

果实套袋在菠萝蜜栽培管理中的应用

钟瑶凤^{1,4}, 王 政^{1,3*}, 张绍华^{1,4}, 朱恩杭^{1,2}, 查学宗^{1,4}, 吴 刚⁴, 林先武¹, 季恒青³, 孟倩倩^{1,2*}

1. 海南大学热带农林学院/热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海南儋州 571737; 2. 重庆市农业科学院农业资源与环境研究所, 重庆 400042; 3. 重庆市疾病预防控制中心消毒与媒介生物控制所/高致病性病原微生物重庆市重点实验室, 重庆 400042; 4. 中国热带农业科学院香料饮料研究所/海南省热带香辛饮料作物遗传改良与品质调控重点实验室, 海南万宁 571533

摘 要: 本研究为探明果实套袋在菠萝蜜栽培过程中对果实病虫害发生率、农药使用率及品质的影响, 为菠萝蜜优质高效栽培技术提供支撑。以 10 个菠萝蜜品种珍珠果、香饮所 11 号、香饮所 18 号、泰国四季红、马来西亚 1 号、马来西亚 2 号、马来西亚 3 号、马来西亚 4 号、马来西亚 5 号和马来西亚 6 号为试验材料, 计算套袋和未套袋果实的病虫害发生率及新增虫孔数, 评价果实果皮及果肉色泽等外观品质, 测定其果实可溶性固形物含量, 统计整个生长季节的农药使用次数及施用量。结果表明: 10 个品种未套袋果实的软腐病发生率为 10.48%~25.00%, 套袋果实的软腐病发生率仅为 0~2.62%, 套袋后软腐病发生率降低 77.55%~100.00%; 各品种未套袋果实的炭疽病发生率为 10.00%~30.24%, 套袋果实的炭疽病发生率为 0~4.56%, 套袋后炭疽病发生率降低 69.99%~100.00%; 黄翅绢丝野螟在各品种未套袋果实的发生率为 23.33%~37.50%, 套袋果实的发生率为 4.00%~8.33%, 套袋后发生率降低 74.62%~88.35%; 各品种套袋果实的新增虫孔和出虫数均显著少于未套袋果实; 与未套袋果实相比, 套袋果实果形更加饱满, 果面更加光洁, 果皮着色均匀; 未套袋果实果形存在畸形和果皮着色不均匀等缺点; 套袋对 10 个品种菠萝蜜可溶性固形物含量无显著影响; 菠萝蜜果实套袋后化学农药使用减少 5 次、施用量减少 85.87%。综上, 果实套袋可作为菠萝蜜的一种生态友好管理方法, 在减施化学农药的同时, 可减轻菠萝蜜病虫害为害, 且不降低果实品质。

关键词: 菠萝蜜; 套袋; 病虫害; 色泽; 可溶性固形物; 农药使用率

中图分类号: S667.8

文献标志码: A

Application Research of Fruit Bagging in the Cultivation and Management of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit)

ZHONG Yaofeng^{1,4}, WANG Zheng^{1,3*}, ZHANG Shaohua^{1,4}, ZHU Enhang^{1,2}, ZHA Xuezhong^{1,4}, WU Gang⁴, LIN Xianwu¹, JI Hengqing³, MENG Qianqian^{1,2*}

1. School of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University / Key Laboratory of Green Prevention and Control of Tropical Plant Diseases and Pests, Ministry of Education, Danzhou, Hainan 571737, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400042, China; 3. Department of Disinfection and Vector Control, Chongqing Center for Disease Control and Prevention / Chongqing Municipal Key Laboratory for High Pathogenic Microbes, Chongqing 400042, China; 4. Research Institute of Spice and Beverage, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Hainan Provincial Key Laboratory of Genetic Improvement and Quality Regulation for Tropical Spice and Beverage Crops, Wanning, Hainan 571533, China

Abstract: The study was aimed to investigate the effects of fruit bagging on disease and pest incidence, pesticide usage

收稿日期 2024-06-12; 修回日期 2024-08-05

基金项目 海南省科技专项 (No. ZDYF2023XDNY035); 国家热带植物种质资源库项目 (No. NTPGRC2024-018); 云南省谭乐和专家工作站项目 (No. 202205AF150037)。

作者简介 钟瑶凤 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 昆虫化学生态学。*通信作者 (Corresponding author): 孟倩倩 (MENG Qianqian), E-mail: mengzouzou@163.com; 王 政 (WANG Zheng), E-mail: sallywz618@163.com。

rate and quality of fruits in the cultivation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) and to provide support for the high-quality and high-efficiency cultivation technique of jackfruit. With ten cultivars of jackfruit used as the experimental materials, the incidence of disease and pest and the number of new wormholes were calculated for bagging and non-bagging fruits. At the same time, the appearance quality such as the color of fruit pericarp and pulp were evaluated, and the content of soluble solid was determined. Moreover, the frequency and amount of pesticide application in the whole growing season were counted. The results showed that the rhizopus rot incidence of non-bagging fruits was 10.48%–25.00%, the rhizopus rot incidence in bagging fruits was only 0–2.62%, and the rhizopus rot incidence was reduced by 77.55%–100.00% in bagging fruits of ten cultivars. Similarly, the anthracnose incidence of all cultivars of non-bagging and bagging fruits was 10.00%–30.24% and 0–4.56% respectively, and the anthracnose incidence of bagging fruits decreased by 69.99%–100.00%. In addition, the incidence of jackfruit borer in all cultivars ranged from 23.33%–37.50% in non-bagging fruits and 4.00%–8.33% in bagging fruits, with the incidence of bagging fruits decreased by 74.62%–88.35%, in which the number of new wormholes and insects in bagging fruits of each cultivar was significantly less than those in non-bagging fruits. Compared to the non-bagging fruit, the bagging fruit was fuller in shape, the fruit surface was smoother, and the pericarp color was uniform. The non-bagging fruits had disadvantages of deformed fruit shape and uneven pericarp color. Bagging had no significant effect on the soluble solids content. By bagging the fruit, the frequency of pesticide application was reduced by 5 times and the amount of pesticide application was reduced by 85.87%. In summary, fruit bagging can be used as an eco-friendly management method of jackfruit, which can reduce the application of chemical pesticides while reducing the disease and pest of jackfruit, and maintaining the fruit quality.

