



李杰, 王雨, 李永红, 田启航, 刘国俭, 陈湖, 常瑞丰, 王召元. 套袋对日光温室桃果实品质及香气组分的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(10):108-119.
LI Jie, WANG Yu, LI Yonghong, TIAN Qihang, LIU Guojian, CHEN Hu, CHANG Ruifeng, WANG Zhaoyuan. Effect of bagging on fruit quality and aroma components of peach fruit in solar greenhouse[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(10):108-119.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.10.09

套袋对日光温室桃果实品质及香气组分的影响

李杰 王雨 李永红 田启航 刘国俭 陈湖 常瑞丰 王召元*

(河北省农林科学院 昌黎果树研究所, 河北 昌黎 066600)

摘要 为探讨套袋对温室栽培桃果实品质及香气组分的影响,以温室栽培‘春雪’‘中桃红玉’桃为试材,设置外黄内黑双层袋套袋处理,以不套袋作为对照,采用常规测量方法和顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法研究套袋处理下果实单果重、果皮色泽、可溶性糖、总糖、有机酸、总酸含量及果实中挥发性香气成分的变化。结果表明:与对照(不套袋)相比,套袋处理显著提高了果实的单果重和挥发性香气成分总含量,显著降低了葡萄糖、蔗糖及苹果酸含量,果糖、山梨醇、酒石酸和柠檬酸含量无显著变化。在桃果实中共检测出44种主要香气物质,分别为醛类、酯类、醇类、内酯类、萜类、烃类和酮类;其中,醛类物质含量最高,酯类、醇类和内酯类次之,萜类、烃类和酮类最低。套袋后,醛类、酮类及香气含量总量显著升高;己醛、Z-3-己烯醛、E-2-己烯醛、乙酸己酯和 β -紫罗兰酮是‘春雪’‘中桃红玉’桃果实的主要呈香物质。综上,套袋可增加果实果个大小、改善果面色泽、改变糖酸组分含量、提高果实的挥发性香气含量,提升果实的外观质量、使得果实风味变得更加青香。

关键词 桃; 套袋; 挥发性香气成分; 气相色谱-质谱; 品质

中图分类号 S662.1

文章编号 1007-4333(2024)10-0108-12

文献标志码 A

Effect of bagging on fruit quality and aroma components of peach fruit in solar greenhouse

LI Jie, WANG Yu, LI Yonghong, TIAN Qihang, LIU Guojian, CHEN Hu,

CHANG Ruifeng, WANG Zhaoyuan*

(Changli Institute of Pomology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Changli 066600, China)

Abstract In order to investigate the effects of bagging on fruit quality and aroma components of peach in solar greenhouse, two peach varieties, ‘Chunxue’ and ‘Zhongtaohongyu’, were selected for inner black and outer yellowish double-layer bag covering treatment and fruit without bagging treatment were used as control. The traditional methods and HS-SPME-GC-MS were used to determine the fruit weight, skin color, soluble sugar, total sugar, organic acid, total acid content and volatile aroma components of ‘Chunxue’ peach and ‘Zhongtaohongyu’ peach. The results showed that: Compared with control, the bagging treatment improved the fruit weight and total volatile aroma components significantly, but decreased the contents of glucose, sucrose and malate, while the contents of fructose, sorbitol, tartaric acid and citric acid had no significant change. A total of 44 main volatile aroma components belonging to seven classes (aldehydes, esters, alcohols, lactones, terpenes, hydrocarbons, ketones) were detected in all samples.

收稿日期: 2024-02-03

基金项目: 河北省现代农业产业技术体系创新团队建设项目(HBCT2023130205);河北省农林科学院科技创新专项课题项目(2022KJCXZX-CGS-6);热杂果现代种业科技创新团队项目(21326310D);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-30-Z-02);河北省农林科学院基本科研业务费青年基金项目(2023020102)

第一作者: 李杰(ORCID:0009-0004-3551-5909),副研究员,主要从事桃树抗寒育种与栽培生理研究,Email:lijie-19850908@126.com

通讯作者: 王召元(ORCID:0009-0003-5898-9421),研究员,主要从事设施桃栽培生理研究,Email:wangzhaoyuan1981@sina.com

Among these compounds, aldehydes were the most abundant, followed by esters, alcohols and lactones, and terpenoids, hydrocarbons and ketones were the lowest. The contents of aldehydes, ketones and aroma increased significantly after bagging. Hexal, Z-3-hexenal, E-2-hexenal, hexyl acetate and β -ionone were identified as key aroma-active compounds of 'Chunxue' peach and 'Zhongtaohongyu' peach. In conclusion, the bagging treatment can increase fruit size, improve the color of fruit surface, change the content of sugar and acid components, increase the volatile aroma content of fruit, and significantly improve the appearance quality as well as strong aroma.

Keywords peach; bagging; aroma volatile components; gas chromatography-mass spectrometry; quality

日光温室促早栽培是河北和山东等中国北方地区桃树生产的重要栽培模式,通过改变桃树正常的季节生长规律,可以提前鲜食桃果实的成熟期,填补市场空挡,显著提高桃产业的经济效益和社会效益^[1-3]。

目前,日光温室栽培条件下,桃果实品质的研究主要集中在病虫害防治^[4]、花果管理^[5]、桃子成熟、后熟或储存过程中香气物质的变化等^[6-16]方面。套袋处理改变了果实所处的微环境,是改善果实品质的重要因素之一。丁勤等^[17]证明套袋可显著降低果实的裂果率。陈栋等^[18]研究发现套双层纸袋后‘八月桃’‘北京 24 号’桃单果重和可溶性糖含量等指标低于未套袋果。因此可通过套袋处理影响日光温室内果实的内在和外在品质。

桃果实对于生长微环境比较敏感,其生长发育受到套袋处理的显著影响,但目前关于套袋处理对日光温室内桃果实品质影响的研究鲜有报道。故本研究以日光温室促早栽培的‘春雪’‘中桃红玉’桃为试材,探究套袋处理对其果实外观及内在品质的影响,以期对日光温室桃优质高效生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料及试验设计

试验在河北省农林科学院昌黎果树研究所(河北昌黎)日光温室中进行,日光温室东西长 63 m,南北跨度 10 m。供试材料为‘春雪’‘中桃红玉’,树龄 3 年,树形为开心形,树体强健,生长势一致,株行距为 1.0 m $\times$ 1.8 m,按常规栽培技术管理。试验所用外黄内黑双层袋(透光率为 0)购自四川绿果林制袋有限公司,规格型号为 149 mm $\times$ 187 mm。

‘春雪’和‘中桃红玉’两品种的花期均在 12 月 28 日左右,成熟期为 4 月上旬。试验于果实硬核期结束、果实大小 50 g 左右时进行,选取位置、大小和

发育相对一致的果实进行套袋,以不套袋作对照,5 株为一小区,3 次重复;于果实成熟前 7 d 摘袋,对果面进行上色;上色结束后,每个处理随机选取大小一致、无病虫害和机械损伤的 50 个果实,先分别测定单果重、果实色泽等指标,其余样品液氮速冻,−80 ℃保存,用于测定糖酸组分和挥发性香气成分,3 次重复。

