



王雨,李永红,李杰,田启航,田振东,刘国俭,常瑞丰,王召元. 不同果袋对设施桃果实品质的影响及综合评价[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(11): 85-97.
WANG Yu, LI Yonghong, LI Jie, TIAN Qihang, TIAN Zhendong, LIU Guojian, CHANG Ruifeng, WANG Zhaoyuan. Effects of different fruit bags on the quality of protected peach and their comprehensive evaluation[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(11): 85-97.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.11.07

不同果袋对设施桃果实品质的影响及综合评价

王雨 李永红 李杰 田启航 田振东 刘国俭 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 为探究不同果袋对设施桃果实品质的影响,以设施桃优系‘C26-7-17’‘瑞蟠25号’两品种为试材,以不套袋为对照,设置黄袋、白袋和外黄内黑袋共4个处理,测定果实外观品质和内在品质,并对测定指标进行相关性分析和主成分分析,对3种果袋的应用效果进行综合评价。结果表明:1)外观品质上,3种果袋对两品种的果皮着色影响一致。两品种在黄袋和外黄内黑袋处理下果皮亮度增加,着色较黄,红色度减少。优系‘C26-7-17’在外黄内黑袋处理下单果重显著增加($P<0.05$),‘瑞蟠25号’则显著降低($P<0.05$)。套袋均降低了两品种的带皮硬度,以优系‘C26-7-17’最为明显。单果重与纵径、 b^* 与纵径两组指标呈显著正相关。2)内在品质上,套袋对两品种可溶性固形物含量无显著影响,黄袋和白袋处理‘C26-7-17’的葡萄糖含量显著降低($P<0.05$),‘瑞蟠25号’则显著增加($P<0.05$)。3个果袋均降低了‘C26-7-17’的苹果酸和柠檬酸含量,增加了酒石酸含量;套袋增加了‘瑞蟠25号’的苹果酸含量,黄袋和白袋增加了柠檬酸含量,白袋和外黄内黑袋降低了酒石酸含量。蔗糖含量与葡萄糖含量之间呈极显著正相关($P<0.01$),柠檬酸、酒石酸含量均与蔗糖、葡萄糖含量呈极显著负相关($P<0.01$),且套袋对品质的影响具有品种差异性。3)综合评价优系‘C26-7-17’‘瑞蟠25号’的最适果袋分别为外黄内黑袋和黄袋。研究结果为北方地区设施桃生产中果袋的应用提供了参考。

关键词 桃;设施栽培;果袋;果实品质;综合评价

中图分类号 S662.1

文章编号 1007-4333(2025)11-0085-13

文献标志码 A

Effects of different fruit bags on the quality of protected peach and their comprehensive evaluation

WANG Yu, LI Yonghong, LI Jie, TIAN Qihang, TIAN Zhendong, LIU Guojian,
CHANG Ruifeng, WANG Zhaoyuan*

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

Abstract To explore the influence of different fruit bags on the fruit quality of protected peach, two varieties of protected peach, ‘C26-7-17’ and ‘Ruipan 25’, were used as test materials, with no bagging as the control. Four treatments, including yellow bag, white bag, and outer yellow and inner black bag, were set up to measure the appearance and internal quality of the fruit. Correlation analysis and principal component analysis were conducted on the measured indicators. A comprehensive evaluation was conducted on the application effects of the three types of fruit bags. The results showed that: 1) In terms of appearance quality, the three types of fruit bags had the same effect on the skin coloring of the two varieties. Under the treatment of yellow bag and

收稿日期: 2025-06-05

基金项目: 河北省农林科学院基本科研业务费项目(2025020102);河北省农林科学院科技创新专项(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项目(CARS-30-Z-02);河北省现代农业产业技术体系创新团队建设(项目(HBCT2023130205))

第一作者: 王雨(ORCID:0009-0007-6545-3827),助理研究员,主要从事桃育种与栽培生理研究,E-mail:912963518@qq.com

通讯作者: 王召元(ORCID:0009-0003-5898-9421),研究员,主要从事桃育种与栽培生理研究,E-mail:wangzhaoyuan1981@sina.com

outer yellow inner black bag, the brightness of the fruit peels of the two varieties increased, the coloration became yellower, and the redness decreased. The fruit weight of 'C26-7-17' significantly increased when treated with a yellow outer layer and black inner bag ($P<0.05$), while that of 'Ruipan 25' significantly decreased ($P<0.05$). The bagging reduced the hardness of the bark of both varieties, with the 'C26-7-17' being the most obvious. The fruit weight was significantly positively correlated with the longitudinal diameter, and b^* was significantly positively correlated with the longitudinal diameter. 2) In terms of internal quality, bagging had no significant effect on the soluble solids content of the two varieties. The glucose content of 'C26-7-17' was significantly reduced under the yellow bag and white bag treatments ($P<0.05$), while that of 'Ruipan 25' was significantly increased ($P<0.05$). All three fruit bags reduced the malic acid and citric acid contents of 'C26-7-17' and increased the tartaric acid content. Bagging increased the malic acid content of 'Ruipan 25', yellow bags and white bags increased the citric acid content, and white bags and those with yellow outside and black inside reduced the tartaric acid content. There was an extremely significant positive correlation between the sucrose content and the glucose content ($P<0.01$), while the citric acid content and tartaric acid content were both extremely significant negative correlations with the sucrose content and the glucose content ($P<0.01$). Moreover, the impact of bagging on quality varies by variety. 3) The most suitable fruit bags for the comprehensive evaluation of the 'C26-7-17' and 'Ruipan 25' were outer yellow and inner black bags and yellow bags, respectively. The research results provide reference for the application of fruit bags in protected peach production in the northern regions.

Keywords peach; facility cultivation; fruit bag; fruit quality; comprehensive evaluation

设施栽培是冀东地区桃树生产的重要栽培模式,可填补市场空档,增加果农收入,提升桃产业的经济和社会效益^[1-2]。果实品质是影响设施桃产业发展的主要因素,为此,国内学者在栽培技术上进行了多方面的探索,如施用肥料^[3-5]、改善光照^[6]、改善土壤通气状况^[7]等,但套袋技术对设施桃果实品质影响的报道较少。

套袋是生产上常用的一种栽培措施,在柑橘^[8]、苹果^[9]、梨^[10]、葡萄^[11]等水果和黄瓜^[12]、番茄^[13]等蔬菜上均有应用研究。目前在设施栽培中,套袋技术逐渐普及。一方面用于提高果面光洁度、改善果皮着色和降低裂果率;另一方面通过果袋的阻隔,降低农药残留^[8,14],满足鲜桃空档期对绿色、高端果品的市场需求。在设施蟠桃和黄油桃的生产中,为降低裂果率、减少果锈且达到干净一致的果皮着色,套袋技术不可或缺。随着套袋技术的推广,果袋类型逐渐增多,在当前的研究结论中,套袋对果实品质的影响不尽一致^[15-16]。有学者认为套袋对品质的影响与套袋时间有关。Li等^[17]发现盛花后50 d左右对'湖景蜜露'套橘黄色果袋能提高其香气品质,郭东花等^[18]认为'瑞光19号'在花后40 d套袋果实着色和风味较好。此外造成套袋效果差异的原因可能与果袋类型、果实类型和当地气候条件有关^[19]。实际生产中,种植者大多随意使用果袋,并

不清楚哪种果袋效果最好,结果导致套袋后果实品质下降或者投入与经济效益不成正比。因此,探明套袋对桃果实品质的影响因素,改进套袋技术成为生产中需要解决的实际问题。

为探究不同果袋对设施桃果实品质的影响,本研究以设施桃优系'C26-7-17'和'瑞蟠25号'两品种为试材,通过测定果实外观品质和内在品质指标,比较不同果袋处理对两品种果实品质的影响,并运用主成分分析筛选出适宜的果袋,以期今后设施桃生产管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于河北省秦皇岛市昌黎县河北省农林科学院昌黎果树研究所院内日光温室开展。温室长63 m,宽10 m。试验期间常规管理,每株负载量基本一致。