Keywords: *Artocarpus heterophyllus*; bagging; disease and pest; color; soluble solid; pesticide usage rate

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2025.01.015

菠萝蜜 (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) 是一种桑科特色热带果树, 也是热带木本粮食作物资源, 享有“热带珍果”之美称。菠萝蜜树利用价值极高, 其叶和果皮可作饲料, 果肉可作水果和蔬菜, 种子富含淀粉可作主粮, 木材可作家具^[1-2]。菠萝蜜在世界热带、亚热带地区均有栽培, 广泛分布于亚洲热带地区, 主产国为印度、孟加拉国、马来西亚、印尼等, 在我国海南、广东、广西、福建、台湾、云南及四川等地区均有种植。近年来, 海南菠萝蜜产业发展迅速, 几乎全省各地都有种植, 目前已发展成为海南省特色热带果树产业之一^[3-5]。但病虫害的为害制约着菠萝蜜产业发展, 生长过程中易受花果软腐病 (*Rhizopus stolonifer*)、炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 等真菌病害侵染^[6]。同时, 还易被黄翅绢丝野螟 (*Glyphodes caesalis*)、橘小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 等害虫钻蛀为害, 使受害部位变褐腐烂, 导致果实发育不良、脱落, 严重时造成 50% 以上的减产^[7-9]。目前关于病虫害的防控主要通过化学药剂, 但易造成害虫抗药性, 引起环境污染和食品安全等问题, 因此亟需开发新的防治技术。

套袋可有效避免病虫害为害、减少农药残留污染, 改善果实的外观品质和内在品质^[10], 目前已应用于芒果 (*Mangifera indica*)、石榴 (*Punica*

granatum)、梨 (*Pyrus spp.*)、桃 (*Prunus persica*)、葡萄 (*Vitis vinifera*) 和猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 等水果^[11-13], 这为菠萝蜜病虫害绿色防控提供新思路。如葡萄套袋有效保护葡萄免受葡萄花翅小卷蛾 (*Lobesia botrana*)、灰霉病 (*Botrytis cinerea*)、白粉病 (*Uncinula necator*) 等病虫害的侵害^[14]。苹果套袋显著减少按实蝇 (*Anastrepha fraterculus*)、梨小食心虫 (*Grapholita molesta*)、苹果蠹蛾 (*Cydia pomonella*) 等害虫对苹果的损害^[15]。芒果挂果期, 采用果实套袋技术, 能有效控制果蝇 (*Drosophila*)、芒果白轮盾蚧 (*Aulacaspis tubercularis*)、炭疽病 (*C. gloeosporioides*)、蒂腐病 (*Diplodia natalensis*) 等病虫害对芒果的危害^[16]。果实套袋技术不仅能有效控制病虫害的为害, 另外, 套袋一般只在开花期和套果前施用农药, 可减少农药使用次数, 并避免直接接触农药, 降低果实农药残留量, 最终生产出高品质、无公害的水果^[17]。由于套袋时期在幼果期进行, 更利于果实着色, 提高果面光洁度, 改善果皮外观, 减轻机械损伤, 以改善果实外观品质, 同时稳定袋内微环境, 影响可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸和维生素 C 含量等内在品质指标^[18-21]。

果实套袋技术对菠萝蜜品质的影响未见报道。本研究拟通过对菠萝蜜果实进行套袋处理,

明确套袋对菠萝蜜病虫害发生、外观品质、可溶性固形物含量和农药使用率的影响，以期为菠萝蜜病虫害科学防控与农药减施提供技术支持和理论依据，从而为菠萝蜜的优质、绿色栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于中国热带农业科学院香料饮料研究所菠萝蜜示范园内进行(18°44'29"N, 110°12'11"E)。供试品种为珍珠果、香饮所 11 号、香饮所 18 号、泰国四季红、马来西亚 1 号、马来西亚 2 号、马来西亚 3 号、马来西亚 4 号、马来西亚 5 号和马来西亚 6 号，树龄 8~9 a，供试果袋选用规格 50~80 cm，孔径 60~80 目的白色透气尼龙网袋。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 果实授粉完成后，经梳果、定果后进行套袋试验。选择树冠大小、树势长势基本一致的菠萝蜜树，每棵选择 20 个健康幼果，果实大小为(20~30)cm×(10~15)cm，套袋 10 个，未套袋 10 个，各品种重复 3 次，每重复 1 棵树，各重复随机排列。套袋前使用 50%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂 2500 倍液和 2%阿维菌素乳剂 1500 倍液杀菌、杀虫混合剂均匀喷施于果实及周围叶片、枝条，用水量为 15 L/667 m²，制剂用药量见表 1。待药膜形成后于 1~2 d 内完成套袋，套袋后停止施药，将其作为试验处理。对照选取同一品种未套袋果实，农药使用按照常规管理，交替使用，每隔 15~20 d 喷 1 次，果实成型后每隔 1 个月喷 1 次。

1.2.2 病虫害调查 各处理果实采收后，统计所有果实的软腐病、炭疽病、黄翅绢丝野螟等主要病虫害发生情况，根据套袋前后果实虫孔数和出虫数的变化，计算病虫害发生率和新增虫孔。