1.2 测定方法

1.2.1 果实袋内外温、湿度检测

于 4 月初将温湿度二氧化碳检测仪(南京格乐机电设备有限公司,中国)置于植株外围果实的果袋内,对袋内温度和湿度进行不间断实时监测,对于不套袋的果实则将温湿度记录仪固定于果实旁边进行检测。试验测定期间以晴好天气为主。选择外黄内黑双层袋摘袋前 7 d 的温度和湿度数据进行分析。

1.2.2 果实外观品质测定

用精度为 0.1 g 的电子天平测定单果质量。使用 SPH 860(Colorlite 公司,德国)色差仪测定每个果实果皮的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 C^* 。色泽参数值 L^* 为亮度变量,值越大表示所测样品表面越亮; a^* 表示红色或绿色值,正值为红色,负值偏绿色,绝对值越大颜色越深; b^* 表示黄色或蓝色值,正值为黄色,负值偏蓝色; C^* 为色泽饱和度或着色强度。色泽饱和度表示颜色的彩度,其值越大,颜色越纯^[19]。

1.2.3 果实内在品质测定

糖酸组分采用高效液相色谱法^[20],使用仪器为岛津液相色谱仪(LC-20A)。称取 1 g 果肉匀浆到 10 mL 离心管中,加入 8 mL 超纯水,80 ℃水浴超声提取 1 h;冷却后 8 000 r/min 离心 15 min,取上清液,用微孔滤膜(0.22 μ m $\times$ 25 mm)过滤到样品瓶,用于上机测定。糖组分测定条件:色谱柱为 Phenomenex Luna C18 250 $\times$ 4.6 mm 5 μ m,流动相为 V(乙腈):V(水)=75:25,流速 0.8 mL/min,进

样量 10 μL , 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 检测器为岛津 RID-10A 示差检测器。有机酸组分测定条件: 色谱柱为 Supelco apHera NH_2 250 $\times$ 4.6 mm 5 μm , 流动相为 10 mmol $\text{V}(\text{KH}_2\text{PO}_4)$ (磷酸调节 $\text{pH}=2.1$): $\text{V}(\text{甲醇})=97:3$, 流速 0.8 mL/min, 进样量 10 μL , 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 检测器为岛津 SPD-20A 紫外检测器, 检测波长为 210 nm。试验所配制的流动相均经过 0.45 μm 微孔滤膜过滤, 检测样品均经过 0.22 μm 针孔滤膜过滤。

挥发性香气成分采用 HS-SPME 方法^[9]并略有改动。挥发性香气成分提取: 从 -80 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中取出样品进行液氮研磨, 涡旋混合均匀, 每个样本称取约 500 mg 于顶空瓶中; 分别加入饱和 NaCl 溶液、10 μL (50 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 内标溶液; 全自动 HS-SPME 进行样本萃取, 以供 GC-MS 分析。每个处理 3 次重复, 取平均值。

HS-SPME 萃取条件: 在 60 $^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下震荡 5 min, 将 120 μm DVB/CWR/PDMS 萃取头插入样品顶空瓶顶空萃取 15 min, 于 250 $^{\circ}\text{C}$ 下解析 5 min, 然后进行 GC-MS 分离鉴定。采样前萃取头在老化装置 (Fiber conditioning station) 中 250 $^{\circ}\text{C}$ 下老化 5 min (注: 新萃取头在萃取前在老化装置中老化 2 h)。采用 120 μm DVB/CWR/PDMS 萃取头, 固相微萃取装置为固相微萃取针头 (SPME arrow), 其灵敏度可达传统 SPME 纤维头的 10 倍。

色谱条件: 气质联用仪型号为 GC-MS/MS 8890-7000D (Agilent 公司, 美国)。色谱柱为 DB-5MS 毛细管柱 (30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μm , Agilent 公司, 美国); 载气为高纯氦气 (纯度不小于 99.999%), 恒流流速 1.2 mL/min, 进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 不分流进样, 溶剂延迟 3.5 min。程序升温: 40 $^{\circ}\text{C}$ 保持 3.5 min, 以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 100 $^{\circ}\text{C}$, 再以 7 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 180 $^{\circ}\text{C}$, 最后以 25 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 280 $^{\circ}\text{C}$, 保持 5 min。

质谱条件: 电子轰击离子源 (EI), 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$, 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$, 质谱接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$, 电子能量 70 eV, 扫描方式为选择离子检测模式 (SIM), 定性定量离子精准扫描 (GB 23200.8—2016)^[21]。

1.3 挥发性香气成分定性定量测定

基于多物种、文献、部分标品、保留指数、保留时间 (Retention time, RT) 以及定性定量离子进行精准扫描, 每种化合物分别选择 1 个定量离子, 2~

3 个定性离子。每组所有需要检测的离子按照出峰顺序分时段分别检测, 如果检出的保留时间与标准参考相一致, 并且在扣除背景后的样品质谱图中所选择的离子均出现, 判定为该物质^[22]; 选择定量离子进行积分和校正工作, 增强定量的准确性。

定量分析: 以 3-己酮为内标, 根据内标物的浓度、样品中各组分的峰面积与内标峰面积的比值, 计算样品中各组分含量。

1.4 气味活度值 (Odor active value, OAV) 计算

OAV 是指测定的化合物浓度或含量与该化合物的阈值之比, 以此来表示该化合物对样本整体香气的贡献度。当 $\text{OAV}>0.1$ 时, 该物质能在一定程度上增加果实整体香气; 当 $\text{OAV}\geq 1$ 时, 说明该物质对样本整体的香气具有较大的贡献^[23]。查阅文献得到不同物质在水中的阈值, 再根据定量物质含量计算各物质的 OAV, 计算公式如下:

$$\text{OAV} = \frac{C_i}{T_i}$$

式中: C_i 为该物质的质量分数, $\mu\text{g}/\text{kg}$; T_i 为该物质在水中的阈值, $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

1.5 数据处理及分析

试验数据采用 SPSS 26.0 软件进行差异显著性分析 ($P<0.05$ 表示差异显著), 使用 Origin 2021 软件进行主成分分析与聚类分析并绘图。

2 结果与分析

2.1 温室内果实袋内温、湿度日变化特征

摘袋前 7 d 袋内外温度与湿度日变化见图 1, 可见温度 (图 1(a)) 与湿度 (图 1(b)) 呈相反的变化趋势。在摘袋前 7 d, 外黄内黑双层袋袋内的温度在 12:00 左右达到最高值, 且在 7:00-13:00 时间段, 温度变化幅度较大; 一天中湿度最大值出现在 3:00-7:00, 在 8:00-16:00 时间段内出现较大的波动, 表明白天时无论果实套袋与否, 湿度变化幅度均较大。

2.2 套袋对果实单果质量及果皮色泽的影响

套袋后, 果实的单果重及果面色泽均发生了不同程度的改变 (表 1)。果实套袋与对照之间单果质量出现显著差异 ($P<0.05$), 且套袋单果质量显著高于对照; 套袋果实表面的亮度值 L^* 、红色饱和度 a^* 值及色泽饱和度 C^* 值显著增加 ($P<0.05$), 黄色饱和度 b^* 值显著降低 ($P<0.05$), 说明套袋改善了‘春雪’‘中桃红玉’桃果实的果面色泽。