1.2 材料及试验设计

试验材料为江苏省农业科学院果树研究所选育的黄肉毛桃优系'C26-7-17'和北京市农林科学院林业果树研究所选育的白肉蟠桃品种'瑞蟠25号',两品种均为4年生,主干形,平均树高1.7 m,株行距1.0 m×1.5 m。优系'C26-7-17'果实发育期110 d,需冷量180 h;'瑞蟠25号'果实发育期84 d,

需冷量 500 h。以不套袋为对照,设置黄袋、白袋和外黄内黑袋 3 种果袋处理。黄袋和白袋均为单层果袋,外黄内黑袋(透光率为 0)为双层果袋,3 种果袋规格型号均为 149 mm×187 mm,购自四川绿果林制袋有限公司。2 株为 1 小区,每个处理设置 3 个小区,3 次重复。在果实膨大期选取树体中上层且大小一致的果实进行套袋处理,后期各处理的管理方法一致,在成熟期摘袋采果,测定各项指标。优系‘C26-7-17’的套袋时间在花后 115 d(2023 年 3 月 18 日),4 月 20 日采摘测果;‘瑞蟠 25 号’套袋时间在花后 70 d(2023 年 4 月 10 日),5 月 12 日采摘测果。温室病虫害管理采用清水喷淋防治技术^[20-21],人工疏花疏果控梢,在套袋后喷施 1 次 0.3% 的磷酸二氢钾溶液。

1.3 测定方法

1.3.1 外观品质

外观品质在采果当天进行测定,每个指标测定 15 个果实。单果重使用电子天平进行测定,果实纵横径使用电子游标卡尺测量,果实带皮硬度使用 GY-4 果实硬度计测定,果皮色泽参数 L^* 、 a^* 、 b^* 和 h^* 使用 SPH 860 色差仪(Colorlite 公司,德国)测定。 L^* 表示果皮亮度,值越大越亮; a^* 为红绿色差指标,值越大红色越深; b^* 为黄蓝色差指标,值越大黄色越深; h^* 为综合指标,值越小颜色越偏红^[22]。

1.3.2 内在品质

可溶性固形物含量使用糖度计测定,每个处理

测定 15 个果实。将每个处理 5 个果实的果肉混匀液氮冷冻研磨后装入离心管,用于测定糖酸组分。果肉中的有机酸和可溶性糖含量采用高效液相色谱法(HPLC)测定^[3],测定仪器为岛津液相色谱仪(LC-20A)。

1.4 数据统计及分析

采用 Excel 2020 软件进行数据整理,使用 SPSS Statistics 24.0 软件进行差异显著性分析($P<0.05$)和主成分分析,用 Origin 2021 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同果袋对设施桃外观品质的影响

不同果袋对设施桃果实的外观品质有显著影响,但不同品种间差异较大(表 1)。优系‘C26-7-17’在外黄内黑袋处理下单果重、果实横径最大,分别为 230.70 g 和 76.95 mm,显著高于对照 30.99% 和 10.23% ($P<0.05$);黄袋和白袋处理下单果重、果实纵径显著低于对照($P<0.05$)。各套袋处理均使‘C26-7-17’果实硬度显著降低($P<0.05$),其中以白袋和外黄内黑袋处理降低最明显。3 种果袋对‘瑞蟠 25 号’的果形和重量影响不大,只有外黄内黑袋处理显著降低了‘瑞蟠 25 号’的单果重($P<0.05$),降低比例为 9.98%;套袋后‘瑞蟠 25 号’的果实硬度均有所降低,在黄袋处理下‘瑞蟠 25 号’的果实硬度最低,为 7.96 kg/cm²,与对照相比差异显著($P<0.05$);其他处理与对照相比差异不显著。

表 1 不同果袋对设施桃外观品质的影响

Table 1 Effects of different fruit bags on the appearance quality of protected peach

品种 Variety	处理 Treatment	单果重/g Fruit weight	纵径/mm Longitudinal diameter	横径/mm Transverse diameter	带皮硬度/ (kg/cm ²) Fruit hardness
C26-7-17	对照	176.13±19.55b	67.72±3.13a	69.81±2.62b	9.15±0.67a
	黄袋	136.61±17.25d	61.21±3.63b	64.31±2.93c	6.45±0.76b
	白袋	156.25±20.33c	63.38±2.18b	68.06±3.45b	1.67±0.39c
	外黄内黑袋	230.70±14.14a	69.61±2.05a	76.95±4.48a	1.76±0.42c
瑞蟠 25 号 Ruipan 25	对照	136.15±9.36a	45.30±2.47a	76.96±4.25a	11.16±1.40a
	黄袋	138.43±10.13a	44.67±4.91a	78.24±6.46a	7.96±0.74b
	白袋	147.91±11.03a	48.06±3.95a	77.27±2.70a	9.95±1.50a
	外黄内黑袋	122.57±12.93b	43.72±4.90a	76.02±6.05a	9.39±1.61ab

注:不同字母表示处理之间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different letters indicate significant differences between treatments ($P<0.05$). The same below.

‘C26-7-17’‘瑞蟠25号’两品种在4个处理下 L^* 、 a^* 和 h^* 这3个指标的变化趋势和差异显著性一致(表2)。在黄袋和外黄内黑袋处理下果皮着色与对照差异显著,具体表现在果皮亮度增加,着色较对照偏黄,红色度减少;白袋处理下两品种与对照相比果皮着色无明显差异。‘C26-7-17’在黄袋和外黄内黑袋处理下 b^* 值分别为32.53和34.98,显著增加了20.84%和29.92%($P<0.05$),即黄色度加深。说明黄袋和外黄内黑袋处理显著提高了两品种的果面光亮度,并改善了果面色泽。

表2 不同果袋对设施桃果实着色的影响
Table 2 Effects of different fruit bags on fruit coloration of protected peach

品种 Variety	处理 Treatment	L^*	a^*	b^*	h^*
C26-7-17	对照	56.53±1.83c	9.51±1.44a	26.92±2.72c	70.49±5.53b
	黄袋	62.10±1.13b	4.98±0.79b	32.53±2.30b	82.18±2.12a
	白袋	58.14±1.94c	9.18±1.35a	28.81±2.81c	73.19±6.25b
	外黄内黑袋	65.44±1.14a	4.30±0.57b	34.98±1.12a	83.40±3.43a
瑞蟠25号 Ruipan 25	对照	54.44±3.96c	9.55±3.89a	19.20±1.92a	68.26±4.84c
	黄袋	62.50±2.40b	1.90±2.89b	21.05±1.91a	84.43±7.98b
	白袋	57.21±2.60c	6.61±3.33a	19.65±2.25a	70.61±9.03c
	外黄内黑袋	68.63±2.02a	-1.16±1.31b	20.99±1.16a	93.26±3.55a

2.2 不同套袋处理对设施桃内在品质的影响

2.2.1 对可溶性固形物和可溶性糖含量的影响

由表3可知,套袋对两品种的可溶性固形物含量影响不明显。黄袋和白袋处理显著降低了‘C26-7-17’的果糖和葡萄糖的质量分数($P<0.05$),降低比例为10.55%~17.19%;外黄内黑袋处理下‘C26-7-17’的山梨醇质量分数显著降低了28.5%;‘C26-7-17’的蔗糖质量分数也在外黄内黑袋处理下最低,为25.96 mg/g,但与其他处理相

比差异不明显。白袋处理显著增加了‘瑞蟠25号’的蔗糖和葡萄糖质量分数($P<0.05$),增加比例分别为11.31%和7.91%;可溶性固形物含量在白袋处理下最高,为12.18%,但与其他处理差异不显著;‘瑞蟠25号’的山梨醇质量分数在黄袋和外黄内黑袋处理下较对照分别显著降低了28.26%和25.36%($P<0.05$);黄袋显著增加了‘瑞蟠25号’的葡萄糖质量分数($P<0.05$),增加比例为9.31%。