病虫害发生率=被病虫危害果实总数/总果数×100%

新增虫孔数=摘袋后虫孔数-套袋前虫孔数

1.2.3 外观品质观察 利用相机记录果实外观及果肉着色情况，采用 Image-Pro Plus 6 软件测定果实的亮度 (L^*)、红绿色差 (a^*) 和黄蓝色差 (b^*)，计算色泽饱和度 (C^*) 和色调角 (h°)，每个果实不同位置测定 3 次，每品种共测 3 个果实，取均值^[22]。

$C^*=[a^{*2}+b^{*2}]^{1/2}$
 $h^\circ=\arctan(b^*/a^*)$

1.2.4 可溶性固形物含量测定 采用 1.2.1 方法对各品种菠萝蜜进行套袋，果实成熟后对套袋和未套袋处理分别随机选取 10 个果实，剥取同一处理不同果实，混合果肉后随机挑选 5 个挤压制汁，利用数显测糖仪 Atago (PAL-1) 测定可溶性固形物含量，各处理重复测定 8 次，计算平均值^[13, 23-24]。

1.2.5 农药使用率测定 设置套袋和未套袋 2 个处理，其中套袋处理：套袋前喷 1 次杀菌、杀虫混合剂，套袋后即停止施药；未套袋处理：从开花期至果实授粉结束开始预防，每隔 15~20 d 喷 1 次，果实成型后每隔 1 个月喷 1 次，用水量为 15 L/667 m²。杀菌、杀虫混合剂配方见表 1，交替使用，以 18 棵树为 1 个试验小区，每个小区 667 m²，设置 3 个生物学重复。记录各处理农药使用次数及用药量。

表 1 杀菌杀虫混合剂在菠萝蜜上的施药及套袋处理
Tab. 1 Fungicide and insecticide mixtures for application and bagging treatments in *A. heterophyllus*

处理 Treatment	药剂名称 Name of the pesticides	用药量 Preparation dosage/[g·(667 m ⁻²)]
未套袋	A: 50%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂 2500 倍液+2%阿维菌素乳剂 1500 倍液	6+10
	B: 25%吡唑醚菌酯悬浮剂 1500 倍液+20%噻虫嗪悬浮剂 1500 倍液	10+10
	C: 25%戊唑醇乳油 1000 倍液+2.5%溴氰菊酯微乳剂 2000 倍液	15+7.5
	D: 10%多抗霉素可湿性粉剂 1000 倍液+10%吡虫啉可湿性粉剂 4000 倍液	15+3.75
套袋	50%咪鲜胺锰盐可湿性粉剂 2500 倍液+2%阿维菌素乳剂 1500 倍液	6+10

1.3 数据处理

试验数据采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析，数据均为平均值±标准误，百分比数据经反正弦平

方根转化再进行统计分析。2 组平均值间比较采用独立样本 *t* 检验法，多组平均值间比较采用 One-way ANOVA 法，差异显著性分析采用 Duncan's

新复极差法。

2 结果与分析

2.1 套袋与未套袋对果实病虫害的影响

由表 2 可知，套袋能有效预防病虫害为害。10 个品种未套袋果实的软腐病发生率为 10.48%~25.00%，套袋果实的软腐病发生率为 0~2.62%，套袋后各品种软腐病发生率降低 77.55%~100.00%，其中马来西亚 4 号较其他品种套袋后软腐病发生率降低最少，但仍达 77.55%；而珍珠果和泰国四季红套袋后未发生软腐病；套袋效果对软腐病的防效最好。各品种未套袋果实的炭疽病发生率为 10.77%~30.24%，套袋果实的炭疽病发

生率为 0~4.56%，套袋后炭疽病发生率降低 69.99%~100.00%，与其他品种相比，马来西亚 6 号套袋后炭疽病发生率降低最少，为 69.99%；香饮所 18 号和泰国四季红套袋后未观察到炭疽病。另外，黄翅绢丝野螟在各品种未套袋果实的发生率为 23.33%~37.50%，套袋果实的发生率为 4.00%~8.33%，套袋后发生率降低 74.62%~88.35%。套袋果实的新增虫孔和出虫数均显著少于未套袋果实，其中马来西亚 1 号在各品种中新增虫孔最多，为(5.00±0.58)个/果实，套袋菠萝蜜新增虫孔为(0.25±0.25)个/果实；香饮所 18 号在各品种中出虫数最多，为(6.60±0.40)头/果实，套袋后显著减少至(3.75±1.25)头/果实。

表 2 套袋与未套袋对菠萝蜜病虫害发生率、新增虫孔及出虫数的影响
Tab. 2 Effects of bagging and non-bagging on disease and pest incidence, new wormholes and insect numbers in *A. heterophyllus*