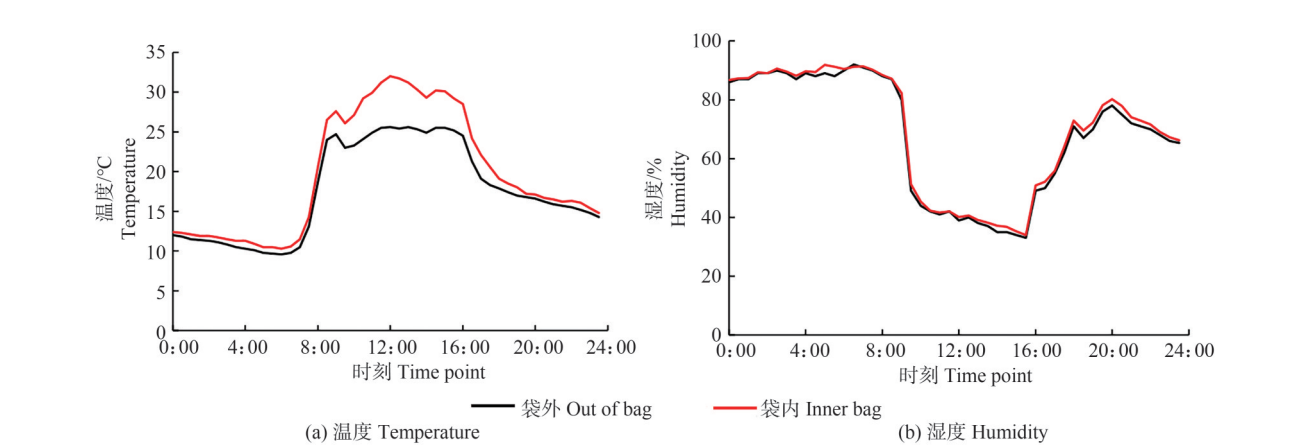


图 1 摘袋前 7 d 袋内温度、湿度日变化

Fig. 1 Changes in diurnal variation of temperature and humidity in bags 7 days before bag picking

表 1 套袋后桃果实的单果质量及果皮色泽

Table 1 Effect of bagging on the external quality of peach fruits

品种 Variety	处理 Treatment	单果质量/g Single fruit weight	L^*	a^*	b^*	C^*
春雪 Chunxue	套袋	234.49±10.65 a	46.67±1.25 a	29.49±1.03 a	13.01±0.62 b	33.45±1.01 a
	未套袋	203.83±6.58 b	34.79±0.89 b	25.36±0.92 b	15.98±0.92 a	28.40±1.21 b
中桃红玉 Zhongtaohongyu	套袋	254.10±8.99 a	43.54±1.10 a	32.11±0.96 a	14.38±0.81 b	35.77±1.11 a
	未套袋	219.97±7.03 b	36.37±0.91 b	26.87±0.94 b	16.61±1.05 a	30.33±1.20 b

注: 同列数据不同字母表示差异显著 ($P<0.05$), 相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下同。

Note: Within the same column, different letters represent significant differences ($P<0.05$), while the same letters represent no significant differences ($P>0.05$). The same below.

2.3 套袋对果实糖、酸组分及含量的影响

套袋对桃果实糖酸组分含量的影响见表 2。桃果实可溶性糖以蔗糖为主, 占总糖含量的 46.61%~58.76%, 其次为果糖、葡萄糖, 山梨醇含量最低。套袋后, 果实的总糖及各单糖含量较对照呈降低趋势, 其中葡萄糖和蔗糖含量显著低于对照 ($P<0.05$), 而果糖、山梨醇含量与对照差异不明显; 套袋后可溶性固形物含量显著降低 ($P<0.05$)。有机酸以苹果酸为主, 占总酸含量的 67.00%~84.93%, 其次为柠檬酸, 酒石酸含量最少。套袋后, 总酸和苹果酸含量较对照显著减少 ($P<0.05$), 柠檬酸和酒石酸的含量与对照差异不明显。

2.4 套袋后果实挥发性香气成分的变化

采用 HS-GC-MS 对桃果实样品的香气成分进行测定分析, 共检测出 44 种主要香气成分, 包括醛类 10 种、酯类 5 种、醇类 5 种、内酯类 3 种、萜类 14 种、烃类 3 种以及酮类 4 种 (表 3)。其中, 萜类又

分为 10 种单萜和 4 种倍半萜。由此表明, 桃果实中挥发性香气成分组成丰富。

不同品种不同处理间检测到的挥发性香气成分组成没有差异, 但含量差异较大。由表 3 可知, 果实套袋后, 两品种果实中醛类和酮类质量分数差异明显, 其余各类物质的含量均有不同程度下降, 但香气含量总量高于未套袋果实的香气含量总量。

2.5 套袋果实的特征香气分析

通过气味活度值辅助验证, 认定 24 种香气成分具有较明显的香气, 其香气描述及 OAV 值如表 4 所示。醇类 $OA\text{V}>0.1$ 的物质共有 3 种, $OA\text{V}\geq 1$ 的物质共有 1 种; 醛类 $OA\text{V}\geq 1$ 的物质有 8 种; 酯类 $OA\text{V}\geq 1$ 的物质有 1 种; 内酯类 $OA\text{V}>0.1$ 的物质共有 3 种, $OA\text{V}\geq 1$ 的物质共有 2 种; 萜类 $OA\text{V}>0.1$ 的物质共有 8 种, $OA\text{V}\geq 1$ 的物质共 3 种; 烃类 $OA\text{V}\geq 1$ 的物质有 1 种。其中, 醛类物质如己醛 (400~1 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$)、Z-3-己烯醛 (300~750 $\mu\text{g}/\text{kg}$)、

表2 套袋对果实糖酸组分含量的影响

Table 2 Effect of bagging on the content of sugar and acid components of peach fruits

品种 Variety	处理 Treatment	果糖/	山梨醇/	葡萄糖/	蔗糖/	总糖/	可溶性固形物/
		(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	%
		Fructose	Sorbitol	Glucose	Sucrose	Total sugar	Soluble solids
春雪 Chunxue	套袋	7.45±0.12 a	2.49±0.21 a	3.06±0.07 b	18.52±0.51 b	31.52±1.11 b	8.13±0.30 b
	未套袋	7.76±0.09 a	3.16±0.30 a	3.89±0.06 a	20.50±0.87 a	35.31±1.48 a	9.41±0.42 a
中桃红玉 Zhongtaohongyu	套袋	12.31±0.32 a	5.38±0.05 a	10.90±0.10 b	28.45±0.43 b	57.04±2.28 b	8.56±0.51 b
	未套袋	14.04±0.49 a	6.07±0.13 a	16.35±0.35 a	31.83±0.61 a	68.29±3.64 a	10.11±0.63 a