表3 不同果袋对设施桃可溶性糖及可溶性固形物含量的影响
Table 3 Effects of different fruit bags on the contents of soluble sugar and soluble solids in protected peach

品种 Variety	处理 Treatment	蔗糖质量分数/ (mg/g) Mass fraction of sucrose	果糖质量分数/ (mg/g) Mass fraction of fructose	葡萄糖质量分 数/(mg/g) Mass fraction of glucose	山梨醇质量分 数/(mg/g) Mass fraction of sorbitol	可溶性固形物含 量/% Soluble solids content
C26-7-17	对照	28.28±1.90a	4.69±0.47a	3.98±0.28a	1.44±0.07a	10.55±1.04a
	黄袋	28.51±1.73a	3.97±0.34b	3.52±0.18b	1.44±0.14a	11.35±1.45a
	白袋	28.25±1.03a	3.89±0.10b	3.56±0.05b	1.44±0.08a	11.25±1.43a
	外黄内黑袋	25.96±0.51a	4.39±0.27ab	4.15±0.13a	1.03±0.02b	10.62±1.34a
瑞蟠25号 Ruipan 25	对照	63.75±0.59b	3.57±0.17a	5.69±0.15b	1.38±0.10a	11.83±0.78a
	黄袋	64.78±0.88b	3.59±0.04a	6.22±0.14a	0.99±0.02b	11.30±0.48a
	白袋	70.96±0.41a	3.56±0.10a	6.14±0.21a	1.26±0.18a	12.18±1.19a
	外黄内黑袋	64.15±2.18b	3.44±0.21a	5.37±0.28b	1.03±0.08b	11.43±1.23a

2.2.2 对有机酸含量的影响

套袋处理后,两品种的有机酸含量表现出相反的变化特征(表4)。优系‘C26-7-17’的3个套袋处理均降低了‘C26-7-17’的苹果酸和柠檬酸含量,增加了酒石酸含量;除了外黄内黑袋下的苹果酸含量外,其余处理的3种酸含量均与对照相比差异显著($P<0.05$)。优系‘C26-7-17’在3个套袋

处理下,柠檬酸质量分数最低的为黄袋处理(0.92 mg/g),较对照降低了43.56%;苹果酸质量分数最低为白袋处理(2.67 mg/g),较对照降低了20.3%;酒石酸的质量分数在套袋后显著增加($P<0.05$),最大为白袋的 0.78 mg/g 。套袋后3种有机酸含量总量均降低,以黄袋和白袋两处理降低显著。

表4 不同果袋处理对设施桃有机酸含量的影响

Table 4 Effects of different fruit bags on organic acid component of protected peach

品种 Variety	处理 Treatment	苹果酸质量分数/(mg/g) Mass fraction of malic acid	柠檬酸质量分数/(mg/g) Mass fraction of citric acid	酒石酸质量分数/(mg/g) Mass fraction of tartaric acid
C26-7-17	对照	$3.35\pm0.31a$	$1.63\pm0.14a$	$0.41\pm0.06c$
	黄袋	$2.91\pm0.14bc$	$0.92\pm0.03c$	$0.71\pm0.04ab$
	白袋	$2.67\pm0.07c$	$1.13\pm0.13b$	$0.78\pm0.05a$
	外黄内黑袋	$3.23\pm0.16ab$	$1.03\pm0.01bc$	$0.68\pm0.05b$
瑞蟠 25 号 Ruipan 25	对照	$2.84\pm0.04c$	$0.33\pm0.02bc$	$0.40\pm0.01a$
	黄袋	$3.40\pm0.01a$	$0.34\pm0.01ab$	$0.40\pm0.02a$
	白袋	$3.18\pm0.03b$	$0.36\pm0.01a$	$0.32\pm0.02b$
	外黄内黑袋	$3.38\pm0.02a$	$0.31\pm0.01c$	$0.33\pm0.01b$

‘瑞蟠 25 号’的数据显示,套袋增加了苹果酸含量,黄袋和白袋增加了柠檬酸含量,白袋和外黄内黑袋降低了酒石酸含量,除黄袋下的柠檬酸含量外,上述套袋后的有机酸含量均与对照相比差异显著($P<0.05$)。苹果酸质量分数最高为黄袋处理(3.40 mg/g),柠檬酸质量分数最高为白袋处理(0.36 mg/g),酒石酸质量分数最低的为白袋处理(0.32 mg/g)。综合来看,套袋增加了‘瑞蟠 25 号’3种有机酸含量总量,黄袋处理下3种有机酸含量总量最高。

2.3 设施桃品质指标的相关性分析

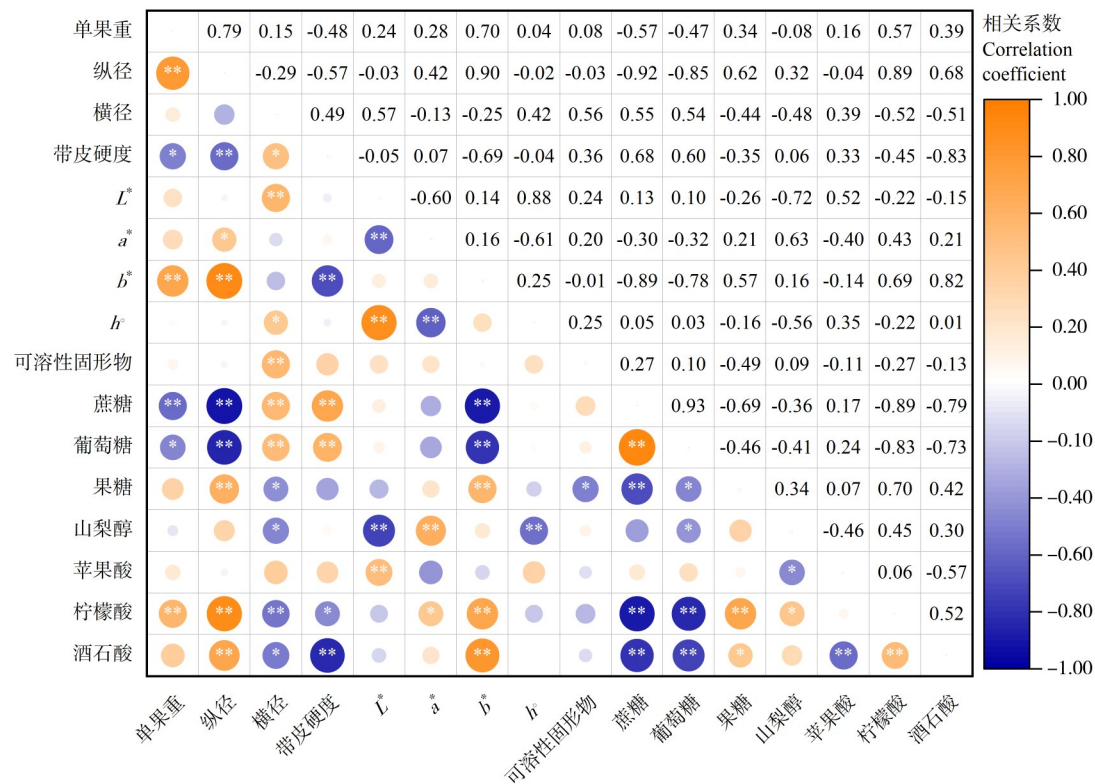
设施桃外观品质与内在品质的16个指标间存在不同程度的相关性(图1)。相关系数 r 在0.6~0.8为强相关, >0.8 为高度相关。外观品质方面,纵径与 b^* 、 L^* 与 h^* 两组指标之间呈极显著正相关($P<0.01$), $r>0.8$;单果重与纵径为极显著正相关关系($P<0.01$), $r=0.79$ 。纵径与 b^* 正相关有可能是由于果实发育阶段果实体积和色泽变化的同步性,即随着果实成熟,体积增大,且套袋后果皮中叶绿素降解,玉米黄素和叶黄素积累^[23],果皮由绿色转变为黄色(b^* 值升高); L^* 与 h^* 两者表现出正相关有可能是果皮颜色变浅导致的亮度值 L^* 增加。内