品种 Cultivar	处理 Treatment	病虫害发生率 Disease and pest incidence/%			新增虫孔数 New wormholes	出虫数 Insect numbers
		软腐病 (<i>Rhizopus stolonifer</i>)	炭疽病 (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>)	黄翅绢丝野螟 (<i>Glyphodes caesalis</i>)		
珍珠果	未套袋	17.04±2.96 ^a	18.61±5.39 ^a	34.72±10.86 ^a	1.10±0.10 ^a	2.60±0.45 ^a
	套袋	0.00±0.00 ^b	2.78±2.78 ^b	8.33±5.89 ^b	0.13±0.13 ^b	0.86±0.70 ^b
香饮所 11 号	未套袋	17.25±6.55 ^a	16.84±4.46 ^a	31.67±9.28 ^a	1.17±0.17 ^a	1.50±0.34 ^a
	套袋	0.48±0.32 ^b	0.58±0.41 ^b	4.19±3.66 ^b	0.29±0.18 ^b	0.57±0.37 ^b
香饮所 18 号	未套袋	10.48±3.81 ^a	14.60±3.03 ^a	26.83±1.75 ^a	3.50±0.45 ^a	6.60±0.40 ^a
	套袋	1.75±1.13 ^b	0.00±0.00 ^b	6.81±6.09 ^a	0.50±0.50 ^b	3.75±1.25 ^b
泰国四季红	未套袋	15.77±4.74 ^a	10.77±3.50 ^a	26.09±3.62 ^a	1.57±0.20 ^a	1.43±0.79 ^a
	套袋	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	6.11±5.40 ^b	0.38±0.26 ^b	0.25±0.16 ^b
马来西亚 1 号	未套袋	21.28±4.87 ^a	26.26±4.40 ^a	23.33±10.00 ^a	5.00±0.58 ^a	5.33±0.33 ^a
	套袋	1.09±0.83 ^b	1.02±1.02 ^b	4.89±3.62 ^b	0.25±0.25 ^b	1.67±0.120 ^b
马来西亚 2 号	未套袋	25.00±4.81 ^a	28.89±10.60 ^a	37.50±6.39 ^a	1.13±0.13 ^a	2.00±0.19 ^a
	套袋	0.92±0.63 ^b	4.56±4.15 ^b	5.08±4.13 ^b	0.14±0.14 ^b	0.14±0.14 ^b
马来西亚 3 号	未套袋	15.48±1.19 ^a	20.83±4.17 ^a	23.41±3.53 ^a	1.17±0.17 ^a	1.33±0.19 ^a
	套袋	2.53±1.47 ^b	3.91±2.63 ^b	4.80±3.22 ^b	0.22±0.15 ^b	0.44±0.29 ^b
马来西亚 4 号	未套袋	11.67±0.83 ^a	19.58±4.91 ^a	36.11±7.35 ^a	1.67±0.33 ^a	1.83±0.31 ^a
	套袋	2.62±1.97 ^b	4.17±2.41 ^b	5.23±1.99 ^b	0.40±0.40 ^b	0.20±0.20 ^b
马来西亚 5 号	未套袋	18.65±3.25 ^a	30.24±8.66 ^a	34.05±4.29 ^a	1.71±0.57 ^a	3.43±0.72 ^a
	套袋	2.08±2.08 ^b	2.57±2.04 ^b	6.25±4.27 ^b	0.20±0.13 ^b	0.20±0.13 ^b
马来西亚 6 号	未套袋	24.33±4.33 ^a	13.33±3.33 ^a	34.33±2.96 ^a	1.29±0.18 ^a	2.29±0.47 ^a
	套袋	2.25±2.25 ^b	4.00±1.22 ^b	4.00±2.65 ^b	0.33±0.33 ^b	0.33±0.33 ^b

注：不同小写字母表示处理间差异显著（*P*<0.05）。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments (*P*<0.05).

2.2 套袋与未套袋对果实外观品质的影响

比较不同处理果实及果肉外观品质，套袋果

实果形饱满，果面损伤少，果肉无污染；未套袋果实除存在病虫害为害外，从果实外观看，果形

存在畸形，品相差（图 1）。由表 3 可知，3 个品种套袋果实的 L^* 值均显著高于未套袋果实，表明套袋处理显著提高果面亮度，果面更光洁鲜亮。各品种套袋果实和未套袋果实的 a^* 值均为负值，呈绿色，但套袋果实的 $|a^*|$ 、 C^* 和 h° 值均显著高于未套袋果实，果皮着绿色效果更明显且稳定，呈深绿色。另外 b^* 为正值时呈黄色，未套袋果实 b^* 值均显著高于套袋果实，果皮绿色变浅，底色黄色越重，果皮着色不均匀，颜色为黄绿色。

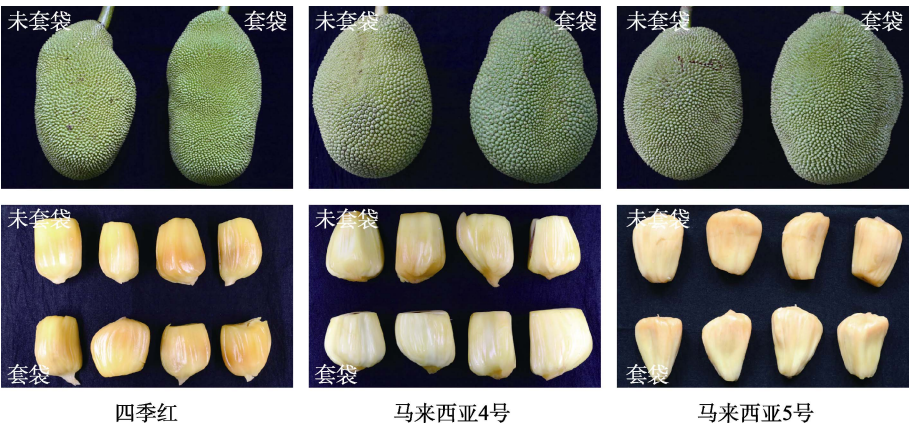


图 1 不同处理下果实及果肉外观
Fig. 1 Fruit and pulp appearance under different treatments

表 3 套袋与未套袋对菠萝蜜果实色泽指标的影响
Tab. 3 Effects of bagging and non-bagging on fruit color indexes in *A. heterophyllum*

品种 Cultivar	处理 Treatment	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
泰国四季红	未套袋	74.03±5.15 ^b	-8.62±0.44 ^a	15.97±1.23 ^a	18.28±1.05 ^b	119.28±2.31 ^b
	套袋	86.72±1.12 ^a	-17.26±0.52 ^b	12.95±0.64 ^b	21.60±0.74 ^a	143.29±1.02 ^a
马来西亚 4 号	未套袋	73.94±1.72 ^b	-7.36±0.82 ^a	11.58±0.74 ^a	13.89±0.80 ^b	119.85±2.69 ^b
	套袋	83.40±1.48 ^a	-15.89±1.05 ^b	5.79±0.44 ^b	16.98±1.02 ^a	159.86±2.27 ^a
马来西亚 5 号	未套袋	72.53±2.69 ^b	-5.33±1.19 ^a	12.79±0.92 ^a	14.34±0.75 ^b	113.83±4.98 ^b
	套袋	81.17±1.39 ^a	-15.08±0.58 ^b	8.44±0.67 ^b	17.32±0.78 ^a	151.05±1.45 ^a