品种 Variety	处理 Treatment	酒石酸/(mg/g)	苹果酸/(mg/g)	柠檬酸/(mg/g)	总酸/(mg/g)
		Tartaric acid	Malic acid	Citric acid	Total acids
春雪 Chunxue	套袋	0.20±0.04 a	5.03±0.09 b	0.85±0.07 a	6.08±0.18 b
	未套袋	0.17±0.02 a	5.69±0.19 a	0.84±0.02 a	6.70±0.20 a
中桃红玉 Zhongtaohongyu	套袋	0.21±0.08 a	5.30±0.15 b	2.40±0.19 a	7.91±0.31 b
	未套袋	0.19±0.04 a	5.78±0.31 a	2.33±0.10 a	8.30±0.21 a

表3 套袋处理桃果实的主要香气物质种类与含量

Table 3 Chemical classes of main aroma substances and their contents in peach fruits under bagging treatment

种类 Classification	化合物名称 Compound name	保留指数 Retention index	春雪/(μg/kg) Chunxue		中桃红玉/(μg/kg) Zhongtaohongyu	
			套袋	未套袋	套袋	未套袋
醇类 Alcohols	脱氢芳樟醇	1 106	142.84	131.32	252.26	186.31
	己醇	868	286.46	349.34	58.67	114.27
	1-辛醇	1 072	32.77	45.38	33.44	41.83
	6-甲基-5-庚烯-2-醇	994	13.60	29.86	6.24	10.56
	E-2-辛烯-1-醇	1 067	26.18	29.68	23.20	37.13
	合计		501.85	585.58	373.81	390.10
醛类 Aldehydes	Z-3-己烯醛	800	120.34	77.43	185.97	133.37
	己醛	801	3 455.77	1 861.98	4 654.28	3 722.02
	三聚乙醛	776	1 816.50	1 876.76	1 822.02	1 679.22
	E-2-己烯醛	854	2 019.00	1 242.63	3 052.81	2 137.67
	E-2-辛烯醛	1 060	34.24	55.15	60.23	76.41
	(E,E)-2,4-壬二烯醛	1 216	83.88	141.84	230.38	124.23
	庚醛	903	11.49	10.95	23.80	21.37
	苯甲醛	960	361.00	250.09	257.88	184.17
	2-壬烯醛	1 161	326.18	325.09	306.19	282.39
	E-2-癸烯醛	1 263	8.39	19.56	36.87	45.15
	合计		8 236.79	5 861.48	10 630.43	8 406.00

表 3（续）						
种类 Classification	化合物名称 Compound name	保留指数 Retention index	春雪/(μg/kg) Chunxue		中桃红玉/(μg/kg) Zhongtaohongyu	
			套袋	未套袋	套袋	未套袋
萜类 Terpenes	Z-β-法呢烯	1 444	25. 51	25. 85	22. 61	24. 73
	α-蒎烯	1 376	26. 29	32. 18	21. 40	18. 56
	α-石竹烯	1 454	25. 96	55. 57	52. 50	57. 83
	β-罗勒烯	1 049	11. 43	17. 95	6. 78	12. 13
	大马土酮	1 386	50. 95	71. 48	61. 25	71. 60
	月桂烯	991	20. 64	43. 01	35. 69	43. 81
	萜品油烯	1 088	16. 02	17. 56	2. 81	12. 47
	β-水芹烯	1 031	11. 94	21. 20	26. 53	31. 45
	γ-松油烯	1 060	32. 60	51. 99	9. 94	14. 86
	L-紫苏醇	1 312	16. 10	23. 50	13. 14	15. 04
	α-马榄烯	1 443	15. 65	22. 39	13. 49	17. 37
	β-榄香烯	1 391	25. 07	25. 41	22. 22	24. 31
	β-紫罗兰酮	1 426	9. 57	8. 48	8. 34	8. 04
	柠檬烯	1 030	1. 21	4. 47	10. 41	34. 20
合计			288. 94	421. 04	307. 11	386. 40
酯类 Esters	乙酸己酯	1 014	1 013. 60	1 005. 82	1 150. 93	1 074. 90
	乙酸庚酯	1 112	157. 51	188. 30	99. 91	170. 15
	戊酸芳樟酯	1 510	321. 39	346. 95	281. 74	351. 00
	茉莉酸甲酯	1 638	145. 98	159. 65	88. 13	125. 70
	Z-3-戊酸-己烯酯	1 237	490. 44	589. 65	91. 86	109. 48
	合计		2 128. 92	2 290. 37	1 812. 57	1 831. 23
内酯类 Lactones	δ-癸内酯	1 497	143. 49	150. 53	44. 09	37. 02
	γ-己内酯	1 065	311. 30	311. 73	255. 23	266. 82
	γ-十二内酯	1 609	9. 34	7. 78	7. 71	8. 29
	合计		464. 13	470. 04	307. 03	312. 13
烃类 Hydrocarbones	2-甲基-萘	1 297	55. 33	62. 71	25. 04	28. 11
	十一烷	1 100	57. 33	66. 17	29. 49	29. 80
	十四烷	1 400	56. 97	72. 41	61. 83	65. 62
	合计		169. 63	201. 29	116. 36	123. 53
酮类 Ketones	2-己酮	792	56. 55	23. 27	49. 00	56. 02
	1,2-环己二酮	1 062	52. 11	53. 29	28. 20	14. 01
	E-3-辛烯-2-酮	1 035	54. 86	28. 33	59. 05	47. 16
	2,5-辛二酮	984	19. 48	12. 11	43. 00	46. 42
	合计		183. 00	117. 00	179. 25	163. 61
总计 Total			11 973. 26	9 946. 80	13 726. 56	11 613. 00

E-2-己烯醛(70~200 μg/kg)、(E,E)-2,4-壬二烯醛(80~220 μg/kg),酯类物质乙酸己酯(500~600 μg/kg),萜类物质β-紫罗兰酮(1 100~1 400 μg/kg)等物质 OAV 得分较高,是构成桃果实

的主要呈香物质,对果实整体香气的形成具有重要贡献。果实套袋后,其主要呈香物质的 OAV 值升高,套袋后果实的香气变得更加浓郁可能是该原因导致。

表 4 套袋处理桃果实主要香气物质的 OAV 值
Table 4 OAV analysis of peach fruit under bagging treatment