在品质方面,蔗糖含量与葡萄糖含量呈极显著正相关,柠檬酸含量与蔗糖、葡萄糖含量呈极显著负相关,酒石酸含量与蔗糖、葡萄糖含量呈极显著负相关($P<0.01$, $r>0.6$)。此外,纵径与葡萄糖、蔗糖含量呈极显著负相关,与柠檬酸含量呈极显著正相关;酒石酸含量与带皮硬度呈极显著负相关,与 b^* 极显著正相关($P<0.01$)。蔗糖与 b^* 呈极显著负相关($P<0.01$)。

2.4 套袋处理下果实品质指标的主成分分析

将两品种套袋处理后测定的16个品质指标进行了主成分分析(PCA),得到了双标图(图2)。PC1和PC2分别解释了总变异的44.7%和21.4%,累积贡献率达到了66.1%,大于可信值60%,可以解释大部分原始变量信息。一般在PCA得分图中,样品之间距离越近则差异越小,距离越远则差异越大^[24]。‘瑞蟠 25 号’和优系‘C26-7-17’两品种之间区分明显,分布在PC1轴两侧。在‘瑞蟠 25 号’的PCA模型中,白袋和对照均位于同一象限,则两处理差异不显著;黄袋和外黄内黑袋间差异不显著,黄袋和外黄内黑袋处理后果实的品质均与对照相比差异显著。

‘C26-7-17’的PCA结果显示,对照、白袋和黄



*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$)。圆圈大小表示相关系数大小,显示的数值为具体相关系数。
* indicates a significant difference ($P<0.05$), ** indicates an extremely significant difference ($P<0.01$). The size of the circle represents the size of the correlation coefficient, and the displayed value is the specific correlation coefficient.

图1 果实品质指标之间的相关性

Fig.1 Correlation among fruit quality indicators

袋3个处理间果实的品质无明显差异,外黄内黑袋与其他处理之间均存在显著差异。从图2中可以看出外黄内黑袋处理下具有较大的单果重和较高的 b^* 值,这与测定的数据相吻合,且柠檬酸含量、酒石酸含量和果糖含量三者间具有较强的正相关性。

综上所述,果袋对果实品质的影响因品种不同而存在差异,‘瑞蟠25号’在外黄内黑袋和黄袋处理后与对照有明显的差异;‘C26-7-17’只在外黄内黑袋处理后与对照有明显的差异,尤其是单果重和 b^* 值这2个指标,说明有可能外黄内黑袋处理影响了优系‘C26-7-17’果实的形态发育和果皮花青苷等色素的合成。

2.5 果袋处理对果实品质影响的综合评价

2.5.1 优系‘C26-7-17’的最适果袋

对本试验中4个处理的优系‘C26-7-17’品质指标进行主成分分析(表5和表6),共提取出4个特征值 >1 的主成分,累计贡献率达到了91.18%。利用特征值和方差百分比对4个处理计算综合得分并排

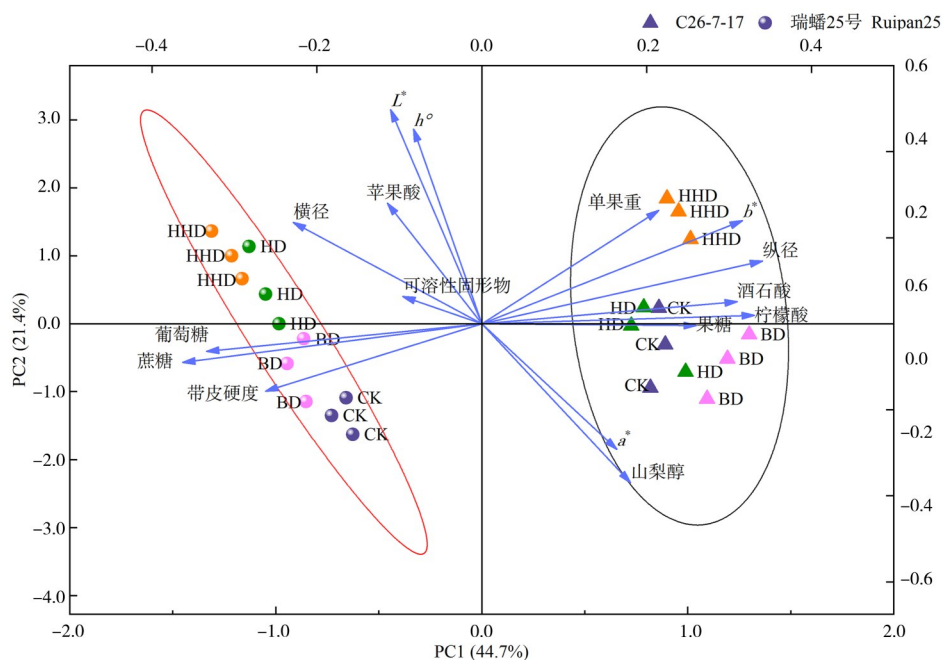
序,得出的排名从高到低为:外黄内黑袋 $>$ 黄袋 $>$ 白袋 $>$ 对照。说明套袋在一定程度上提高了优系‘C26-7-17’的果实品质,以外黄内黑袋处理最好。

2.5.2 ‘瑞蟠25号’的最适果袋

‘瑞蟠25号’的主成分分析结果如表6和7所示,共提取出4个主成分,累积贡献率达到了90.67%,可以反映指标的大部分信息。综合得分排序为黄袋 $>$ 白袋 $>$ 对照 $>$ 外黄内黑袋,说明黄袋在3种果袋处理中提高‘瑞蟠25号’果实品质的效果最好。

3 讨论

套袋是果树日常管理中较为常用的一种栽培手段。套袋改变了果实的微环境,包括温湿度、光照、透气性和昼夜温差等条件因素,从而改变了果实的生长发育状态,影响了果实品质^[2,8,25]。桃作为一种鲜食水果,其果皮和果肉颜色对果实的商品价值影响较大。套袋可提高果面光洁度,尤其对于易



CK为对照,BD表示白袋,HD表示黄袋,HHD表示外黄内黑袋。箭头表示品质指标变量,底部横坐标和左坐标轴表示两主成分的方差贡献率,顶部坐标轴和右坐标轴表示各变量的载荷值。红色圆圈和黑色圆圈分别表示优系‘瑞蟠25号’‘C26-7-17’组别绘制的95%置信椭圆。

CK is the control, BD represents the white bag, HD represents the yellow bag, and HHD represents the outer yellow and inner black bag. The arrows represent the quality indicator variables. The bottom and left axes indicate the variance contribution rates of the two principal components, while the top and right axes show the loading values of each variable. The red and black circles denote the 95% confidence ellipses for the superior lines ‘Ruipan 25’ and ‘C26-7-17’, respectively.

