et al. Effects of bagging and harvest timing on fruit quality of ‘Starkrimson’ apple[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, **32**(5): 824-834.
- [8] CHONHENCHOB V, KAMHANGWONG D, KRUEENATE J, et al. Preharvest bagging with wavelength-selective materials enhances development and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai #4[J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2011, **91**(4): 664-671.
- [9] MINGIRE S S, HALDANKAR P M, PARULEKAR Y R, et al. Studies on influence of preharvest bagging of fruits on quality of mango cv. Ratna[J]. *Indian Journal of Horticulture*, 2017, **74**(2): 178.
- [10] JAKHAR M, PATHAK S. Effect of pre-harvest nutrients application and bagging on quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruits cv. Amrapali. [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2016, **18**(3): 717-729.
- [11] 陈赫楠. 套袋对薄皮甜瓜果实品质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [12] 胡青素, 谭晓风, 龚榜初. 不同套袋处理对甜柿果实品质的影响[J]. 林业科学研究, 2010, **23**(2): 209-214.
HU Q S, TAN X F, GONG B C. Effects of different bagging treatments on fruit quality of non-astringent persimmon[J]. *Forest Research*, 2010, **23**(2): 209-214.
- [13] MCGUIRE R G. Reporting of objective color measurements [J]. *HortScience*, 1992, **27**(12): 1 254-1 255.
- [14] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中抗坏血酸的测定: 第3部分 非书资料: GB 5009.86-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 8.
- [15] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品中脂肪的测定: 第1部分 非书资料: GB 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 12.
- [17] 张文娥, 王飞, 潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报, 2007, **24**(6): 849-853.
ZHANG W E, WANG F, PAN X J. Comprehensive evaluation on cold hardiness of vitis species by subordinate function (SF)[J]. *Journal of Fruit Science*, 2007, **24**(6): 849-853.
- [18] 徐红霞, 陈俊伟, 张豫超, 等. ‘白玉’枇杷果实套袋对品质及抗氧化能力的影响[J]. 园艺学报, 2008, **35**(8): 1 193-1 198.
XU H X, CHEN J W, ZHANG Y C, et al. Effects of bagging on fruit quality and antioxidant capacity in ‘Baiyu’ loquat[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, **35**(8): 1 193-1 198.
- [19] TAZUKE A, SAKIYAMA R. Effect of fruit temperature on the growth of cucumber fruits [J]. *Engei Gakkai Zasshi*, 1986, **55**(1): 62-68.
- [20] 刘曼曼. 光合影响因子对‘库尔勒香梨’产量品质的影响[D].

- 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2014.
- [21] 朱春华,李进学,高俊燕,等. 不同颜色套袋对柠檬秋花果实品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2011(21): 108-112.
ZHU C H, LI X J, GAO J Y, *et al.* Influences of bagging with different colors on fruit quality of autumn-flowering lemon [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2011 (21): 108-112.
- [22] 刘和平,补建华,胡桂兵. 套袋对‘双肩玉荷包’荔枝果实品质的影响[J]. 热带农业科学, 2016,36(5): 7-12.
LIU H P, BU J H, HU G B. Impacts of bagging on fruit quality of *litchi chinensis* Sonn. cv. 'Shuangjianyuhebao' [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2016,36(5): 7-12.
- [23] ESPINOSA-VELÁZQUEZ R, DORANTES-ALVAREZ, L, GUTIÉRREZ-LÓPEZ G F, *et al.* Morpho-Structural description of unripe and ripe avocado pericarp (*Persea americana* Mill var. *drymiifolia*) description[J]. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 2016,15(2):469-480.
- [24] SCHROEDER C A. The structure of the skin or rind of the avocado[J]. *California Avocado Society 1950 Yearbook*, 1950(34):169-176.
- [25] MEDINA-CARRILLO R E, SALAZAR-GARCÍA S, BONILLA-CÁRDENAS J A, *et al.* Secondary metabolites and lignin in 'Hass' avocado fruit skin during fruit development in three producing regions[J]. *HortScience*, 2017, 52(6): 852-858.
- [26] 张华云,王善广,牟其芸,等. 套袋对莱阳茺梨果皮结构和PPO、POD活性的影响[J]. 园艺学报,1996,23(01):23-26.
ZHANG H Y, WANG S G, MOU Q Y, *et al.* Effect of bagging on Laiyang pear pericarp's structure and PPO, POD activity[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1996,23(01): 23-26.
- [27] 华南农业大学. 果树栽培学各论(南方本第2版)[M]. 北京: 中国农业出版社. 1981. 51-52.
- [28] TAKSHAK S, AGRAWAL S B. Alterations in metabolite profile and free radical scavenging activities of *Withania somnifera*, leaf and root extracts under supplemental ultraviolet-B radiation [J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2015, 37(12): 260.
- [29] STINTZING F C, CARLE R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2004, 15(1): 19-38.
- [30] HUANG K L, MIYAJIMA I, OKUBO H, *et al.* Flower colours and pigments in hybrid tuberose (*Polianthes*) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2001,88(3): 235-241.
- [31] 王贵元,金铃,夏仁学. 套袋对纽荷尔脐橙果实品质的影响[J]. 亚热带植物科学, 2003,32(4): 8-10.
WANG G Y, JIN L, XIA R X. Effect of bagging on fruit quality of Newhall navel orange[J]. *Subtropical Plant Science*, 2003,32(4): 8-10.
- [32] 王武,邓烈,何绍兰. 套袋对果实品质的影响综述[J]. 中国南方果树, 2006,35(3): 82-86.
WANG W, DENG L, HE S L. A review of the effect of bagging on fruit quality[J]. *South China Fruits*, 2006, 35(3): 82-86.
- [33] NAVA D E, PARRA J R P, BENTO J M S, *et al.* Vertical distribution, damage and cultural control of *Stenomacatenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) in avocado grove [J]. *Neotropical Entomology*, 2006-08, 35(4): 516-522.
- [34] 刘泉. 引进油橄榄果肉油脂积累规律及相关合成酶活性的研究[D]. 四川雅安:四川农业大学,2012.
- [35] POORTER H, NAGEL O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review [J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 2000,27(6): 595-607.
- [36] 林存峰. 套袋对锦丰梨果实品质和养分含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008,43(2): 87-89.
LIN C F. Effects of bagging on quality and nutrient content of Jinfeng pear[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2008, 43(2): 87-89.

(编辑:裴阿卫)