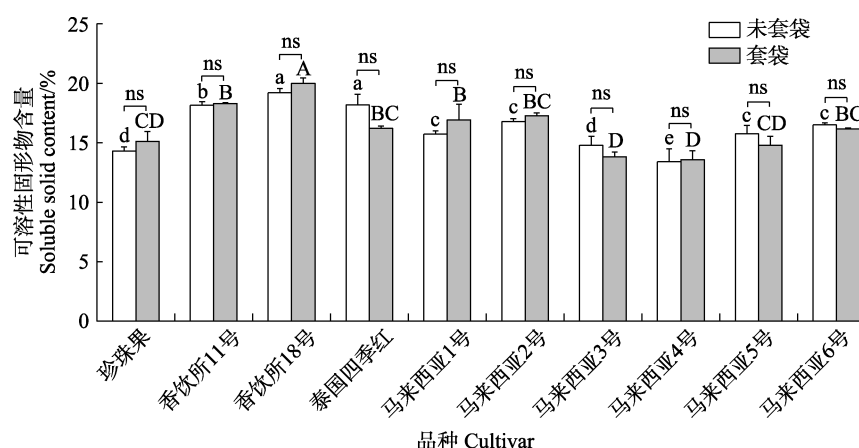
注：不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference among treatments ($P<0.05$).

2.3 套袋与未套袋对果实可溶性固形物的影响

套袋对菠萝蜜果实可溶性固形物含量的影响如图 2 所示。珍珠果、香饮所 11 号、香饮所 18 号、马来西亚 1 号、马来西亚 2 号和马来西亚 4 号 6 个品种菠萝蜜经套袋处理后，其可溶性固形物含量提高，但无显著差异。其中香饮所 18 号在各品种中可溶性固形物含量最高，为 $19.20\%\pm 0.37\%$ ，套袋处理后，可溶性固形物含量为 $20.00\%\pm 0.45\%$ ；马来西亚 4 号在各品种中可溶性固形物含量最低，为 $13.40\%\pm 1.08\%$ ，套袋后提高至 $13.59\%\pm 0.73\%$ 。而泰国四季红、马来西亚 3 号、马来西亚 5 号和马来西亚 6 号 4 个品种套袋果实较未套袋果实可溶性固形物含量降低，但差异不显著，因

此未对果实可溶性固形物积累造成负面影响。
2.4 套袋与未套袋对农药使用次数和施用量的影响

由图 3 可知，菠萝蜜套袋后，农药的使用次数减少，降低了农药的施用量。通过测定，套袋菠萝蜜的农药使用次数为 1 次，而未套袋菠萝蜜在定果期前（2 月上旬至 4 月）交替使用 A、B、C 和 D 药剂各 1 次，在定果期（5—6 月）分别使用 A 药剂与 B 药剂各 1 次，农药使用次数为 6 次，果实套袋减少了 5 次农药使用次数；每小区套袋菠萝蜜的农药施用量为 $16\text{ g}/667\text{ m}^2$ ，而未套袋菠萝蜜的农药施用量为 $113.25\text{ g}/667\text{ m}^2$ ，降低了 85.87% 的农药施用量。



ns 表示两组间无显著差异; 不同小写字母表示未套袋品种间差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示套袋品种间差异显著 ($P < 0.05$)。ns indicates no significant difference between the two groups; Different lowercase letters indicate significant difference among non-bagging cultivars ($P < 0.05$), different capital letters indicate significant difference among bagging cultivars ($P < 0.05$).

图 2 套袋与未套袋对菠萝蜜果实可溶性固形物含量的影响

Fig. 2 Effects of bagging and non-bagging on fruit soluble solid content in *A. heterophyllus*

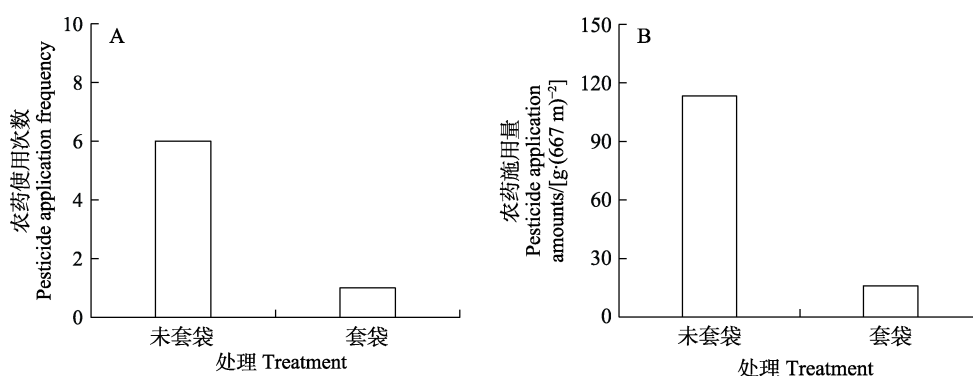


图 3 套袋与未套袋对农药使用次数和施用量的影响

Fig. 3 Effects of bagging and non-bagging on pesticide application frequency and pesticide application amounts