图2 两品种套袋处理后的主成分分析

Fig.2 Principal component analysis of the two varieties after bagging treatment

裂果、长锈斑的蟠桃来说,生产上无论是露地栽培还是设施栽培常通过套袋来提高果实的外观品质,如经套袋后的‘中油蟠7号’‘中油蟠9号’‘中蟠桃11号’深受大众喜爱^[26-27]。李桂祥等^[28]认为,果袋遮光会抑制花青素的合成,抑制作用与果袋透光率成反比。也有研究发现遮光会促进花色苷积累,如‘中油蟠9号’经过外棕内黑果袋处理后,PpBL与pNAC1互作激活花色苷调节基因*PpMYB10.1*的表达,促进花色苷结构基因催化合成矢车菊素-3,5-二-O-葡萄糖苷,使原本黄色的果面呈现出微红的色泽^[29]。套袋除了可影响花色苷的代谢外,也会影响叶绿素的降解。刘鑫等^[30]研究显示,套袋会导致桃果皮叶绿素降解提前,使叶绿素降解基因*PpCLH1*、*PpSGR*提前高表达。本研究中,黄色果袋处理与白色果袋、不套袋两处理相比,亮度值 L^* 增大, b^* 较高, a^* 较低,这与许建兰等^[31]研究结果一致。这可能是黄袋较白袋透光率低影响了果皮叶绿素降解和花色苷的合成。本研究中,两品种在3种果袋处理下果皮着色情况表现一致,说明同一类型果袋在桃果皮着色方面的影响机制具有一致

性。此外,套袋时间、果袋颜色、材质以及层数都可能影响果实的外观品质。文婷等^[32]研究表明,过早套袋会造成金沙柚外观和内在品质下降,套袋时间越晚外观综合品质越佳,双层和三层套袋处理的果皮色泽优于单层纸袋处理;马瑞娟等^[33]的研究显示,白色果袋较其他颜色果袋可使果实保持更好的红色色泽,红、黄、蓝、绿4种颜色果袋可使果实光泽度更好。果袋材质、层数和颜色的差异直接造成透光率、透气性和透射光质的差异,营造出不同的微域气候,影响着果实的光合能力和呼吸作用,直接造成了外观和内在品质的差异^[34-36]。

本研究中,不同果袋均可降低果实硬度,这与许建兰等^[31]、李秋利等^[37]研究结果一致。其中以优系‘C26-7-17’降低最为明显,这有可能与果肉质度有关。套袋后微域环境的变化会对果实代谢、表皮组织等产生一定的影响,而这些有可能是硬度降低的原因。郝燕燕等^[38]认为套袋增强了果实的呼吸消耗,果实干物质含量降低,水含量增多,而汁液比与果实硬度有直接关系;Asrey等^[39]认为套袋后果实迅速成熟,果肉组织迅速分解,同时也发现与果

表 5 ‘C26-7-17’在不同果袋处理下各指标成分矩阵、特征值及累计贡献率

Table 5 Matrix of component, eigenvalues, and cumulative contribution rate of each index of ‘C26-7-17’ under different fruit bags

指标 Index	PC1	PC2	PC3	PC4
b^*	0.920	0.249	−0.034	0.228
L^*	0.918	0.311	−0.117	0.159
h	0.821	0.214	−0.108	0.460
a^*	−0.674	−0.292	0.604	−0.184
柠檬酸质量分数 Mass fraction of citric acid	−0.742	0.289	0.490	−0.016
酒石酸质量分数 Mass fraction of tartaric acid	0.727	−0.536	−0.147	−0.167
苹果酸质量分数 Mass fraction of malic acid	−0.443	0.825	0.102	0.216
葡萄糖质量分数 Mass fraction of glucose	−0.048	0.891	0.135	0.133
蔗糖质量分数 Mass fraction of sucrose	−0.379	−0.486	0.041	0.641
山梨醇质量分数 Mass fraction of sorbitol	−0.522	−0.685	0.203	0.435
果糖质量分数 Mass fraction of fructose	−0.523	0.680	0.035	0.245
可溶性固形物百分含量 Percentage content of soluble solids	0.463	−0.224	0.673	0.379
纵径 Longitudinal diameter	0.652	−0.149	0.710	−0.108
带皮硬度 Hardness with skin	0.092	0.963	0.156	−0.108
横径 Transverse diameter	0.556	−0.471	0.600	−0.164
单果重 Fruit weight	0.399	0.785	0.437	−0.128
特征值 Eigenvalue	5.902	5.142	2.259	1.285
方差百分比/% Variance percentage	36.890	32.136	14.120	8.034
累计贡献率/% Cumulative contribution rate	36.890	69.027	83.147	91.181

表 6 不同果袋处理下的主成分得分、综合得分及排序

Table 6 The principal component scores, comprehensive scores, and ranking under different fruit bags

品种 Variety	处理 Treatment	PC1	PC2	PC3	PC4	综合得分 Comprehensive scores	排名 Ranking
C26-7-17	对照	−3.419	1.343	0.654	0.265	−0.716	4
	黄袋	0.930	−1.563	−1.374	1.037	−0.270	2
	白袋	0.195	−2.557	1.015	−0.845	−0.674	3
	外黄内黑袋	2.293	2.777	−0.295	−0.457	1.660	1
瑞蟠 25 号 Ruipan 25	对照	1.784	−1.277	−2.013	0.610	−0.896	3
	黄袋	−0.826	0.272	1.483	1.557	2.486	1
	白袋	1.978	−0.341	1.380	−1.374	1.642	2
	外黄内黑袋	−2.937	1.346	−0.849	−0.793	−3.232	4

表 7 ‘瑞蟠 25 号’在不同果袋处理下各指标成分矩阵、特征值及累计贡献率

Table 7 Matrix of component, eigenvalues, and cumulative contribution rate of each index of ‘Ruipan25’ under different fruit bags

指标 Index	PC1	PC2	PC3	PC4
b^*	0.084	0.914	0.194	0.249
L^*	-0.622	0.763	0.076	-0.030
h	-0.622	0.757	0.047	0.092
a^*	0.937	-0.011	-0.240	0.089
柠檬酸质量分数 Mass fraction of citric acid	0.648	0.017	0.634	-0.092
酒石酸质量分数 Mass fraction of tartaric acid	0.344	-0.167	-0.092	0.890
苹果酸质量分数 Mass fraction of malic acid	-0.595	0.502	0.587	-0.033
葡萄糖质量分数 Mass fraction of glucose	0.324	-0.314	0.816	0.266
蔗糖质量分数 Mass fraction of sucrose	0.383	-0.226	0.663	-0.592
山梨醇质量分数 Mass fraction of sorbitol	0.665	-0.361	-0.412	-0.184
果糖质量分数 Mass fraction of fructose	0.210	-0.519	0.314	0.296
可溶性固形物百分含量 Percentage content of soluble solids	0.641	0.699	-0.164	-0.157
纵径 Longitudinal diameter	0.748	0.613	0.142	-0.118
带皮硬度 Hardness with skin	0.658	0.426	-0.568	-0.163
横径 Transverse diameter	0.426	0.823	0.002	0.190
单果重 Fruit weight	0.869	0.257	0.364	0.096
特征值 Eigenvalue	5.632	4.606	2.735	1.533
方差百分比/% Variance percentage	35.200	28.787	17.095	9.584
累计贡献率/% Cumulative contribution rate	35.200	63.987	81.083	90.667

实硬度密切相关的钙元素含量在套袋后显著降低,可能是套袋后果实对钙的吸收和积累减少导致^[40-41]。此外,本研究中套袋会降低部分内在品质指标,这与李杰等^[2]、何平等^[42]、陈巍等^[43]的研究结果一致。除内在品质外,果实风味也会受到影响。套袋后醛类、醇类和酸类物质含量增加,酯类物质含量降低^[44],即套袋后果实香甜味降低,变得更清香。这些品质上的变化有可能是套袋遮光后,果实光合作用受到抑制,从而影响了果实内部光合同化物的合成、分配和转运;也有学者认为套袋后的糖类合成提前达到了峰值,并在后期发生了降解,所以含糖量下降^[45]。本结论中,套袋对糖酸组分有显著影响,但对可溶性固形物含量影响不显著。可能是因为可溶性固形物中除了糖和酸外,还有可溶性蛋白、矿物质和维生素等其他成分,这些成分受套袋的影响发生变化最终抵消了糖酸组分的增减。

