

许建兰, 赵永富, 马瑞娟, 等. 高透气性果袋对桃果实微域环境和品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(5): 1233-1239.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.05.016

## 高透气性果袋对桃果实微域环境和品质的影响

许建兰<sup>1,2</sup>, 赵永富<sup>3</sup>, 马瑞娟<sup>1,2</sup>, 郭绍雷<sup>1,2</sup>, 张斌斌<sup>1,2</sup>, 张妤艳<sup>1,2</sup>, 茹鑫<sup>4</sup>

(1.江苏省农业科学院果树研究所, 江苏 南京 210014; 2.江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏 南京 210014; 3.江苏省农业科学院农业设施与装备研究所, 江苏 南京 210014; 4.南京林业大学生物与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 采用高透气性处理工艺制作微孔黄色和白色纸质果袋, 并对金陵黄露桃进行套袋试验。性能测试结果表明, 与普通果袋相比, 微孔果袋内的光热条件都得到显著改善。微孔果袋比普通果袋的透光率提高了16.3%~24.4%; 在40.1~45.0℃、45.1~50.0℃、>50.0℃ 3个高温区间, 微孔黄色、白色果袋内的温度累积时间比普通黄色、白色果袋分别减少1.8 h、1.0 h; 2.2 h、2.3 h; 3.2 h、3.2 h。套袋试验结果显示, 微孔果袋处理与普通果袋处理相比, 总糖含量、糖酸比增加, 但差异不显著, 但与不套袋对照相比, 差异缩小至无显著差异水平( $P>0.05$ ), 普通果袋处理的总糖含量、糖酸比与不套袋对照相比下降显著( $P<0.05$ ); 各处理之间, 有机酸含量变化不大( $P>0.05$ ); 果皮色泽方面, 微孔白袋处理优于普通白袋。总之, 与普通果袋处理相比, 桃果实通过微孔果袋处理提升了桃果实内在品质, 且外在品质没有降低。

**关键词:** 果袋; 透气; 透光; 微域环境; 糖酸; 品质

**中图分类号:** S662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)05-1233-07

## Effects of high permeability fruit bag on peach microdomain environment and fruit quality

XU Jian-lan<sup>1,2</sup>, ZHAO Yong-fu<sup>3</sup>, MA Rui-juan<sup>1,2</sup>, GUO Shao-lei<sup>1,2</sup>, ZHANG Bin-bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Yu-yan<sup>1,2</sup>, RU Xin<sup>4</sup>

(1. Institute of Pomology, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Jiangsu Key Laboratory for Horticultural Crop Genetic Improvement, Nanjing 210014, China; 3. Institute of Agricultural Facilities and Equipment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 4. College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** Microporous yellow and white paper fruit bags were made by high air permeability treatment process, and the bagging test was carried out on Jinlinghuanglu peach. The performance test results showed that the light and temperature conditions in the microporous fruit bag were significantly improved compared with those in the ordinary fruit bags. Compared with the ordinary fruit bags, the light transmittance of microporous fruit bags was increased by 16.3%~24.4%. In the three high temperature intervals of 40.1~45.0℃, 45.1~50.0℃ and >50.0℃, the temperature accumulation time in the microporous yellow and white fruit bags was reduced by 1.8 h, 1.0 h; 2.2 h, 2.3 h; 3.2 h, 3.2 h compared with that in the ordinary yellow and white fruit bags, respectively. The results of bagging test showed that the total sugar content and sugar-acid ratio

收稿日期: 2022-07-28

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[CX(20)3020]; 国家现代农业产业技术体系建设专项基金项目(CARS-30); 徐州市政策引导类计划(产学研合作)项目(KC21332)

作者简介: 许建兰(1976-), 女, 江苏兴化人, 硕士, 研究员, 主要从事桃新品种选育和遗传资源研究。(E-mail) jlxjaas1976@aliyun.com

通讯作者: 赵永富, (E-mail) zyzf2002@163.com

under microporous fruit bags treatment were higher than those under ordinary fruit bags treatment, and the difference with non-bagging was reduced to no significant difference level ( $P>0.05$ ). The total sugar and sugar-acid ratio under ordinary fruit bag treatment were significantly lower than those under non-bagging treatment ( $P<0.05$ ). The organic acid content did not change much between treatments ( $P>0.05$ ). In terms of peel color, microporous white bags were

better than ordinary white bags. In short, compared with the ordinary fruit bag treatment, the internal quality of peach fruits was improved in microporous fruit bag treatment, and the external quality was not reduced.