3 讨论

果实套袋影响病虫害发生率, 进而影响果实外观品质。AHMED 等^[25]对牛心番荔枝 (*Annona reticulata*) 进行套袋处理结果表明可有效预防扶桑绵粉蚧 (*Phenacoccus solenopsis*) 为害, 套袋果实未观察到该虫, 而未套袋果实虫口数量高达 256 ± 6.2 头; 康玉柱等^[26]对金苹果曹州木瓜套袋后发现, 虫伤果率及炭疽病发病率明显降低; 而罗卢弟等^[27]研究发现大红火龙果经牛皮袋、白纸袋及无纺袋处理的果实煤烟病 (*Capnodium walteri*) 发生率分别是未套袋果实的 7.88 倍、7.52 倍及 7.26 倍。本研究中, 菠萝蜜经套袋处理后, 病虫害发生率显著降低。另有研究表明, 套袋处理对果实外观品质具不同程度的影响^[28]。如套袋柠檬果实着色均匀, 果皮光滑细腻且光洁度高, 外观品质明显改善^[29]。本研究也发现套袋菠萝蜜的果实着色均匀, 可能是袋内微环境相对稳定和均匀,

改变了光照对果实表面的影响, 使果实品相更佳, 提高果实品质。说明菠萝蜜果实套袋不仅可以阻隔外界不良环境, 减少病菌和害虫为害, 同时还可以提高果实外观品质, 使其更具市场竞争力。

果实套袋影响其内在品质, 其中可溶性固形物含量是决定果实内在品质的重要指标, 是果实风味形成的基础^[30-32]。然而, 因套袋水果不同, 对果实风味的影响不一。例如, 桃套袋后增加了该果实的可溶性固形物含量, 内在品质显著提高^[33]; 翠冠梨套袋后显著降低其果实中可溶性固形物含量, 抑制果实风味, 内在品质降低^[34]。而海沃德猕猴桃、红阳猕猴桃、贵长猕猴桃套袋后与未套袋可溶性固形物含量变化不一, 是其品种不同导致的差异^[35-37]。本研究中, 10 个品种套袋果实可溶性固形物含量与未套袋果实无显著差异, 表明套袋并未影响菠萝蜜可溶性固形物的积累, 不会降低果实内在品质, 同时还说明套袋处理对不同

品种菠萝蜜果实品质的影响程度相当,更易推广。

另外,研究表明果实套袋技术还可减少或消除农药滥用^[38]。套袋猕猴桃园较未套袋猕猴桃园减少化学农药使用 9 次、减少施用量 72.2%,果实农药残留浓度为 0.31 mg/kg,降低了 90.0%^[39]。本研究也发现菠萝蜜套袋后,农药使用次数减少 5 次,农药的施用量降低 85.87%,果品安全性更高。因此,菠萝蜜进行果实套袋是实现农药减施增效及无公害生产的有效措施。

本研究明确了果实套袋对菠萝蜜果实可溶性固形物含量无显著影响,其果面无污染、病虫为害少、农药使用量低,有效提高果品安全性,结合生产过程中涉及生态环境、生产成本、农药使用安全等因素考虑,套袋处理菠萝蜜果实经济价值较高。因此,菠萝蜜果实套袋技术可作为一项新的防治技术应用于田间病虫害防控。

参考文献

- [1] BALIGA M S, SHIVASHANKARA A R, HANIADKA R, DSOUZA J, BHAT H P. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): a review[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1800-1811.
- [2] KHAN A U, EMA I J, FARUK M R, TARAPDER S A, KHAN A U, NOREEN S, ADNAN M. A review on importance of *Artocarpus heterophyllus* L. (Jackfruit)[J]. Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science, 2021, 1(2): 106-116.
- [3] 谭乐和, 吴刚, 桑利伟, 刘爱勤, 胡丽松, 孟倩倩, 白亭玉, 孙世伟, 贺书珍, 林民富. 菠萝蜜 面包果 尖蜜拉栽培与加工[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 2-5.
TAN L H, WU G, SANG L W, LIU A Q, HU L S, MENG Q Q, BAI T Y, SUN S W, HE S Z, LIN M F. Cultivation and processing of jackfruit, breadfruit and chempedak[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017: 2-5. (in Chinese)
- [4] 王政, 张绍华, 杨陈军, 孟倩倩, 孙世伟, 高圣风, 刘爱勤, 杨婧. 黄翅绢野螟生物学特性及田间种群动态[J]. 昆虫学报, 2020, 63(1): 63-72.
WANG Z, ZHANG S H, YANG C J, MENG Q Q, SUN S W, GAO S F, LIU A Q, YANG J. Biological characteristics and field population dynamics of the jackfruit borer, *Diaphania caesalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2020, 63(1): 63-72. (in Chinese)
- [5] ZHANG Y T, LI B, XU F, HE S Z, ZHANG Y J, SUN L J, ZHU K X, LI S Z, WU G, TAN L H. Jackfruit starch: composition, structure, functional properties, modifications and applications[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 107: 268-283.
- [6] RAHMAN M A, AFROZ M. Survey on the diseases of jackfruit and some aspects of control measures for gummosis disease in Bangladesh[J]. Eco-friendly Agriculture Journal, 2016, 9(2): 10-14.
- [7] WANG Z, MENG Q Q, ZHU X, SUN S W, LIU A Q, GAO S, GOU Y F. Identification and evaluation of reference genes for normalization of gene expression in developmental stages, sexes, and tissues of *Diaphania caesalis* (Lepidoptera, Pyralidae)[J]. Journal of insect science, 2020, 20(1): 6.
- [8] 张绍华, 孟倩倩, 朱恩杭, 查学宗, 颜日辉, 刘爱勤, 吴刚, 王政. 黄翅绢丝野螟气味受体基因 *GcaeOR10* 的鉴定及组织表达分析[J]. 植物保护学报, 2023, 50(2): 438-445.
ZHANG S H, MENG Q Q, ZHU E H, ZHA X Z, YAN R H, LIU A Q, WU G, WANG Z. Identification and tissue expression profiling of the odorant receptor gene *GcaeOR10* in jack fruit borer *Glyphodes caesalis* (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Journal of Plant Protection, 2023, 50(2): 438-445. (in Chinese)
- [9] 钟瑶凤, 查学宗, 王政, 朱恩杭, 张绍华, 吴刚, 林先武, 季恒青, 孟倩倩. 黄翅绢丝野螟求偶及交配的行为节律[J]. 昆虫学报, 2023, 66(8): 1075-1085.
ZHONG Y F, ZHA X Z, WANG Z, ZHU E H, ZHANG S H, WU G, LIN X W, JI H Q, MENG Q Q. Behaviour rhythm of courtship and mating in *Glyphodes caesalis* (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Acta Entomologica Sinica, 2023, 66(8): 1075-1085. (in Chinese)
- [10] 刘青, 易淑瑶, 廖光联, 贾东峰, 钟敏, 黄春辉, 曲雪艳, 徐小彪. 套袋对毛花猕猴桃果实外观和内在品质的影响[J]. 中国南方果树, 2021, 50(2): 144-147.
LIU Q, YI S Y, LIAO G L, JIA D F, ZHONG M, HUANG C H, QU X Y, XU X B. Effects of bagging on fruit appearance and internal quality of *Actinidia eriantha*[J]. South China Fruits, 2021, 50(2): 144-147. (in Chinese)
- [11] ALI M M, ANWAR R, YOUSEF A F, LI B, LUVISI A, DE BELLIS L, APRILE A, CHEN F. Influence of bagging on the development and quality of fruits[J]. Plants, 2021, 10(2): 358.
- [12] XU Y H, LIU Y F, LI W Q, YANG C N, LIN Y J, WANG Y Y, CHEN C Y, WAN C P, CHEN J Y, GAN Z Y. The effects of bagging on color change and chemical composition in 'Jinyan' kiwifruit (*Actinidia chinensis*)[J]. Horticulturae, 2022, 8(6): 478.
- [13] 王璐伟, 陈利娜, 李好先, 刘锐涛, 李松开, 杨庆华, 杨雪花, 严琼, 鲁振华. 不同类型果袋对天使红石榴果实品质的影响[J]. 果树学报, 2024, 41(1): 113-121.
WANG L W, CHEN L N, LI H X, LIU R T, LI S K, YANG