套袋对单果重的影响并不一致,郭宝林等^[46]对‘燕红’桃进行单层袋和双层袋处理的试验中、陈海江等^[47]对 6 个品种进行双层果袋的试验中均显示套袋可降低单果重;何平等^[42]对‘秋雪’桃套外黄内红双层袋后发现对单果重影响不大;李杰等^[2]、李秋利等^[37]的研究结果显示外黄内黑袋可增大桃的单果重。本研究发现套袋对单果重的影响因品种不同存在差异,如在外黄内黑袋处理下‘C26-7-17’的单果重显著高于其他果袋处理,这与姜新等^[48]的研究结果一致,但‘瑞蟠 25 号’在外黄内黑袋处理下单果重显著降低。这有可能是由于‘瑞蟠 25 号’果实发育期较优系‘C26-7-17’短,同样的套袋时长造成‘瑞蟠 25 号’幼果细胞分裂受到影响,内源激素分泌不平衡,从而果实膨大受到限制,单果质量降低^[49],这需要进一步验证。

通过相关性分析表明,外观品质上,单果重与

纵径、 b^* 与纵径两组指标均呈显著正相关关系,这与阿依古力等^[50]的研究结果一致。 L^* 和 a^* 显著负相关,说明果皮光泽度与红绿色差指标存在负相关关系,红色越深,光泽度越低,与韩立新等^[51]的研究结论一致。内在品质上,蔗糖含量与葡萄糖含量具有极显著正相关关系,柠檬酸含量和酒石酸含量均与其两者呈极显著负相关关系($P<0.01$)。通过相关性分析的结果可以看出蔗糖含量和葡萄糖含量两指标与其他品质指标的相关性较强,可以作为果实品质的主要评价指标。本研究中主成分分析的结果显示,套袋对品质的影响具有品种差异性,这与张磊^[52]的研究结果一致。外黄内黑袋对优系‘C26-7-17’提升品质的作用最明显,尤其在单果重和 b^* 两指标上的影响较大;‘瑞蟠25号’在外黄内黑袋和黄袋处理下果实品质与对照有明显差异。套袋在大田管理中可影响果实品质,但在温室环境下能否实现套袋在大田的相对应功能仍需要进一步探讨。本研究主要是要依据试验结果进行深入研讨特殊环境下对果实品质的影响,如果和大田套袋进行对比,其环境条件是不同的。高温弱光环境和常温强光环境对果实的生长发育影响是不同的,还需做进一步的研究。

4 结 论

本研究结果显示,除白袋外,黄袋和外黄内黑袋均改变了果实着色。套袋对可溶性固形物含量的影响不显著,但影响了糖酸组分含量,同时使两品种的果实硬度均有不同程度地降低。套袋对果实品质的影响具有品种差异性。综合评价得出,在本试验条件下,优系‘C26-7-17’的最适果袋为外黄内黑袋,‘瑞蟠25号’的最适果袋为黄袋。

参考文献 References

- [1] 李晓颖,李琛,刘春生,王艳争,宇文一凡,肖啸,张立彬,宋福行. 不同类型设施桃果实挥发性成分特征分析[J/OL]. 食品科学技术学报, 2024: 1-25 [2024-10-15]. <https://link.cnki.net/urlid/10.1151.ts.20241015.1508.002> Li X Y, Li C, Liu C S, Wang Y Z, Yuwen Y F, Xiao X, Zhang L B, Song F H. Characterization and evaluation of volatile compounds in different types of protected peach fruit[J/OL]. *Journal of Food Science and Technology*, 2024: 1-25 [2024-10-15]. <https://link.cnki.net/urlid/10.1151.ts.20241015.1508.002> (in Chinese)
- [2] 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 J, Wang Y, Li Y H, Tian Q H, Liu G J, Chen H, Chang R F, Wang Z Y. 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 (in Chinese)
- [3] 王雨,李永红,李杰,田启航,刘国俭,陈湖,常瑞丰,王召元. 不同钾肥水平对设施桃品质、养分积累及产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(7): 89-102
Wang Y, Li Y H, Li J, Tian Q H, Liu G J, Chen H, Chang R F, Wang Z Y. Effects of different potassium fertilizer levels on the quality, nutrient accumulation and yield of protected peach[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(7): 89-102 (in Chinese)
- [4] 岳亚康,金朝阳,张铭,李中勇. 不同氮钙水平对设施桃果实品质的影响[J]. 中国果树, 2021(4): 55-58
Yue Y K, Jin C Y, Zhang M, Li Z Y. Effects of different nitrogen and calcium levels on fruit quality of peach under protected culture[J]. *China Fruits*, 2021(4): 55-58 (in Chinese)
- [5] 吕平. 不同磷肥施入量对设施桃品质的影响研究[J]. 新疆农垦科技, 2013, 36(6): 44-45
Lv P. Study on the effect of different phosphate fertilizer application rates on the quality of protected peach[J]. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology*, 2013, 36(6): 44-45 (in Chinese)
- [6] 李晨,刘建廷,樊永信,赵雪惠,肖伟,陈修德,付喜玲,李玲,李冬梅. UV-B对设施桃叶片光合功能及叶绿体超微结构的影响[J]. 植物学报, 2022, 57(4): 434-443
Li C, Liu J T, Fan Y X, Zhao X H, Xiao W, Chen X D, Fu X L, Li L, Li D M. Effects of UV-B on photosynthetic function and chloroplast ultrastructure of peach leaves grown in greenhouse[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2022, 57(4): 434-443 (in Chinese)
- [7] 惠基运,高彦刚,张文倩,陈春燕,刘建廷,郭一冰,高龙,李冬梅,李玲. 根域补气及不同有机质水平对设施桃养分吸收及果实品质的影响[J]. 植物生理学报, 2020, 56(2): 247-255
Hui J Y, Gao Y G, Zhang W Q, Chen C Y, Liu J T, Guo Y B, Gao L, Li D M, Li L. Effects of aeration and different organic matter levels in root zone on nutrient absorption and fruit quality in greenhouse peach[J]. *Plant Physiology Journal*, 2020, 56(2): 247-255 (in Chinese)
- [8] 马创举,吴群,孙建城,陈骏,刘丽丽,王登亮. 套袋对柑橘果实微环境及品质的影响[J]. 中国果树, 2025(1): 77-82
Ma C J, Wu Q, Sun J C, Chen J, Liu L L, Wang D L. Effects of bagging on the microenvironment and quality of citrus fruit[J]. *China Fruits*, 2025(1): 77-82 (in Chinese)
- [9] 王子盾,王辉,冯郁晨,张学良,闫雷玉,刘小杰,赵政阳. 不同颜色育果袋对‘瑞雪’苹果果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2023, 56(4): 729-740
Wang Z D, Wang H, Feng Y C, Zhang X L, Yan L Y, Liu X J, Zhao Z Y. Effects of different color fruit bags on quality of ruixue apple fruits[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2023, 56(4): 729-740 (in Chinese)
- [10] 李刚波,樊继德,赵林,张婷,张梅,常有宏,蔺经,杨峰. 套袋微环境特征及其对早熟梨果实品质的影响[J]. 西南农业学报, 2018, 31(9): 1882-1890
Li G B, Fan J D, Zhao L, Zhang T, Zhang M, Chang Y H, Lin J, Yang F. Changes of microenvironment in different bagging time and their effects on fruit quality of early-maturing pear[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 31(9): 1882-1890 (in Chinese)
- [11] 卢金鸽,白世贱,杜娟,薛锋,陈光,蔡军社. 果袋颜色对酿酒葡萄马瑟兰果实品质的影响及综合评价[J]. 华北农学报, 2024, 39(3): 135-145