编号 Number	香气成分 Aroma components	香气阈值/ (μg/kg)	春雪 Chunxue		中桃红玉 Zhongtaohongyu	
			套袋	未套袋	套袋	未套袋
Z1	己醇	500	0.57	0.70	0.12	0.23
Z2	脱氢芳樟醇	110	1.30	1.19	2.29	1.69
Z3	1-辛醇	110	0.30	0.41	0.30	0.38
Z4	己醛	4.5	767.95	413.77	1 034.28	827.12
Z5	庚醛	3	3.83	3.65	7.93	7.12
Z6	E-2-己烯醛	17	118.76	73.10	179.58	125.75
Z7	E-2-辛烯醛	3	11.41	18.38	20.08	25.47
Z8	E-2-癸烯醛	0.3	27.97	65.20	122.90	150.50
Z9	Z-3-己烯醛	0.25	481.36	309.72	743.88	533.48
Z10	(E,E)-2,4-壬二烯醛	1.06	79.13	133.81	217.34	117.20
Z11	苯甲醛	100	3.61	2.50	2.58	1.84
Z12	乙酸己酯	2	506.80	502.91	575.47	537.45
Z13	δ-癸内酯	100	1.43	1.51	0.44	0.37
Z14	γ-己内酯	1 600	0.19	0.19	0.16	0.17
Z15	γ-十二内酯	7	1.33	1.11	1.10	1.18
Z16	α-蒎烯	6	4.38	5.36	3.57	3.09
Z17	α-石竹烯	55	0.47	1.01	0.95	1.05
Z18	β-罗勒烯	34	0.34	0.53	0.20	0.36
Z19	萜品油烯	13.74	1.17	1.28	0.20	0.91
Z20	Z-β-法呢烯	107	0.24	0.24	0.21	0.23
Z21	月桂烯	100	0.21	0.43	0.36	0.44
Z22	β-紫罗兰酮	0.007	1 367.14	1 211.43	1 191.43	1 148.57
Z23	柠檬烯	10	0.12	0.45	1.04	3.42
Z24	2-甲基-萘	10	5.53	6.27	2.50	2.81

注:香气物质在水中的阈值参考席万鹏等^[12]。
Note: The threshold value of aroma components in water is referred to Xi W P et al^[12]。

2.6 套袋桃果实挥发性香气成分的PCA

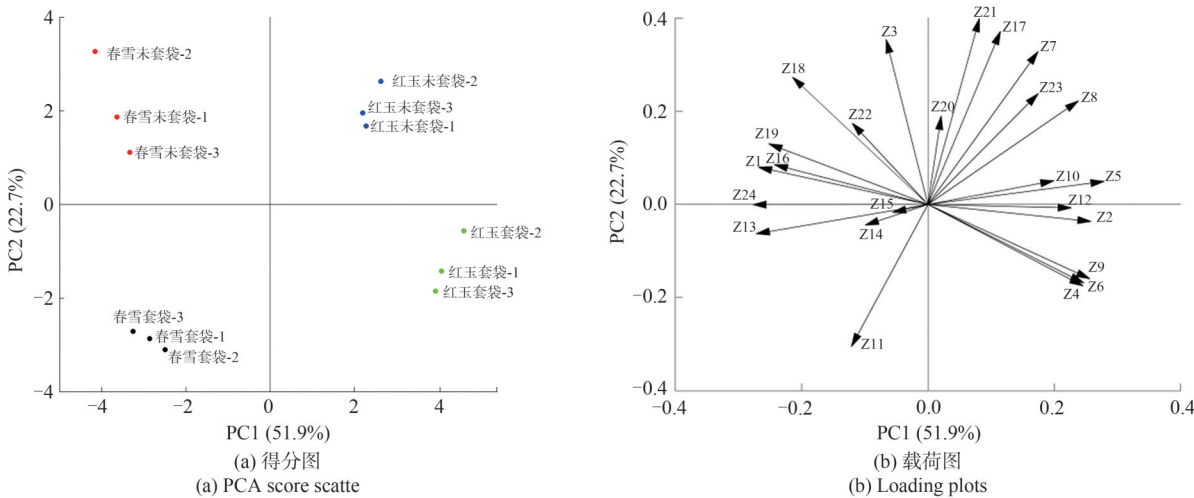
采用 Origin 2021 软件对上述 24 个特征香气成分进行 PCA 分析并作图。如表 5 所示,第 1 主成分的方差贡献率为 51.9%,第 2 主成分的方差贡献率为 22.7%,第 3 主成分的方差贡献率为 10.3%,累计达到 84.9%,可有效反映原数据的大部分信息。通过主成分分析,将原有的 24 个组分,减少到 3 个主成分,从而使引起不同桃品种套袋挥发性香气成分差异的多维数据降到二维,差异更加明显化。对

套袋桃挥发性香气进行主成分分析表明套袋桃挥发性香气成分差异较大,通过 PCA 能将其区分开(图 2(a))。由图 2(b)可知,苯甲醛和 γ -十二内酯在‘春雪’套袋桃果实中的含量相对较高,己醇、 α -蒎烯和 β -罗勒烯在‘春雪’未套袋桃果实中的含量相对较高,脱氢芳樟醇、己醛、E-2-己烯醛和 Z-3-己烯醛在‘中桃红玉’套袋桃果实中的含量相对较高,E-2-辛烯醛、E-2-癸烯醛和柠檬烯在‘中桃红玉’未套袋桃果实中的含量相对较高。

表 5 5 个 PC 的特征值及其贡献率

Table 5 Characteristic value and their cumulative contribution rates of five principal components

主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	方差贡献率/% Variance contribution rate	累计方差贡献率/% Cumulative variance contribution rate
1	12.5	51.9	51.9
2	5.5	22.7	74.6
3	2.5	10.3	84.9
4	2.0	8.3	93.2
5	1.3	5.4	98.6



图(b)中编号代表含义见表 4。The meanings of numbers in figure (b) are shown in Table 4.

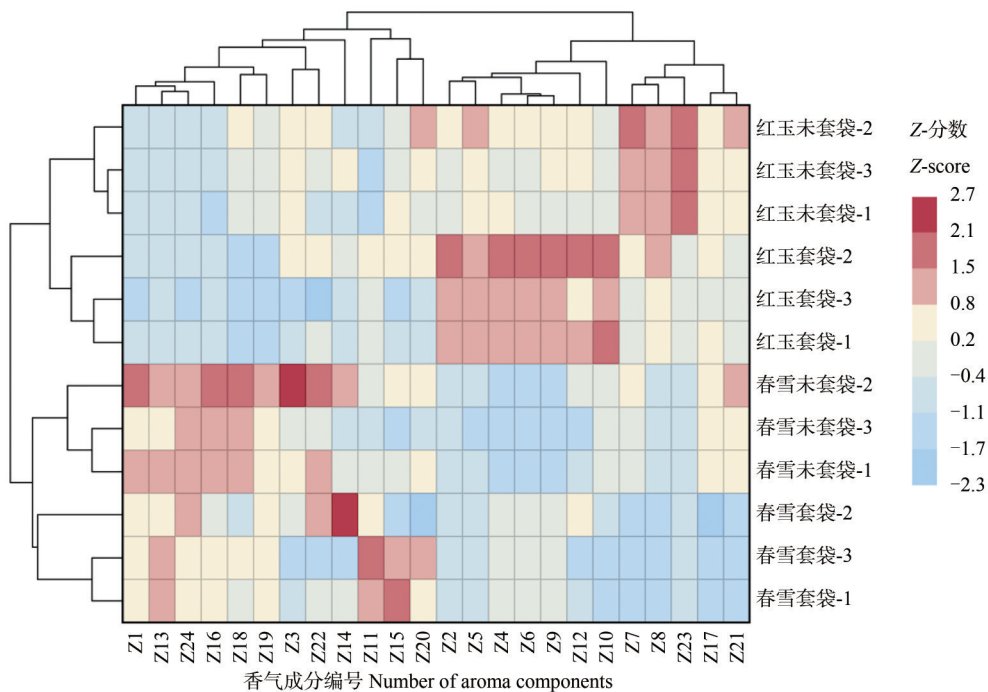
图 2 套袋处理桃果实主成分得分图和载荷图

Fig. 2 PCA score scatter and loading plots of volatile components under bagging treatment