**Key words:** fruit bags; permeability; transmittance; microenvironments; sugars and organic acids; quality

果实套袋是二十世纪初由日本果农为防止桃小食蝇危害而发展起来的一项防虫、防鸟的水果种植技术<sup>[1]</sup>。果实套袋后可增加果面光洁度、减少农药残留,提高果实的商品性,增强经济效益和社会效益,是生产高档果品重要栽培措施之一,也是生产无公害果品重要途径之一<sup>[2]</sup>。纸质果袋,由于其具有透气性好、可生物降解的优势,是当前中国果袋的主流产品。

然而,果实套袋对其生长发育也有不利的一面。众多研究结果表明,经套袋栽培的梨、柑、橙、苹果、桃、葡萄等果实,可溶性固形物、糖类、维生素 C、可滴定酸含量呈下降趋势<sup>[3]</sup>。例如,黄鸿等<sup>[4]</sup>采用牛皮纸、报纸及专用白纸对芦柑套袋,果实总糖含量和糖酸比均略低于对照;王大平等<sup>[5]</sup>采用 6 种双层纸袋在不同时期对夏橙进行套袋处理,成熟后采收的果实可溶性固形物、总糖和可滴定酸含量较对照有所降低,而糖酸比与对照无差异;刘淑芳等<sup>[6]</sup>采用 4 种蜡纸果袋对中油 4 号油桃套袋,果实可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸和维生素 C 含量均低于对照。

为改善套袋后果实内在品质变差问题,前人已进行过一些研究。如采用不同光质(蓝色、红色、紫色、黑色纸等)<sup>[7]</sup>、不同材料(牛皮纸、硫酸纸等)<sup>[8-9]</sup>和不同厚度(单层、双层、三层纸)<sup>[10]</sup>的纸材果袋进行套袋试验,主要探究了果袋透光性能的强弱对袋内光照度、温度和湿度等微环境因子的影响。有关纸质果袋的另一性能——透气性能对果袋内微环境及果实品质的影响研究较少。

本研究以金陵黄露桃品种为试验材料,选择 2 种透光率高透气性好的纸质果袋对果实套袋,分析比较果袋内光照度、温度以及桃果实品质的变化,探索果袋微环境与果实糖分、有机酸含量、色泽等相关关系,以期在外观指标不下降的前提下改善果实内在品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于江苏省农业科学院桃试验园开展,品种为金陵黄露,树龄 7 年,树体健壮,三主枝自然开心形,行株距 5.0 m×3.0 m,按常规栽培措施管理。

2021 年 5 月上旬疏果,参考马瑞娟等<sup>[11]</sup>的方法于套袋前喷施 1 次杀虫杀菌剂,每棵树套 1 种果袋,以不套袋为对照(CK),共 5 个处理,每个处理 3 次重复。果实成熟时,选取东、西、南、北不同方位桃果实带袋采收,每处理随机采摘 20 个,先测定色差,后分别测定带皮硬度和去皮硬度,再去果皮取果肉匀浆,用于测定糖、酸组分含量。每个处理重复 3 次。

### 1.2 果袋制备及性能测试

在白色普通果袋纸(W0)和黄色普通果袋纸(Y0)常规配方中适当增加长纤维比例,辅之以纳米化和疏水剂处理,制备成白色微孔果袋纸(W1)和黄色微孔果袋纸(Y1)。

果袋纸性能测试:分别检测果袋内外的光合有效辐射(Photosynthetic active radiation, PAR)。透光率=袋内 PAR/袋外 PAR×100%,以不套袋透光率为 100%。采用光纤光谱仪(美国 StellarNet Inc. 公司产品)测定 PAR 值。采用 YTH-4C 纸张厚度仪、ZT-15 肖伯尔透气度仪分别测定纸材厚度及透气度。