- Hu J G, Bai S J, Du J, Xue F, Chen G, Cai J S. Effects of fruit bag colors on the berry quality of marselan grape and comprehensive evaluation[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2024, 39(3): 135-145 (in Chinese)
- [12] 程智慧, 赵英, 孟焕文, 关志华. 不同材质果袋春夏季节套袋对黄瓜果实发育和品质的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 732-739
- Cheng Z H, Zhao Y, Meng H W, Guan Z H. Effects of fruit bagging with different types of bags on growth and quality of cucumber fruit[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2): 732-739 (in Chinese)
- [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
- Zhao Y, Cheng Z H, Meng H W. Effect of fruit bagging with different spectra bags on the growth and quality of tomato in spring-summer season[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(6): 1398-1402 (in Chinese)
- [14] 蔡益航. 不同套袋材料对“三月白”枇杷果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2024, 53(5): 106-110
- Cai Y H. Effects of different bagging materials on fruit quality of Sanyuebai loquat[J]. *South China Fruits*, 2024, 53(5): 106-110 (in Chinese)
- [15] 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(2): 182-185
- Shen Y Y, Li B, Jia H J. Effect of bagging on fruit quality of Hujingmilu peach cultivar[J]. *Journal of Fruit Science*, 2006(2): 182-185 (in Chinese)
- [16] 游双红, 史文景, 陈元平, 魏召新, 周广文, 刘家红, 晏重西, 韩国辉. 不同类型果袋对紫金红 2 号桃果皮色泽和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2025, 42(7): 1502-1517
- You S H, Shi W J, Chen Y P, Wei Z X, Zhou G W, Liu J H, Yan C X, Han G H. Effects of different types of fruit bags on peel color and fruit quality of Zi Jin Hong 2[J]. *Journal of Fruit Science*, 2025, 42(7): 1502-1517 (in Chinese)
- [17] Li B, Jia H J, Zang X M. Effects of fruit preharvest bagging on fruit quality of peach (*Prunus persica* Batsch cv Hujingmilu)[J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2006, 32(3): 280-286
- [18] 郭东华, 白红, 石佩, 杨艳青, 李高潮, 范崇辉. 不同时期套袋对“瑞光 19 号”油桃果实挥发性成分及着色的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 242-247
- Guo D H, Bai H, Shi P, Yang Y Q, Li G C, Fan C H. Effects of bagging at different stages on volatiles and color of “ruiguang No. 19” nectarine fruits[J]. *Food Science*, 2016, 37(8): 242-247 (in Chinese)
- [19] 河北省农林科学院昌黎果树研究所. 设施桃灰霉病绿色防治方法. 中国, 201610393863.9[P]. 2022-06-28
- Changli Institute of Polomogy, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Green control methods for gray mold of peach in protected cultivation. China, 201610393863.9[P]. 2022-06-28 (in Chinese)
- [20] 河北省农林科学院昌黎果树研究所. 一种设施桃绿色生产方法. 中国, 201710226527.X[P]. 2021-02-26
- Changli Institute of Polomogy, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences. A green production method for peach in protected cultivation. China, 201710226527.X[P]. 2021-02-26 (in Chinese)
- [21] 魏志峰, 李秋利, 高登涛, 杨文佳, 刘军伟, 韩园园. 果实套袋对果实品质影响研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 36-41
- Wei Z F, Li Q L, Gao D T, Yang W J, Liu J W, Han Y Y. Effects of bagging on fruit quality: A review[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2018, 46(24): 36-41 (in Chinese)
- [22] 郭燕, 张树航, 李颖, 张馨方, 王广鹏. 板栗叶片颜色最佳色差仪参数确定[J]. 河北农业科学, 2021, 25(6): 51-54
- Guo Y, Zhang S H, Li Y, Zhang X F, Wang G P. Determination of optimum colorimeter parameters of chestnut leaves color[J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2021, 25(6): 51-54 (in Chinese)
- [23] 颜少宾, 周平, 张好艳, 马瑞娟, 俞明亮, 金光, 郭瑞. 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
- Yan S B, Zhou P, Zhang Y Y, Ma R J, Yu M L, Jin G, Guo R. Impacts of light quality on color and carotenoids content of red peach[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2021, 49(20): 143-147 (in Chinese)
- [24] 马宁原, 姚凌云, 孙敏, 王化田, 宋诗清, 常煦, 冯涛. 基于 GC-IMS 和 GC-MS 分析不同发酵方式对黄桃酒香气成分的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(12): 306-314
- Ma N Y, Yao L Y, Sun M, Wang H T, Song S Q, Chang X, Feng T. Effect of different fermentation methods on aroma composition of yellow peach wine analyzed by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. *Food Science*, 2023, 44(12): 306-314 (in Chinese)
- [25] 陈俊伟, 李晓颖, 徐红霞, 周晓音, 孙钧, 李建军, 凡改恩, 冯健君. 不同果袋冬季套袋对枇杷微环境与结果的影响[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(12): 1950-1952, 1957
- Chen J W, Li X Y, Xu H X, Zhou X Y, Sun J, Li J J, Fan G E, Feng J J. Effects of different fruit bagging in winter on microenvironment and fruiting of loquat[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2015, 56(12): 1950-1952, 1957 (in Chinese)
- [26] 王力荣. 我国桃产业现状与发展建议[J]. 中国果树, 2021(10): 1-5
- Wang L R. Current situation and development suggestions of peach industry in China[J]. *China Fruits*, 2021(10): 1-5 (in Chinese)
- [27] 王力荣. 中国桃品种改良历史回顾与展望[J]. 果树学报, 2021, 38(12): 2178-2195
- Wang L R. History and prospect of peach breeding in China[J]. *Journal of Fruit Science*, 2021, 38(12): 2178-2195 (in Chinese)
- [28] 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)
- [29] 丁体玉, 马欣欣, 于雪丽, 周瑞金, 王力荣, 赵亚林. ‘中油蟠 9 号’桃套袋果实花色苷合成的转录组-代谢组联合分析[J]. 植物遗传资源学报, 2025, 26(4): 817-829
- Ding T Y, Ma X X, Yu X L, Zhou R J, Wang L R, Zhao Y L. Combined transcriptome-metabolome analysis of anthocyanin synthesis in ‘Zhongyoupan 9’ peach fruits under bagging condition[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2025, 26(4): 817-829 (in Chinese)
- [30] 刘鑫, 张晓煜, 孟君仁, 李昂, 段文宜, 孙世航, 潘磊, 曾文芳, 王志强, 牛良. 套袋对油桃果皮叶绿素降解及相关基因表达的影响[J]. 果树学报, 2024, 41(8): 1513-1523
- Liu X, Zhang X Y, Meng J R, Li A, Duan W Y, Sun S H, Pan L, Zeng W F, Wang Z Q, Niu L. Effect of fruit bagging on chlorophyll degradation and related gene expression in nectarine peel[J]. *Journal of Fruit Science*, 2024, 41(8): 1513-1523 (in Chinese)
- [31] 许建兰, 赵富富, 马瑞娟, 郭绍雷, 张斌斌, 张好艳, 茹鑫. 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
- Xu J L, Zhao Y F, Ma R J, Guo S L, Zhang B B, Zhang Y Y, Ru X. Effects