2.7 套袋后果实挥发性香气成分的聚类分析

为进一步确认套袋与未套袋桃样本间的差异,对表 4 中挥发性香气成分进行聚类分析(图 3)。通过聚类分析使得样品中相似度高的物质聚集在一起,样品之间的差异得以直观呈现。由图 3 可知,图中树状为不同处理的样品聚类,填充的颜色深浅表

示样品中的各类挥发性香气成分含量的高低。‘春雪’与‘中桃红玉’两品种间其同一香气成分的含量存在显著差异,这可能是导致不同品种之间特有风味的原因;同一品种套袋与未套袋之间同一香气成分的含量存在显著差异,这可能是造成同一品种套袋与未套袋果实香味浓度不同的原因。



Z1:己醇;Z2:脱氢芳樟醇;Z3:1-辛醇;Z4:己醛;Z5:庚醛;Z6:E-2-己烯醛;Z7:E-2-辛烯醛;Z8:E-2-癸烯醛;Z9:Z-3-己烯醛;Z10:(E,E)-2,4-壬二烯醛;Z11:苯甲醛;Z12:乙酸己酯;Z13: δ -癸内酯;Z14: γ -己内酯;Z15: γ -十二内酯;Z16: α -蒎烯;Z17: α -石竹烯;Z18: β -罗勒烯;Z19:蒎品油烯;Z20:Z- β -法呢烯;Z21:月桂烯;Z22: β -紫罗兰酮;Z23:柠檬烯;Z24:2-甲基-萘。

Z1: Hexanol; Z2: Hotrienol; Z3: 1-Octanol; Z4: Hexanal; Z5: Heptanal; Z6: E-2-Nonenal; Z7: E-2-Octenal; Z8: E-2-Decenal; Z9: Z-3-Hexenal; Z10: (E, E)-2, 4-Nonadiena; Z11: Benzaldehyde; Z12: Acetic acid, hexyl ester; Z13: δ -decalactone; Z14: γ -Hexalactone; Z15: γ -Dodecalactone; Z16: α -Pinene; Z17: α -Caryophyllene; Z18: β -Ocimene; Z19: Terpinolene; Z20: Z- β -Farnesene; Z21: Myrcene; Z22: β -Ionone; Z23: Limonene; Z24: 2-Methylnaphthalene.

图3 套袋桃果实挥发性香气成分聚类分析热图

Fig. 3 Heat map from cluster analysis of volatile components under bagging treatment

3 讨论

日光温室栽培使得温室内外环境的温度出现很大差别,对于果实的同一生长发育阶段,温室内低温有利于增加细胞分裂,增加细胞数量,提高设施栽培果实的大小和重量^[24]。桃果实的生长发育经历幼果膨大期、硬核期、果实迅速生长和成熟期,果实重量的增加主要出现在第三时期,该时期内果实重量的增加占总单果重的50%~70%。本试验中,日光温室内两品种桃果实的单果重套袋果实都显著高于未套袋果实,可能是果实生长后期袋内温度低于袋外温度引起的。本试验套袋后,果实果面色泽发生了明显改变,果皮的 L^* 、 a^* 和 C^* 值显著提高,果皮的亮度、红绿色差和色泽饱和度提高;果皮的 b^* 值减小,果皮的黄色面积降低,该结果与Jia等^[25]、李桂祥等^[26]研究结果相一致;但与在枇杷、金沙柚上的研究结果相反^[27-28],可能与试验所用树种

不同有关。

果实套袋后其所处的微环境的光照降低使其光合能力受到限制,果实糖积累受到严重影响,同时套袋对整个植株也有一定的遮光作用,会降低植株的光合作用,进而影响果实中光合产物的积累和分配^[29-30]。本研究表明,套袋使桃果实生长在一个相对封闭的环境,使其在白天微环境中的温度高于袋外的温度,当夜间温度降低时,温度最小值也高于对照。套袋营造的温度高、光照低的微环境,使果实总糖和总酸含量均显著降低,其中蔗糖、葡萄糖和有机酸下降较明显,这与苹果^[31-32]、桃^[17-18,33]、梨^[34]等果实中糖酸组分的变化趋势相似。套袋后可溶性固形物含量显著降低。对于‘春雪’和‘中桃红玉’品种,套袋后果实糖、酸及可溶性固形物含量的降低可能是导致2个品种口感上甜味略有变淡、酸味减轻的原因。

目前已从桃果实中鉴定出100多种香气物质,

不同品种其香气物质种类和含量不尽相同^[35-40],且果实所处的环境如果发生改变,也会影响其香气物质种类及含量^[15,41-43]。套袋处理改变了果实所处的环境。Jia等^[25]研究‘Hakuho’桃时发现,套袋增加了其挥发性香气成分的含量,进而提高了果实的风味品质;而Wang等^[44]研究发现,套袋使‘晚蜜’桃果实的C₆化合物、酯类、内酯类和总挥发物的总量显著降低,风味变淡。本试验中桃果实套袋后,显著提高了果实中醛类和酮类物质的含量,醇类和酯类等物质的含量降低,但果实香气含量总量明显高于未套袋果实的香气含量总量。桃果实中的醛类物质如Z-3-己烯醛、E-2-己烯醛是其主要的“青香型”香气物质,酯类和内酯类物质如乙酸己酯、 δ -癸内酯、 γ -己内酯是其主要的“果香型”香气物质,萜类物质如 β -紫罗兰酮是其主要的“花香型”香气物质^[39]。本试验结合OAV分析,明确了己醛、Z-3-己烯醛、E-2-己烯醛、乙酸己酯和 β -紫罗兰酮为‘春雪’‘中桃红玉’桃果实的主要呈香物质,且这几种主要呈香物质在果实套袋后OAV值都明显升高,使得果实套袋后青香和花香味变得更加浓郁;而“果香型”香气物质如乙酸己酯、 γ -十二内酯其OAV值虽略有升高但没有“青香型”和“花香型”物质明显,这可能是其果香味变化不大的原因。本试验仅分析了套袋对温室栽培桃果实外观和内在品质的影响,而对其他栽培技术并未涉及,后续的研究可进一步开展探索,为后续改善和提高温室栽培桃果实品质提供技术支撑。

4 结 论

日光温室栽培‘春雪’‘中桃红玉’两品种桃进行外黄内黑双层袋果袋套袋处理后,与未套袋相比较,可增加其果实果个大小、改善果面色泽、改变糖酸组分含量、明显提高果实中醛类和酮类挥发性香气成分含量,且香气含量总量显著升高;通过对桃香气物质的OAV分析,发现‘春雪’与‘中桃红玉’共有的重要香气物质为己醛、Z-3-己烯醛、E-2-己烯醛、乙酸己酯和 β -紫罗兰酮,这些物质是桃的主要呈香物质,且套袋后这些物质OAV值都有升高。因此,综合果袋对果实外在和内在品质的影响结果,日光温室‘春雪’与‘中桃红玉’桃套袋后着色效果好,果实的外观质量提升,果实风味更加浓郁。