### 1.3 果园及果实套袋后果袋内微环境测定

每次处理选取 5 个套袋果实,分别在袋内和袋外安置 MX2022 型温光度记录仪。选择 3 d 晴朗天气,每天全天候监测果园及果袋内的温度、光照度。每隔 5 min 自动采集 1 次数据。

### 1.4 果实品质分析

1.4.1 果实硬度 采用 TA.XT.Plus 型质构仪(英国 Stable Micro System 公司产品)分别测定果实缝合线两侧中部硬度(带皮硬度和去皮硬度),选用直径为 8 mm 的探头,探测深度为 5 mm,速度为 1 mm/s。

1.4.2 果实色差 采用 Color Quest XE 色差计(美国 Hunter Lab 公司产品),分别测定果实横径和侧径的 4 个端点的红色饱和度( $a^*$ )、黄色饱和度( $b^*$ )和亮度值( $L^*$ ),并计算色饱和度( $C$ )和色调角( $h$ ), $C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ,  $h = \arctan(b^*/a^*)$ 。

1.4.3 糖、糖醇和有机酸 采用高效液相色谱仪(产品型号 Agilent1100, 美国 Agilent 公司产品),分别测定果肉中糖(蔗糖、葡萄糖和果糖)、糖醇(山梨醇)和有机酸(奎尼酸、苹果酸和柠檬酸)含量,并计算总糖(即山梨醇、果糖、葡萄糖、蔗糖含量总和)、

总酸(即柠檬酸、苹果酸、奎尼酸含量总和)含量,糖酸比=总糖含量/总酸含量。

### 1.5 数据处理和统计分析

采用 Excel 进行数据处理、SPSS16.0 进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 果袋性能

本试验设计了黄、白 2 种颜色单层果袋,分别是黄色普通果袋(Y0)、黄色微孔果袋(Y1)和白色普通果袋(W0)、白色微孔果袋(W1),以不套袋为对

照(CK),测试结果见表 1。分别与普通果袋 Y0、W0 相比,微孔处理后果袋 Y1、W1 的定量稍有降低、湿抗张指数稍有增加,变化不显著;透气度明显提高,Y1、W1 分别比 Y0、W0 的透气度增加 7.1 倍、18.6 倍;透光性能也有改善,相应增加了 24.4%、16.3%。

本试验收集了 55 个国产单层白色、黄色、黑色纸袋(一次性摘袋),经透气性能测试,透气度小于  $2.0 \mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$  占 62%,有些涂蜡高透光袋的透气度仅为  $0.11 \sim 0.33 \mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$ 。本试验制备的果袋透气度远远高出一等品果袋透气度大于  $2 \mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$  的国家标准要求。

表 1 果袋性能测试

Table 1 Fruit bag performance test

果袋	颜色	结构	定量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	湿抗张指数 ( $\text{N} \cdot \text{m}/\text{g}$ )	透气度 [ $\mu\text{m}/(\text{Pa} \cdot \text{s})$ ]	透光率 (%)
Y0	黄色	普通	43.30	28.87	5.11	27.17
Y1	黄色	微孔	42.22	31.28	41.39	33.80
W0	白色	普通	38.14	33.60	2.09	71.63
W1	白色	微孔	37.20	35.22	40.96	83.32

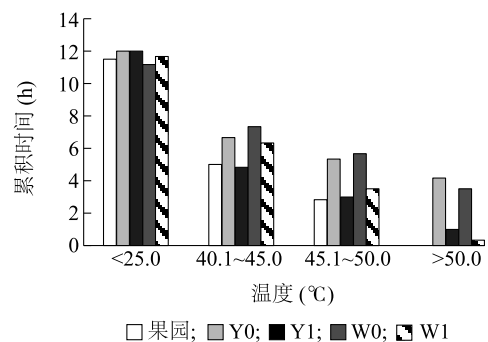
Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋。

