

蒲靖, 王巧梅, 金雪微, 等. 喷施不同叶面肥对枇杷果实品质的影响 [J]. 福建农业学报, 2022, 37 (6): 774–780.

PU J, WANG Q M, JIN X W, et al. Effect of Foliar Fertilizer Application on Loquat Fruit Quality [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 37 (6): 774–780.

喷施不同叶面肥对枇杷果实品质的影响

蒲靖, 王巧梅, 金雪微, 王苗, 余国强, 孟银银, 王永清, 邓群仙, 张慧芬*

(四川农业大学园艺学院, 四川 成都 611130)

摘要:【目的】研究喷施不同叶面肥对枇杷果实品质的影响, 为生产栽培中改善果实品质提供技术支撑。【方法】以 5-8-1 枇杷为材料, 在果实采前 30d 进行不同叶面肥 (清水、氨基酸 500 倍液、微生物菌肥 200 倍液、0.6% 磷酸二氢钾、0.1% 钼酸铵和 5 g·L⁻¹ 蔗糖) 6 种喷施处理, 测定处理后枇杷果实色差、单果重、硬度、可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、Vc、酚类物质、抗氧化活性等指标。【结果】与清水对照相比, 5 种叶面肥处理后均能提升枇杷的单果重、可溶性固形物、可溶性糖、类胡萝卜素含量和糖酸比, 同时降低可滴定酸的含量; 除氨基酸处理外, 对 Vc 含量也有显著性的提升; 除磷酸二氢钾、钼酸铵处理外, 果皮的 *a**、*b** 值也均有一定的提升。叶面肥喷施都显著性提升了枇杷果实总酚、总黄酮含量, 其中以微生物菌肥提升的效果最明显; 氨基酸、磷酸二氢钾、钼酸铵、微生物菌肥处理后的 DPPH 分别提高了 20.92%、17.44%、17.10%、21.26%, FRAP 分别提高了 40.26%、40.56%、56.55%、68.05%。【结论】5 种叶面肥喷施处理均能在一定程度上提升 5-8-1 枇杷果实外在与内在品质, 其中微生物菌肥 200 倍液的综合效果最佳。

关键词: 叶面肥; 枇杷; 果实品质; 抗氧化能力

中图分类号: S 663

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2022) 06-0774-07

Effect of Foliar Fertilizer Application on Loquat Fruit Quality

PU Jing, WANG Qiaomei, JIN Xuewei, WANG Miao, YU Guoqiang,

MENG Yinyin, WANG Yongqing, DENG Qunxian, ZHANG Huifen*

(College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: 【Objective】To study the effect of spraying different foliar fertilizers on loquat fruit quality, and provide technical support for improving fruit quality in production and cultivation. 【Method】To study the effect of spraying different foliar fertilizers on loquat fruit quality, and provide technical support for improving fruit quality in production and cultivation.

【Method】On 5-8-1 loquat plants, solutions of foliar fertilizers (i.e., 500-fold dilution of an amino acid, 200-fold dilution of a microbial fertilizer, 0.6% potassium dihydrogen phosphate, 0.1% ammonium molybdate, and sucrose at a 5 g·L⁻¹ application rate) and water as control were separately sprayed on the leaves 30 d before harvest. The individual weight, firmness, chromatic aberration, and contents of soluble solids, soluble sugars, titratable acid, vitamin C, and total phenols as well as antioxidant capacity of the loquat fruits at harvest were measured. 【Result】The spraying of foliar fertilizers increased the loquat fruit weight, soluble solids, soluble sugar, carotenoids, and sugar-acid ratio but reduced the titratable acid as compared with control. Except for the amino acid, all applications also significantly increased the Vc content. And aside from the potassium dihydrogen phosphate and ammonium molybdate treatments, the spraying enhanced the peel colorimetric *a** and *b**. The microbial fertilizer significant increased total phenols and flavonoids in the fruit, while the amino acid, potassium dihydrogen phosphate, ammonium molybdate, and microbial fertilizer, respectively, produced 20.92%, 17.44%, 17.10%, and 21.26% higher DPPH and 40.26%, 40.56%, 56.55%, and 68.05% more FRAP over control. 【Conclusion】The 5 foliar fertilizing agents tested in the study upgraded the loquat fruit quality to varying extends. Overall, the application using a 200-fold dilution of the microbial fertilizer was recommended.

收稿日期: 2022-03-12 初稿; 2022-04-25 修改稿

作者简介: 蒲靖 (1997-), 女, 硕士研究生, 主要从事热带和亚热带果树果实品质形成与调控研究 (E-mail: pg7191127@163.com)

* 通信作者: 张慧芬 (1990-), 女, 博士, 讲师, 主要从事热带和亚热带果树果实品质形成与调控研究 (E-mail: cheunghf@163.com)

基金项目: 四川省科技支撑计划项目 (2021YFYZ0023); 四川农业大学学科建设双支计划项目 (035/2021993327)