参考文献 References

- [1] 王志强,何方,牛良,刘淑娥.设施栽培油桃光合特性研究[J].园艺学报,2000,27(4):245-250
Wang Z Q, He F, Niu L, Liu S E. A comparative research on photosynthesis of nectarine grown inside and outside greenhouses [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, 27(4): 245-250 (in Chinese)
- [2] 李中勇,高东升.土壤施钙对设施油桃贮藏期间果实抗氧化系统的影响[J].河南农业科学,2014,43(6):116-119
Li Z Y, Gao D S. Effects of applying calcium in soil on fruit antioxidant system of nectarine under protected culture during storage period [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2014, 43(6): 116-119 (in Chinese)
- [3] 孟海凤.旭日桃的设施栽培研究[D].泰安:山东农业大学,2015
Meng H F. The study of protected cultivation of ‘Xuri’ nectarine [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015 (in Chinese)
- [4] 李永红,王召元,常瑞丰,刘国俭,徐金涛,韩继成,陈湖.设施桃灰霉病的绿色防治方法[J].中国果树,2018(2):39-41
Li Y H, Wang Z Y, Chang R F, Liu G J, Xu J T, Han J C, Chen H. Green control method of *Botrytis cinerea* in protected peach [J]. *China Fruits*, 2018(2): 39-41 (in Chinese)
- [5] 王孝娣,刘凤之,史祥宾,王宝亮,郑晓翠,王海波.氨基酸硒对桃设施栽培环境适应性的影响[J].中国土壤与肥料,2015(5):67-71
Wang X D, Liu F Z, Shi X B, Wang B L, Zheng X C, Wang H B. Effects of selenoamino acids addition on the adaptability of peach (*Prunus persica*) to the condition of protected cultivation [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2015(5): 67-71 (in Chinese)
- [6] 张梅.设施桃果实香气组分及相关性研究[D].泰安:山东农业大学,2007
Zhang M. Studies on aroma components and correlation analysis of peach fruit in protected culture [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2007 (in Chinese)
- [7] Jia H J, Okamoto G. Distribution of volatile compounds in peach fruit [J]. *Engei Gakkai Zasshi*, 2001, 70(2): 223-225
- [8] Aubert C, Günata Z, Ambid C, Baumes R. Changes in physicochemical characteristics and volatile constituents of yellow- and white-fleshed nectarines during maturation and artificial ripening [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(10): 3083-3091
- [9] 张晓萌.桃果实成熟过程中香气成分形成及其生理机制研究[D].杭州:浙江大学,2005
Zhang X M. Physiological studies on aroma volatile formation in peach fruit [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2005 (in Chinese)
- [10] Agozzino P, Avellone G, Filizzola F, Farinal V, Bianco R L. Changes in quality parameters and volatile aroma compounds in ‘Fairtime’ peach during fruit development and ripening [J]. *Italian Journal of Food Science*, 2007, 19(1): 3-14. 36 ref
- [11] Aubert C, Milhet C. Distribution of the volatile compounds in the different parts of a white-fleshed peach (*Prunus persica* L Batsch) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(1): 375-384
- [12] 席万鹏,郁松林,周志钦.桃果实香气物质生物合成研究进展[J].园艺学报,2013,40(9):1679-1690
Xi W P, Yu S L, Zhou Z Q. Advances in aroma compounds biosynthesis of peach fruit [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(9): 1679-1690 (in Chinese)
- [13] Bianchi T, Weesepeel Y, Koot A, Iglesias I, Eduardo I, Gratacós-