### 2.2 果园及果实套袋后果袋内温度

果园温度由布放在桃树冠层中果袋外的 MX2022 型温光度记录仪测得。同时,在果实套袋后 4 种果袋内布放上述记录仪测得套袋后果实微环境温度。温度累积时间由符合此温度各区间的持续时间累加而成。在 5 月下旬至 7 月初,本试验果园及果袋内温度变化范围为  $16 \sim 60^\circ\text{C}$ 。我们将温度划分为三个区段, $<25.0^\circ\text{C}$  低温区、 $25.0 \sim 40.0^\circ\text{C}$  常温区、 $>40.0^\circ\text{C}$  高温区,再将  $>40.0^\circ\text{C}$  高温区分为三个区间( $40.1 \sim 45.0^\circ\text{C}$ 、 $45.1 \sim 50.0^\circ\text{C}$ 、 $>50.0^\circ\text{C}$ )。4 种套袋处理得到的果袋内在低温区、高温区的温度累积时间如图 1 所示。

总体来说,果袋内温度高于果园温度。在  $<25.0^\circ\text{C}$  低温区,果园和 4 种果袋内的温度累积时间基本一致;在  $>40.0^\circ\text{C}$  高温区的三个区间,4 种果袋内的温度累积时间存在明显差异; $40.1 \sim 45.0^\circ\text{C}$  温度累积时间  $\text{Y1} < \text{果园} < \text{W1} < \text{Y0} < \text{W0}$ ,黄色微孔果袋(Y1)、白色微孔果袋(W1)处理的温度累积时间比对应普通果袋分别减少 1.8 h、1.0 h; $45.1 \sim 50.0^\circ\text{C}$  温度累积时间  $\text{果园} < \text{Y1} < \text{W1} < \text{Y0} < \text{W0}$ ,微孔果袋处理比对应普通果袋分别减少 2.2 h、2.3 h; $>50.0^\circ\text{C}$  温度累积时间,  $\text{果园} < \text{W1} < \text{Y1} < \text{W0} < \text{Y0}$ ,微孔果袋处理比对应普通果

袋分别减少 3.2 h、3.2 h,果袋外的果园温度在 24 h 内始终低于  $50^\circ\text{C}$  (果园温度  $>50.0^\circ\text{C}$  温度累积时间=0)。 $45.1 \sim 50.0^\circ\text{C}$  和  $>50.0^\circ\text{C}$  高温区时间,一般发生在中午前后(11:00–15:00)太阳直射的时段内。由此可见,果袋微孔处理大大减少了果实在高温下的时间。



Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋。

图 1 不同温度范围的温度累积时间

Fig.1 Temperature accumulation time in different temperature ranges

### 2.3 果实中糖、糖醇和有机酸含量的变化

由表 2 可知,不套袋对照(CK)果实中的蔗糖、

葡萄糖、果糖、山梨醇含量皆高于 4 种套袋处理。经统计分析,普通果袋 W0、Y0 处理与 CK 相比,蔗糖、果糖含量显著降低( $P<0.05$ );相比于普通果袋 W0、Y0,微孔果袋 W1、Y1 处理的蔗糖、果糖含量增加,且与 CK 相比差异不显著。果实中的葡萄糖、山梨

醇含量,5 种处理间没有显著差异( $P>0.05$ )。

普通果袋 W0、Y0 处理与 CK、微孔果袋 W1、Y1 处理相比,果实中的奎尼酸、苹果酸、柠檬酸含量总体有增加趋势。但经统计分析,5 个处理间果实中奎尼酸、苹果酸、柠檬酸含量均无显著差异( $P>0.05$ )。

表 2 金陵黄露桃果实中糖、糖醇和有机酸含量

Table 2 Contents of sugar, sugar alcohols and organic acids in Jinlinghuanglu peach fruit

处理	蔗糖 (g/L)	葡萄糖 (g/L)	果糖 (g/L)	山梨醇 (g/L)	奎尼酸 (g/L)	苹果酸 (g/L)	柠檬酸 (g/L)
CK	53.02a	13.14a	17.14a	1.76a	1.64a	3.18a	0.37a
Y0	43.31b	10.39a	14.54b	1.54a	1.79a	3.57a	0.61a
Y1	46.27ab	11.17a	15.25ab	1.67a	1.60a	3.21a	0.40a
W0	41.69b	10.30a	14.14b	1.64a	1.66a	3.67a	0.62a
W1	46.15ab	12.14a	16.04ab	1.69a	1.42a	3.28a	0.43a

Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋;CK:不套袋对照;同一列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

如表 3 所示,从果实中各糖成分占比和各有机酸成分占比来看,4 种套袋处理与 CK 相比,各成分占比皆没有显著差异( $P>0.05$ )。但所有处理的果实中蔗糖、山梨醇占比皆分别不低于 60% 和不高 2.5%。

果实的苹果酸含量在有机酸总量中的占比为

59.81%~64.07%,说明供试的桃果实属于苹果酸型果实。值得注意的是,与 CK 相比,普通果袋 W0、Y0 处理柠檬酸占比分别增加了 42.30%、44.68%,微孔果袋 W1、Y1 处理仅分别增加 8.12%、14.00%,而 4 种果袋处理苹果酸占比与 CK 相差均小于 5%。

表 3 金陵黄露桃果实中各糖成分占比和各有机酸成分占比

Table 3 The proportion of sugar components and the proportion of organic acids in Jinlinghuanglu peach fruit

处理	蔗糖 (%)	葡萄糖 (%)	果糖 (%)	山梨醇 (%)	奎尼酸 (%)	苹果酸 (%)	柠檬酸 (%)
CK	62.34a	15.44a	20.14a	2.07a	31.54a	61.33a	7.14a
Y0	62.02a	14.89a	20.87a	2.22a	30.03a	59.81a	10.16a
Y1	62.25a	14.95a	20.53a	2.27a	30.80a	61.48a	7.72a
W0	61.53a	15.18a	20.87a	2.42a	27.90a	61.77a	10.33a
W1	60.76a	15.93a	21.08a	2.23a	27.80a	64.07a	8.14a

Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋;CK:不套袋对照;同一列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

## 2.4 果实内在品质的变化

由表 4 可见,所有处理的总糖含量和糖酸比值,以 CK 为最高,白色果袋 W0 处理为最低。总酸含量,普通果袋 W0、Y0 处理较 CK 和微孔果袋 W1、Y1 处理高。经统计分析,普通果袋 W0、Y0 处理与 CK 相比,总糖和糖酸比值的降低达显著水平( $P<0.05$ ),但微孔果袋 W1、Y1 处理,总糖含量和糖酸比值与 CK 相比差异不显著( $P>0.05$ )。

果实的硬度变化则不同。总的来说,套袋有使果实带皮硬度和去皮硬度降低的趋势。带皮果实硬

度,普通果袋 W0 处理以及微孔果袋 W1、Y1 处理与 CK 相比皆显著降低( $P<0.05$ ),但普通果袋 Y0 处理的降低幅度较小且与 CK 无显著差异( $P>0.05$ )。去皮果实硬度即果肉的硬度,在所有处理间皆无显著差异( $P>0.05$ )。

## 2.5 果皮色泽的变化

表 5 显示,黄、白两色果袋处理与 CK 的色泽指标比较:黄色果袋 Y1、Y0 处理与 CK 相比,黄色饱和度( $b^*$ )、色饱和度( $C$ )、色调角( $h$ )、亮度值( $L^*$ )增加,而红色饱和度( $a^*$ )、 $a^*/b^*$  值降低,且达到显著



水平( $P<0.05$ );白色果袋 W1 处理与 CK 相比,黄色饱和度( $b^*$ )、色调角( $h$ )、亮度值( $L^*$ )显著增加( $P<0.05$ ),但白色普通果袋(W0)处理表现则不同,与 CK 相比,黄色饱和度( $b^*$ )、亮度值( $L^*$ )皆显著降低( $P<0.05$ ),

黄、白两色果袋处理间的色泽指标比较:黄色饱和度( $b^*$ )、色饱和度( $C$ )、色调角( $h$ )、亮度值( $L^*$ ),黄色果袋 Y0、Y1 处理全部高于白色果袋 W0、W1 处理;而红色饱和度( $a^*$ )、 $a^*/b^*$  值,黄色