- Q H, YANG X H, YAN Q, LU Z H. Effects of different types of fruit bags on fruit quality in Tianshihong pomegranate[J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(1): 113-121. (in Chinese)
- [14] KARAJEH M R. Pre-harvest bagging of grape clusters as a non-chemical physical control measure against certain pests and diseases of grapevines[J]. Organic Agriculture, 2018, 8(3): 259-264.
- [15] FRANK D L. Evaluation of fruit bagging as a pest management option for direct pests of apple[J]. Insects, 2018, 9(4): 178.
- [16] DEL PINO M, BIENVENIDO C, WONG M E, RODRÍGUEZ M D C, BOYERO J R, VELA J M. Influence of pre-harvest bagging on the incidence of *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Hemiptera: Diaspididae) and fruit quality in mango[J]. Insects, 2021, 12(6): 500.
- [17] 王永博, 李勇, 李晓, 刘国胜, 王亚茹, 王迎涛. 果实套袋对梨果综合品质的影响[J]. 河北果树, 2018(5): 30-32.
- WANG Y B, LI Y, LI X, LIU G S, WANG Y R, WANG Y T. Effect of bagging fruit on comprehensive quality of Pear[J]. Hebei Fruits, 2018(5): 30-32. (in Chinese)
- [18] TEIXEIRA R, BOFF M I C, AMARANTE C V T D, STEFFENS C A, BOFF P. Effects of fruit bagging on pests and diseases control and on quality and maturity of 'Fuji Suprema' apples[J]. Bragantia, 2011, 70(3): 688-695.
- [19] ISLAM M T, RAHMAN M S, AKTER M M, HASAN M N, UDDIN M S. Influence of pre-harvest bagging on fruit quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra[J]. Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research, 2019, 4(4): 1-10.
- [20] SAMY S A, MUTHUVEL I, SOMAN P, SHANMUGASUNDARAM K A, SENTHIL A, JOHNSON I. Influence of fruit bagging on the physical qualities and shelf life of mango cv. Alphonso under ultra-high-density planting[J]. International Journal of Environment and Climate Change, 2023, 13(10): 1155-1162.
- [21] 宋福兵, 赵泽伟, 李秀亚, 周玉萍, 汪志威. 不同套袋方式对葡萄果实品质及产值的影响[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(11): 28-31.
- SONG F B, ZHAO Z W, LI X Y, ZHOU Y P, WANG Z W. Effects of different bagging methods on grape fruit quality and output value[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(11): 28-31. (in Chinese)
- [22] 叶令帅, 刁松峰, 傅建敏. 套袋处理对涩柿果实品质性状的影响[J]. 经济林研究, 2023, 41(2): 282-289.
- YE L S, DIAO S F, FU J M. Effect of bagging on persimmon fruit quality characteristics[J]. Non-wood Forest Research, 2023, 41(2): 282-289. (in Chinese)
- [23] 黄秀, 柯甫志, 孙立方, 王平, 聂振朋, 徐建国, 孙建华. 套袋对鸡尾葡萄柚果实品质及病害的影响[J]. 中国果树, 2022(1): 73-76, 110.
- HUANG X, KE F Z, SUN L F, WANG P, NIE Z P, XU J G, SUN J H. Effects of bagging on fruit quality and appearance of Cocktail grapefruit[J]. China Fruits, 2022(1): 73-76, 110. (in Chinese)
- [24] 廖以金, 张俊诚, 李英, 从心黎. 套袋对海南夏季红肉火龙果微环境、果实品质及贮藏的影响[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2019, 37(4): 330-336.
- LIAO Y J, ZHANG J C, LI Y, CONG X L. Effects of bagging on microenvironment, fruit quality and storage of summer red meat dragon fruit in Hainan[J]. Journal of Hainan University (Natural Science), 2019, 37(4): 330-336. (in Chinese)
- [25] AHMED T, HASAN M M, HASSAN K, AHMED J D, AHMED K S D, AZAM A, MONDAL M F. Fruit bagging of custard apple (*Annona reticulata*) as an eco-friendly protection approach against mealybug (*Phenacoccus solenopsis*) infestation in the north-eastern Bangladesh[J]. International Journal of Tropical Insect Science, 2022, 42: 723-732.
- [26] 康玉柱, 马庆苓, 申景民, 李艳玲, 王传印. 不同套袋处理对曹州木瓜果实品质和耐贮性的影响[J]. 特产研究, 2023, 45(3): 42-45.
- KANG Y Z, MA Q L, SHEN J M, LI Y L, WANG C Y. Effect of different bagging treatments on fruit quality and storability of Caozhou papaya[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2023, 45(3): 42-45. (in Chinese)
- [27] 罗卢弟, 武志江, 梁桂东, 黄黎芳, 邓海燕, 韦爱琳, 蒲美玲, 刘朝安. 不同枝果比和套袋对火龙果产量和品质的影响[J]. 中国热带农业, 2024(2): 61-69.
- LUO L D, WU Z J, LIANG G D, HUANG L F, DENG H Y, WEI A L, PU M L, LIU C A. Effects of different branch-to-fruit ratios and bagging on the yield and quality of pitaya[J]. China Tropical Agriculture, 2024(2): 61-69. (in Chinese)
- [28] GUAN Y Q, QIN X L, WEI C Q, FENG Y X, CHENG Y D, ZHANG Y, GUAN J F. Influence of bagging on fruit quality, incidence of peel browning spots, and lignin content of 'Huangguan' pears[J]. Plants, 2024, 13(4): 516.
- [29] 蒋运宁, 陈传武, 付慧敏, 邓崇岭, 刘升球. 套袋对柠檬果实发育、外观及内在品质的影响[J]. 南方园艺, 2019, 30(5): 19-23.
- JIANG Y N, CHEN C W, FU H M, DENG C L, LIU S Q. Effect of bagging on the development, appearance and inner quality of lemon fruits[J]. Southern Horticulture, 2019, 30(5): 19-23. (in Chinese)
- [30] 王朔, 路贵龙, 曾秀丽, 张姗姗. 套袋对西藏拉萨不同品