- Cubarsí M, Guerrero L, Hortós M, van Ruth S. Investigation of the aroma of commercial peach (*Prunus persica* L Batsch) types by Proton Transfer Reaction - Mass Spectrometry (PTR-MS) and sensory analysis [J]. *Food Research International*, 2017, 99: 133-146
- [14] Ortiz A, Graell J, López M L, Echeverría G, Lara I. Volatile ester-synthesising capacity in 'Tardibelle' peach fruit in response to controlled atmosphere and 1-MCP treatment[J]. *Food Chemistry*, 2010, 123(3): 698-704
- [15] Zhang B, Xi W P, Wei W W, Shen J Y, Ferguson I, Chen K S. Changes in aroma-related volatiles and gene expression during low temperature storage and subsequent shelf-life of peach fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 60(1): 7-16
- [16] Cai H F, Han S, Jiang L, Yu M L, Ma R J, Yu Z F. 1-MCP treatment affects peach fruit aroma metabolism as revealed by transcriptomics and metabolite analyses [J]. *Food Research International*, 2019, 122: 573-584
- [17] 丁勤, 韩明玉, 田玉命. 套袋对油桃果实裂果及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(9): 81-83
Ding Q, Han M Y, Tian Y M. Effect of bagging on nectarine fruit quality and fruit cracking [J]. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2004, 32(9): 81-83 (in Chinese)
- [18] 陈栋, 谢红江, 李靖, 孙淑霞, 涂美艳, 江国良. 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
Chen D, Xie H J, Li J, Sun S X, Tu M Y, Jiang G L. Effects of bagging on fruit quality and variation of skin pigment of peach [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 24(6): 2132-2136 (in Chinese)
- [19] McGuire R G. Reporting of objective color measurements [J]. *HortScience*, 1992, 27(12): 1254-1255
- [20] 沈志军, 马瑞娟, 俞明亮, 蔡志翔, 宋宏峰, 李晓. 桃果实发育过程中主要糖及有机酸含量的变化分析[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 130-134
Shen Z J, Ma R J, Yu M L, Cai Z X, Song H F, Li X. Regularity analysis of main sugar and acid in fruit development of peach [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2007, 22(6): 130-134 (in Chinese)
- [21] GB 23200.8—2016. 食品安全国家标准水果和蔬菜中500种农药及相关化学品残留量的测定气相色谱-质谱法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017
GB 23200.8—2016. National food safety standards-determination of 500 pesticides and related chemicals residues in fruits and vegetables Gas chromatography-mass spectrometry [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese)
- [22] Yuan H L, Cao G P, Hou X D, Huang M L, Du P M, Tan T T, Zhang Y J, Zhou H H, Liu X Q, Liu L, Jiangfang Y D, Li Y F, Liu Z H, Fang C Y, Zhao L Q, Fernie A R, Luo J. Development of a widely targeted volatilomics method for profiling volatiles in plants [J]. *Molecular Plant*, 2022, 15(1): 189-202
- [23] Holcman E, Sentelhas P C, Conceição M A F, Couto H T Z. Vineyard microclimate and yield under different plastic covers [J]. *International Journal of Biometeorology*, 2018, 62(6): 925-937
- [24] 杨恒, 魏安智, 杨途熙, 徐养福, 撒文清, 张睿. 日光温室栽培对杏花及果实生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(11): 1931-1935
Yang H, Wei A Z, Yang T X, Xu Y F, Sa W Q, Zhang R. Effects of greenhouse cultivation on blossom and fruit development of apricot [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2003, 23(11): 1931-1935 (in Chinese)
- [25] Jia H J, Araki A, Okamoto G. Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35(1): 61-68
- [26] 李桂祥, 马瑞娟, 张斌斌, 俞明亮, 倪林箭. 套袋对霞晖6号桃果实发育过程中果皮色素含量和色差的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(6): 1418-1423
Li G X, Ma R J, Zhang B B, Yu M L, Ni L J. Effect of bagging on peel pigment content and fruit chromatism of peach cultivar Xiahui 6 [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 28(6): 1418-1423 (in Chinese)
- [27] 冯健君, 陈俊伟, 徐红霞, 张豫超, 谢鸣, 胡余楚. 果袋透光性对宁海白枇杷果实品质及抗氧化能力的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(1): 66-70
Feng J J, Chen J W, Xu H X, Zhang Y C, Xie M, Hu Y C. Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and antioxidant capacity in Ninghaibai loquat cultivar [J]. *Journal of Fruit Science*, 2009, 26(1): 66-70 (in Chinese)
- [28] 文婷, 靳三鹏, 杨莉, 刘德春, 胡威, 匡柳青, 刘勇. 不同套袋处理对金沙柚果实品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2023, 45(1): 78-87
Wen T, Jin S P, Yang L, Liu D C, Hu W, Kuang L Q, Liu Y. Effects of different bagging treatments on the quality of Jinsha pomelo [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2023, 45(1): 78-87 (in Chinese)
- [29] 陈俊伟, 张上隆, 张良诚, 徐昌杰, 陈昆松. 柑橘果实遮光处理对发育中的果实光合产物分配、糖代谢与积累的影响[J]. 植物生理学报, 2001(6): 499-504
Chen J W, Zhang S L, Zhang L C, Xu C J, Chen K S. Effects of fruit shading on photosynthate partitioning, sugar metabolism and accumulation in developing *Satsuma* mandarin (*Citrus unshiu* Marc) fruit [J]. *Acta Phytophysiological Sinica*, 2001(6): 499-504 (in Chinese)
- [30] Li S H, GÉnard M, Bussi C, Huguet J G, Habib R, Besset J, Laurent J. Fruit quality and leaf photosynthesis in response to microenvironment modification around individual fruit by covering the fruit with plastic in nectarine and peach trees [J]. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2001, 76(1): 61-69
- [31] 郝燕燕, 任宏伟, 郭平毅. 苹果果实套袋对光合同化物积累与转化的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 233-239
Hao Y Y, Ren H W, Guo P Y. Effects of bagging on the accumulation and transformation of photosynthates in apple fruits [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(2): 233-239 (in Chinese)
- [32] 刘美英, 赵明, 赵玲玲, 唐岩, 孙燕霞, 刘大亮, 张学勇, 姜中武. 4个矮化自根砧短枝富士品种套袋与不套袋果实品质比较分析[J]. 中国农学通报, 2020, 36(22): 38-43
Liu M Y, Zhao M, Zhao L L, Tang Y, Sun Y X, Liu D L, Zhang X Y, Jiang Z W. Bagged and non-bagged fruits of 4 dwarfing rootstocks short-shoot fuji cultivars: Quality comparison [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(22): 38-43 (in Chinese)
- [33] 郭东花, 范崇辉, 李高潮, 白红, 石佩, 贺会强, 柴琳, 连昭远. 不同果袋对'阿布白'桃果实香气成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 232-237
Guo D H, Fan C H, Li G C, Bai H, Shi P, He H Q, Chai L, Lian Z Y. Effects of bagging on the aroma components of 'abubai' peaches [J]. *Food Science*, 2016, 37(2): 232-237 (in Chinese)
- [34] 姜晓艳, 李俊才, 王家珍, 沙守峰, 蔡忠民, 李宏军. 套袋对'早金酥'梨果实品质的影响[J]. 中国果树, 2021(5): 44-47
Jiang X Y, Li J C, Wang J Z, Sha S F, Cai Z M, Li H J. Effect of bagging on fruit quality of 'Zaojinsu' pear [J]. *China Fruits*, 2021(5): 44-47 (in Chinese)
- [35] Wang Y J, Yang C X, Li S H, Yang L, Wang Y N, Zhao J B, Jiang Q. Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-

- SPME with GC-MS[J]. *Food Chemistry*, 2009, 116(1): 356-364
- [36] Sánchez G, Besada C, Badenes M L, Monforte A J, Granell A. A non-targeted approach unravels the volatile network in peach fruit[J]. *PLoS One*, 2012, 7(6): e38992
- [37] Kakiuchi N, Ohmiya A. Changes in the composition and content of volatile constituents in peach fruits in relation to maturity at harvest and artificial ripening[J]. *Engei Gakkai Zasshi*, 1991, 60(1): 209-216
- [38] Matsui K. Green leaf volatiles: Hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism[J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2006, 9(3): 274-280
- [39] Visai C, Vanoli M. Volatile compound production during growth and ripening of peaches and nectarines [J]. *Scientia Horticulturae*, 1997, 70(1): 15-24
- [40] Zhang B, Shen J Y, Wei W W, Xi W P, Xu C J, Ferguson I, Chen K S. Expression of genes associated with aroma formation derived from the fatty acid pathway during peach fruit ripening [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(10): 6157-6165
- [41] Ortiz A, Echeverria G, Graell J, Lara I. Overall quality of 'Rich Lady' peach fruit after air- or CA storage. The importance of volatile emission [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42(9): 1520-1529
- [42] Mattheis J P, Fan X T, Argenta L C. Interactive responses of gala apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(11): 4510-4516
- [43] Beaulieu J C. Volatile changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cuts prepared from fruit harvested at various maturities [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2006, 131(1): 127-139
- [44] Wang Y J, Yang C X, Liu C Y, Xu M, Li S H, Yang L, Wang Y N. Effects of bagging on volatiles and polyphenols in "Wanmi" peaches during endocarp hardening and final fruit rapid growth stages [J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(9): S455-S460

责任编辑:董金波



第一作者简介: 李杰,硕士,河北省农林科学院昌黎果树研究所副研究员。现主要从事桃种质资源评价、新品种选育及设施桃栽培技术应用推广等工作。主持和参加国家、省部级课题7项。获得河北省林学会一等奖1项;参与编制著作1部;取得国家发明专利2项;发表学术论文15余篇。



通讯作者简介: 王召元,硕士,河北省农林科学院昌黎果树研究所研究员。现任河北省现代农业产业技术体系桃产业创新团队设施栽培岗位专家。主要从事桃优质高效栽培技术研究、桃种质资源评价利用及桃新品种选育工作。主持和参加国家、省部级课题13项,取得科研成果3项。获得河北省科技进步三等奖1项、技术发明三等奖1项、河北省农林科学院科学技术二等奖1项;选育新品种5个;获国家新品种保护2个;制定并颁布地方标准4项;取得国家发明专利6项;发表学术论文40余篇。