果袋 Y0、Y1 处理全部低于白色果袋 W0、W1 处理( $P<0.05$ )。

分析微孔果袋处理对果实色泽的影响:白色微孔果袋(W1)处理与白色普通果袋(W0)处理相比,黄色饱和度( $b^*$ )、色饱和度( $C$ )、色调角( $h$ )、亮度值( $L^*$ )皆显著增加( $P<0.05$ ),而  $a^*/b^*$  值显著降低( $P<0.05$ )。但黄色微孔果袋(Y1)处理与黄色普通果袋(Y0)处理相比,各色泽指标皆无显著差异( $P>0.05$ )。

表 4 不同纸材果袋套袋对金陵黄露桃果实糖、酸及硬度的影响

Table 4 Effects of different bag materials on sugar, acid and firmness of Jinlinghuanglu peach fruit

处理	总糖 (g/L)	总酸 (g/L)	糖酸比	带皮果实硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )	去皮果实硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )
CK	85.06a	5.19a	16.41a	56.40a	35.09a
Y0	69.77b	5.97a	11.72b	53.48ab	33.47a
Y1	74.37ab	5.21a	14.32ab	50.25b	32.46a
W0	67.75b	5.95a	11.42b	51.97b	32.05a
W1	76.02ab	5.13a	15.20ab	51.47b	32.04a

Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋;CK:不套袋对照;同一列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

表 5 不同纸材果袋套袋对金陵黄露桃果皮色泽的影响

Table 5 Effects of different bag materials on peel color of Jinlinghuanglu peach

处理	红色饱和度 ( $a^*$ )	黄色饱和度 ( $b^*$ )	$a^*/b^*$ 值	色饱和度 ( $C$ )	色调角 ( $h$ )	亮度值 ( $L^*$ )
CK	27.39a	22.03c	1.24b	35.16bc	38.82c	46.53c
Y0	21.26b	33.51a	0.63d	39.69a	57.61a	57.88a
Y1	21.71b	34.19a	0.63d	40.57a	57.54a	58.90a
W0	27.96a	19.53d	1.43a	34.11c	34.95c	44.03d
W1	26.33a	25.53b	1.03c	36.69b	44.08b	50.09b

Y0:黄色普通果袋;Y1:黄色微孔果袋;W0:白色普通果袋;W1:白色微孔果袋;CK:不套袋对照;同一列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

### 3 讨论

套袋后果实被限制在一个微小的相对密闭的空间内,大多数果袋为果实提供了一个高温、高湿、弱光的微域生境<sup>[12]</sup>。袋内光、温、湿的高低主要取决于果袋材料,一般来说,塑料膜材料比纸材料透光性好,但透气差,易致高湿裂果<sup>[13]</sup>,无纺布材料比纸材料透气、防水性能好,但升温快而高,且废弃果袋不能降解<sup>[14]</sup>。本试验结果表明,通过化学法微孔改性处理获得的微孔果袋纸材,不但比普通纸材的透气性大大提高,而且透光率也有所增强,实现兼具塑料膜高透光和无纺布高透气的双重效果,并由其调节

了果袋内的光温环境。套袋后透光率降低使得果皮所需的光合产物由叶片供给,增加果实库中果皮与果肉对叶同化产物的竞争,使输送到果肉的光合产物的百分比下降<sup>[12,15]</sup>。本试验中黄色、白色微孔果袋的透光率分别从普通果袋的 27.17%、71.63% 提高到 33.8%、83.32%,分别提高了 24.40% 和 16.33%。

光照对果实色泽的影响显著。苹果、葡萄、李、桃等的果皮色泽主要是由花青素含量决定<sup>[3]</sup>,而果皮花青素的形成受光照度、光质影响很大<sup>[16]</sup>。李桂祥等<sup>[17]</sup>对霞晖 6 号的试验结果说明,果袋处理对果皮花青素的合成具有一定的抑制作用,透光率越低,