- 种苹果果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(28): 81-85.
- WANG S, LU G L, ZENG X L, ZHANG S S. Bagging affecting apple fruit quality in Lhasa, Tibet[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2017, 33(28): 81-85. (in Chinese)
- [31] PARDO S, MARTÍNEZ A M, FIGUEROA J I, CHAVARRIETA J M, VIÑUELA E, REBOLLAR-ALVITER Á, MIRANDA M A, VALLE J, PINEDA S. Insecticide resistance of adults and nymphs of Asian citrus psyllid populations from Apatzingán Valley, Mexico[J]. Pest Management Science, 2018, 74: 135-140.
- [32] LIAO G L, HE Y Q, LI X S, ZHONG M, HUANG C H, YI S Y, LIU Q, XU X B. Effects of bagging on fruit flavor quality and related gene expression of AsA synthesis in *Actinidia eriantha*[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 256: 108511.
- [33] SHARMA R R, REDDY S, JHALEGAR M J. Pre-harvest fruit bagging: a useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality-a review[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2014, 89(2): 101-113.
- [34] 王少敏, 魏树伟, 冉昆, 王宏伟. 不同果袋对翠冠梨果实品质的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(12): 33-34, 37.
- WANG S M, WEI S W, RAN K, WANG H W. Effect of different bags on quality of Cuiguan pear fruits[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2015, 47(12): 33-34, 37. (in Chinese)
- [35] 施春晖, 骆军, 张朝轩, 叶正文, 王晓庆. 不同果袋对‘红阳’猕猴桃果实色泽及品质的影响[J]. 上海农业学报, 2013, 29(3): 32-35.
- SHI C H, LUO J, ZHANG C X, YE Z W, WANG X Q. Effects of different fruit bags on fruit color and quality of kiwifruit variety ‘Hongyang’[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2013, 29(3): 32-35. (in Chinese)
- [36] 曾祥碧, 唐靖文, 龙友华, 张承, 黄文源, 杨苑, 潘有观, 齐勇. 不同颜色套袋对猕猴桃品质及贮藏性的影响[J]. 中国园艺文摘, 2016, 32(2): 9-12, 51.
- ZENG X B, TANG J W, LONG Y H, ZHANG C, HUANG W Y, YANG Y, PANG Y G, QI Y. Effects of different color bags on kiwifruit quality and storability[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2016, 32(2): 9-12, 51. (in Chinese)
- [37] 陈成, 王依, 宋思言, 杨勇, 万春雁, 阎永齐. 套袋对海沃德猕猴桃果实品质及叶绿素代谢的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(7): 138-146.
- CHEN C, WANG Y, SONG S Y, YANG Y, WAN C Y, YAN Y Q. Effect of bagging on fruit quality and chlorophyll metabolism of Hayward kiwifruit[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2022, 50(7): 138-146. (in Chinese)
- [38] BUTHELEZI N M D, MAFEO T P, MATHABA N. Preharvest bagging as an alternative technique for enhancing fruit quality: a review[J]. HortTechnology Hortte, 2021, 31(1): 4-13.
- [39] 陈志杰, 张淑莲, 张锋, 石勇强. 猕猴桃套袋技术的生态效应[J]. 应用生态学报, 2003(11): 1829-1832.
- CHEN Z J, ZHANG S L, ZHANG F, SHI Y Q. Ecological effects of bagging on actinidia fruits[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003(11): 1829-1832. (in Chinese)