- of high permeability fruit bag on peach microdomain environment and fruit quality[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 39(5): 1233-1239 (in Chinese)
- [32] 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)
- [33] 马瑞娟, 张斌斌, 严娟, 蔡志翔, 张春华. 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
- Ma R J, Zhang B B, Yan J, Cai Z X, Zhang C H. Effects of light wave on coloration and quality in 'Flavortop' nectarine fruit[J]. *Nonwood Forest Research*, 2014, 32(3): 109-113 (in Chinese)
- [34] 张鹏, 文跃, 周国朝, 房玉林, 鞠延仑, 徐炎. 不同果袋对'阳光玫瑰'葡萄果实品质和香气物质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2024(5): 30-37
- Zhang P, Wen Y, Zhou G C, Fang Y L, Ju Y L, Xu Y. The influence of different bag treatments on fruit quality and aroma substances of 'Shine Muscat' grapes[J]. *Sino-Overseas Grapevine and Wine*, 2024(5): 30-37 (in Chinese)
- [35] 徐红霞, 陈俊伟, 张豫超, 谢鸣, 周利明, 钱金龙, 唐庆明, 徐春明. '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): 1193-1198
- Xu H X, Chen J W, Zhang Y C, Xie M, Zhou L M, Qian J L, Tang Q M, Xu C M. Effect of bagging on fruit quality and antioxidant capacity in 'Baiyu' loquat[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(8): 1193-1198 (in Chinese)
- [36] 孔佳君, 曹鹏, 吴潇, 袁亚洲, 余珮嘉, 陶书田, 张绍铃. 不同颜色滤光膜套袋对'砀山酥梨'果实品质及矿质元素含量的影响[J]. 园艺学报, 2018, 45(6): 1173-1184
- Kong J J, Cao P, Wu X, Yuan Y Z, Yu P J, Tao S T, Zhang S L. Effects of light quality on fruit quality and absorption of mineral elements in 'Dangshan Suli' pear fruit development[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2018, 45(6): 1173-1184 (in Chinese)
- [37] 李秋利, 高登涛, 魏志峰, 杨文佳, 刘军伟, 韩园园. 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
- Li Q L, Gao D T, Wei Z F, Yang W J, Liu J W, Han Y Y. Effect of different bagging treatments on fruit quality of Yingshuanghong' peach[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2017, 46(12): 95-102 (in Chinese)
- [38] 郝燕燕, 李妙玲, 张惠荣, 牛铁奎. 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:自然科学版, 2003(3): 238-241, 260
- Hao Y Y, Li M L, Zhang H R, Niu T Q. Influences on fruit quality under the microenvironment of bagging and analysis about its mechanism [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition*, 2003 (3): 238-241, 260 (in Chinese)
- [39] Asrey R, Kumar K, Sharma R R, Meena N K. Fruit bagging and bag color affects physico-chemical, nutraceutical quality and consumer acceptability of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 57(4): 1469-1476
- [40] Hofman P J, Smith L G, Joyce D C, Johnson G L, Meiburg G F. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv 'Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1997, 12(1): 83-91
- [41] 柳小兰, 安巧, 魏福晓, 邓廷飞, 陆官成, 王道平. 套袋与不套袋对'红露'苹果果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2023(21): 23-29
- Liu X L, An Q, Wei F X, Deng T F, Lu G C, Wang D P. Effects of bagging and non bagging on fruit quality of 'Honglu' apple [J]. *Northern Horticulture*, 2023(21): 23-29 (in Chinese)
- [42] 何平, 李林光, 王海波, 常源升. 套袋对'秋雪'桃果实品质及花青素合成相关基因表达的影响[J]. 植物生理学报, 2018, 54(2): 273-281
- He P, Li L G, Wang H B, Chang Y S. Effect of bagging on fruit quality and anthocyanin synthesis-related gene expression of 'Qiuxue' peach[J]. *Plant Physiology Journal*, 2018, 54(2): 273-281 (in Chinese)
- [43] 陈巍, 孙兴民, 郭正兵. 不同透光率纸袋对黄桃果实色泽和品质的影响[J]. 中国南方果树, 2019, 48(4): 104-106
- Chen W, Sun X M, Guo Z B. Effects of paper bags with different light transmittance on the color and quality of yellow peach fruit[J]. *South China Fruits*, 2019, 48(4): 104-106 (in Chinese)
- [44] 张蕾, 朱立新, 徐川, 崔春梅, 盛宏亚, 李瑞, 王红清. 查尔酮合酶基因对桃果实花色苷代谢的影响[J]. 园艺学报, 2015, 42(1): 31-37
- Zhang L, Zhu L X, Xu C, Cui C M, Sheng H Y, Li R, Wang H Q. The effect of silencing *Chalcone* synthase on anthocyanin metabolism in peach[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, 42(1): 31-37 (in Chinese)
- [45] 王恒, 王慧, 韩伟, 王文彬, 于立娜. 桃果实的代谢途径和糖积累调控生理机制的研究进展[J]. 北方园艺, 2024(15): 128-133
- Wang H, Wang H, Han W, Wang W B, Yu L N. Research progress on metabolic pathways and physiological mechanisms of sugar accumulation in peach fruit[J]. *Northern Horticulture*, 2024(15): 128-133 (in Chinese)
- [46] 郭宝林, 杨俊霞, 鲁韧强, 陈兆峰, 刘丽林. 套袋提高燕红桃果实质量的试验研究[J]. 中国果树, 2000(3): 19-20
- Guo B L, Yang J X, Lu R Q, Chen Z F, Liu L L. Experimental study on bagging to improve the fruit quality of yanhong peach[J]. *China Fruits*, 2000 (3): 19-20 (in Chinese)
- [47] 陈海江, 段红喜, 徐继忠, 皇甫中泗. 提高设施桃果实品质试验[J]. 山西果树, 2003(1): 4-5
- Chen H J, Duan H X, Xu J Z, Huangfu Z S. Experiment on improving the peach fruit quality in green-house[J]. *Shanxi Fruits*, 2003(1): 4-5 (in Chinese)
- [48] 姜新, 罗瑞鸿, 李一伟, 阮经宙, 刘芸. 不同类型果袋对秋蜜桃1号果实品质形成和果皮色素变化的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(11): 2473-2481
- Jiang X, Luo R H, Li Y W, Ruan J Z, Liu Y. Effects of different bagging on fruit quality and variation of skin pigment of qiumitao No. 1[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2021, 34(11): 2473-2481 (in Chinese)
- [49] 张斌斌, 杜金华, 陈鸿, 王晓俊, 张圆圆, 陈政, 丁辉, 颜志梅, 俞明亮, 马瑞娟. 不同类型果袋对霞晖10号桃果实品质的影响[J]. 果树学报, 2025, 42(3): 591-602
- Zhang B B, Du J H, Chen H, Wang X J, Zhang Y Y, Chen Z, Ding H, Yan Z M, Yu M L, Ma R J. Effects of different types of fruit bags on the quality of Xiahui 10 peaches[J]. *Journal of Fruit Science*, 2025, 42(3): 591-602 (in Chinese)
- [50] 阿衣古力·阿布均瓦依提, 阿迪拉·阿迪力, 徐敏, 吕彤彤, 高甜, 余镇藩. 六个设施油桃品种果实品质的分析比较[J]. 北方园艺, 2018(8): 78-85
- Abujunwayiti A, Adili A, Xu M, Lv T T, Gao T, Yu Z F. Analysis and comparison of fruit quality of six kinds of facilities nectarine varieties[J]. *Northern Horticulture*, 2018(8): 78-85 (in Chinese)
- [51] 韩立新, 李红光, 刘俊灵, 瞿振芳, 勾真真, 张四普. 不同果袋对豫西'蜜桃'苹果果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(15): 13-20

Han L X, Li H G, Liu J L, Qu Z F, Gou Z Z, Zhang S P. Effects of different fruit bags on fruit quality of 'Honey Crisp' apple in western Henan[J]. *Northern Horticulture*, 2021(15): 13-20 (in Chinese)

[52] 张磊. 不同果袋对不同成熟期桃果实品质的影响[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院, 2019

Zhang L. Effects of different fruit bags on fruit quality of peach varieties at different maturity[D]. Qinhuangdao: Hebei Normal University of Science and Technology, 2019 (in Chinese)

责任编辑:董金波



第一作者简介:王雨,助理研究员,硕士。主要从事桃新品种选育、设施桃优质高效栽培技术研究及种质资源评价等工作。主持和参与国家级、省级项目9项,获得实用新型专利3项,发表论文17篇。



通讯作者简介:王召元,硕士,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。主持承担和参加国家、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。