抑制作用越显著。马瑞娟等<sup>[11]</sup>对金陵黄露桃果皮花色素含量测定,结果表明,不套袋>套白色单层袋>套黄色单层袋,且套黄色袋比不套袋显著降低。本试验结果与前人的结果一致,金陵黄露桃套黄色袋 Y0、Y1 处理亮度值( $L^*$ )比不套袋 CK 和白色袋 W0、W1 处理高,而红色饱和度( $a^*$ )则相反。其他色泽指标,黄色饱和度( $b^*$ )、色饱和度( $C$ )、色调角( $h$ )也是黄色果袋 Y0、Y1 处理为高。说明果实叶绿素的降解与果袋透光率有关,透光率越低的果袋果皮叶绿素降解越慢,含量越高。叶绿素分布在叶绿体片层膜结构上,套袋后降低了果皮细胞的叶绿体片层结构的发达程度。本试验果袋性能测试数据,黄色果袋透光率(27.17%~33.80%)<白色果袋透光率(71.63%~83.32%)<不套袋对照(100%),进一步证实了上述果皮的色泽与暴露在光照下的强弱程度直接相关的结论。

温度是影响果实糖代谢的重要环境因子。植物叶片光合作用产生的产物,经运输后卸载到果实内<sup>[18]</sup>。卸载能力大小主要取决于果实的库强<sup>[19]</sup>,库强大小的生化标志是与糖代谢相关的酶<sup>[20-22]</sup>,温度影响着这些酶活性的高低<sup>[23]</sup>。如桃果实中的蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(SPS)对糖的积累起重要作用<sup>[24-25]</sup>。有研究表明,SS 酶在热应激代谢中占有重要作用<sup>[26]</sup>。当果园环境温度相对较低时,果袋内外环境温度差异小,各处理的温度累积时间相近,即在<25℃低温区,CK 和 4 个果袋处理的温度累积时间基本一致;当果园环境温度升高,高透气性的果袋散热快,透气性较差的普通果袋散热慢,高温累积时间相对较长。在 40.1~45.0℃、45.1~50.0℃、>50.0℃三个高温区段内,透气性较高的微孔果袋黄色(Y1)、白色(W1)处理的温度累积时间比普通果袋黄色(Y0)、白色(W0)处理分别减少 1.8 h、1.0 h、2.2 h、2.3 h、3.2 h、3.2 h,果园环境温度未出现 50℃以上高温。与不套袋对照相比,果实套普通果袋处理的总糖含量显著降低,果实套微孔果袋处理的总糖含量降低不显著。与糖代谢相关的蔗糖合成酶在一定范围内活性较强,温度太高酶的活性降低,温度太低酶的活性较低。说明微孔果袋处理减少了高温时段累积时间,使得蔗糖合成酶(SS)活性不降低,有利于糖积累代谢,从而使果实中的总糖含量不降低。

糖酸比较好地反映果实的风味口感<sup>[27]</sup>。与糖

积累一样,有机酸的积累也受到相关酶活性的影响<sup>[28]</sup>。一般来说,夜间低温促进酸的生成。本试验结果显示,套袋与不套袋处理间的低温累积时间变化较小。自然地,温度因素对有机酸代谢相关酶活性的影响也很小。这或许是导致本试验各处理总酸含量无显著差异( $P>0.05$ )的原因。由此,本试验微孔果袋处理糖酸比普通果袋处理提高的原因主要是总糖含量的增加所致。

## 4 结论

本研究结果表明,采用高透气性处理工艺制作的微孔果袋,无论是黄色还是白色,袋内的光、温环境都得到显著改善。特别是在高温区段,微孔果袋的高温累积时间比普通果袋明显减少。在对金陵黄露桃的套袋栽培中发现,使用微孔黄袋和微孔白袋套袋处理的果实总糖含量与不套袋对照相比,差异不显著;各处理之间,有机酸含量无显著差异;果皮色泽方面,尽管黄袋处理比白袋处理更适合于提高金陵黄露桃果实的黄色饱和度( $b^*$ )、色饱和度( $C$ )和亮度值( $L^*$ )等,但就白袋处理而言,微孔白袋处理还是优于普通白袋。总之,与普通果袋处理相比微孔果袋处理提升了桃果实内在品质,且外在品质没有降低。有关采用微孔果袋套袋能够减少高温持续时间,进而有利糖积累的机制,有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 汪祖华,庄恩及. 中国果树志·桃卷[M]. 北京:中国林业出版社,2001: 1.
- [2] 王少敏,高华君. 果树套袋关键技术图谱[M]. 济南:山东科学技术出版社,2002: 3-4.
- [3] 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.
- [4] 黄鸿年. 套袋对芦柑果实品质的影响[J]. 福建果树,2003,127(4): 42-43.
- [5] 王大平,刘奕清,李道高. 套袋对夏橙果实绿斑病发生及果实品质的影响[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2006,28(4): 610-613.
- [6] 刘淑芳,李祥涛. 不同果袋对中油4号油桃品质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(1): 72-74.
- [7] 王西成,吴伟民,王博,等. 果袋类型对‘紫金红霞’葡萄果实品质及花色苷合成相关基因表达的影响[J]. 西北植物学报,2021,41(12): 2113-2121.
- [8] 钟赞华,张雪芹,赖瑞云,等. 套袋对凤梨释迦袋内温光环境和果实品质的影响[J]. 亚热带植物科学,2019,48(4): 356-358.

- [9] 刘友接,谢丽雪,熊月明. 不同材料套袋对‘丽光’黄皮果实主要经济性状、品质和病虫害的影响[J]. 热带作物学报,2015,36(9): 1557-1560.
- [10] 黄秀,柯甫志,孙立方,等. 套袋类型和时期对鸡尾葡萄柚果实主要品质指标和病害防效的影响[J]. 浙江农业科学,2022,63(3): 512-516.
- [11] 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.
- [12] 郝燕燕,李妙玲,张惠荣,等. 套袋微环境对果实品质的影响及其机理分析[J]. 山西农业大学学报,2003,23(3): 238-241,260.
- [13] 赵英,程智慧,孟焕文. 不同光质果袋春夏季节套袋对番茄果实发育及品质的影响[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6): 1398-1402.
- [14] 韩青海. 不同果袋及果柄供钙对‘红富士’苹果果实品质的影响[D]. 青岛: 青岛农业大学,2012.
- [15] 许丽娟. 山西省水果农药残留现状及对品质影响研究[D]. 太原: 山西大学,2011.
- [16] 沈玉英,李斌,贾惠娟. 不同纸质果袋对湖景蜜露桃果实品质的影响[J]. 果树学报,2006,23(2): 182-185.
- [17] 李桂祥,王长君,刘伟,等. 七种果袋对红里肥城桃果实品质的影响[J]. 山东农业科学,2015,47(2): 45-48.
- [18] 魏长宾. 芒果成熟过程中糖分积累及其芳香物质组成研究[D]. 广州: 华南热带农业大学,2006.
- [19] 徐臣善,徐爱红,萧蓓蕾,等. 授粉品种对红富士苹果果实糖积累及其代谢相关酶活性的影响[J]. 江苏农业学报,2021,37(1): 121-128.
- [20] 吕英民,张大鹏. 果实发育过程中糖的积累[J]. 植物生理通讯,2000,36(3): 256-265.
- [21] VIZZOTO G, PINTON R, VARANINI Z, et al. Sucrose accumulation in developing peach fruit[J]. *Physiol Plant*, 1996, 96: 225-230.
- [22] 许茹. 越橘年生长期碳素物质代谢规律研究[D]. 长春: 吉林农业大学,2021.
- [23] LOWELL C A, KUO T M. Oligosaccharide metabolism and accumulation in developing soybean seeds[J]. *Crop Science*, 1989, 29(2): 459-465.
- [24] LOMBARDO V A, OSORIO S, BORSANI J, et al. Metabolic profiling during peach fruit development and ripening reveals the metabolic networks that underpin each developmental stage[J]. *Plant Physiology*, 2011, 157(4): 1696-1710.
- [25] 张慧琴,谢鸣,张琛,等. 猕猴桃果实发育过程中淀粉积累差异及其糖代谢特性[J]. 中国农业科学, 2014, 47(17): 3453-3464.
- [26] OFER S, DAVID G. An overview of sucrose synthases in plants[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2019, 8: 1-14.
- [27] 徐子媛,严娟,蔡志翔,等. 桃果实糖酸和酚类物质与口感风味的相关性[J]. 江苏农业学报,2022,38(1): 190-199.
- [28] 李航,陶海青,陈益香,等. 2种中国樱桃果实有机酸积累及代谢相关酶活性的研究[J]. 西北农业学报,2019,28(12): 2019-2026.

(责任编辑:成纾寒)