Key words: Foliar fertilizer; loquat; fruit quality; antioxidant activity

0 引言

【研究意义】枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 是蔷薇科 (Rosaceae) 苹果亚科 (Maloideae) 枇杷属 (*Eriobotrya*) 植物, 是我国南方特有水果, 据《周礼》记载, 枇杷的栽培历史至今已有 2100 多年。5-8-1 枇杷是四川省栽培的优良株系, 果实个大、皮薄肉厚、细嫩多汁, 但目前枇杷生产栽培中病虫害发生频繁, 遇极端天气更易发生日灼、果锈和裂果, 导致枇杷品质下降、优质果率低、商品价值降低。通过管理措施来提高枇杷的果实品质, 对枇杷产业提质增效具有重要意义。【前人研究进展】枇杷果实营养丰富, 风味独特, 有很好的食用和医疗保健作用^[1-3], 广受消费者欢迎, 但目前枇杷果实也存在品质下降、风味偏淡、优果率低等问题。研究发现喷施叶面肥是改善果实品质的主要措施之一^[4], 利用不同叶面肥喷施来改变果实大小、形状、色泽和口感等品质被广泛应用于果树生产^[5-7]。王莹等^[8]研究发现, 氨基酸肥以氨基酸为载体, 为植物提供可直接吸收利用的营养, 具有促进植株生长发育的作用。李翔等^[9]施氨基酸叶面肥对番石榴果实的单果重、Vc、可溶性糖和固形物含量均有一定的促进作用。齐红岩等^[10]研究发现, 叶面喷施磷酸二氢钾及葡萄糖可明显增加番茄果实中的糖含量。马雪强等^[11]研究发现 0.04 mg·L⁻¹ 钼酸铵处理时果实风味更为丰富, 能显著提高甜瓜果实营养品质。【本研究切入点】叶面肥种类繁多, 前人的研究主要是集中在果实上喷施一种不同浓度的叶面肥, 但是关于喷施不同叶面肥对果实品质的影响还鲜见报道。【拟解决的关键问题】本研究以大果丰产、风味偏淡的 5-8-1 枇杷为材料, 在果实生长发育期喷施氨基酸、微生物菌肥、磷酸二氢钾、钼酸铵和蔗糖, 探究其对枇杷果实品质的影响, 以期在生产栽培中改善果实品质提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

田间试验选用栽培在四川省崇州市四川农业大学试验基地 (北纬 30°56', 东经 103°65') 的 6 年生 5-8-1 枇杷。

氨基酸水溶肥料润色 Sunred (意大利比奥齐姆公司生产), 氨基酸含量 ≥ 100 g·L⁻¹; 磷酸二氢钾

(KH₂PO₄, 西陇化工股份有限公司生产), KH₂PO₄ 含量 $\geq 99.5\%$; 蔗糖 (C₁₂H₂₂O₁₁, 西陇科学股份有限公司生产); 钼酸铵 [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O, 成都市科隆化学品有限公司生产], (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 含量 $\geq 99.0\%$; 微生物菌肥 (四川师范大学实验室研制)。

1.2 试验设计

试验共设 6 个处理, 分别为: 清水、氨基酸水溶肥 500 倍稀释液、0.6% 磷酸二氢钾、5 g·L⁻¹ 蔗糖、0.1% 钼酸铵、微生物菌肥 200 倍稀释液。在果园中选取长势一致的 18 株枇杷果树, 每个试验处理设 3 次重复, 1 株树为 1 个重复, 每株树选择 10 个果穗并挂牌标记。在果实转色期进行第一次外源肥料喷施, 间隔 15 d 进行第二次喷施, 共喷施 2 次。喷施以果实和邻近叶片正背面均匀布满雾状水滴为度。于果实成熟期采样, 选取大小均匀一致的果实, 每个处理采样设置 3 个重复, 每个重复 10 个果实, 共 30 个果实, 所有处理共采集 180 个果实, 分别标记后将样品置于冰盒中立即运回实验室, 进行外观指标的测定, 取部分样品液氮速冻预冷后于 -80 °C 超低温冰箱保存, 用于其他生理指标的测定。

1.3 测定项目

单果重测定用电子天平称量; 果皮硬度采用 WDGY-4 型果实硬度计测定; 果实色差采用便携式 CR-400 色差仪测定, L^* (代表物体的明亮度: 0-100 表示从黑色到白色)、 a^* (代表物体的红绿色: 正值表示红色, 负值表示绿色)、 b^* (代表物体的黄蓝色: 正值表示黄色, 负值表示蓝色) 色差值, 在果实赤道线上分别取 3 个点测出数值取平均数; 可溶性固形物含量采用手持测糖仪器 (浙江托普云农科技股份有限公司) 测定; 可滴定酸测定采用氢氧化钠滴定法^[12]; 可溶性糖测定采用蒽酮-乙酸乙酯法^[13]; Vc 含量测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法^[14]; 类胡萝卜素含量参照陈伟等^[15]的方法; 总酚含量测定采用 Folin-Ciocalteu 法^[16]; 总黄酮含量的测定采用 Park 等^[17]的方法; 总黄烷醇含量的测定采用 p-DMACAD 的方法^[18]; DPPH 清除能力、FRAP 的测定分别采用 Brand 等^[19]的方法和 Benzie 等^[20]的方法。

1.4 数据处理

所有数据均用 Microsoft Excel 365 记录与整理, 用 IBM SPSS Statistics 26 软件进行数据, Duncan 新复极差法进行多重比较 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对枇杷果实色差的影响

果面色泽是影响果实商品价值的重要指标之一。对不同处理的枇杷果实进行果面色差测定,由表1可知,氨基酸、磷酸二氢钾、微生物菌肥果皮色泽均高于清水处理 ($P<0.05$), b^* 分别提高了 3.52%、

3.74%、4.32%。对 5-8-1 枇杷喷施不同叶面肥之后, L^* 、 a^* 、 b^* 略有提高, 但不显著。对果肉色泽 L^* 、 a^* 、 b^* 值分析发现, 不同叶面肥喷施后果肉色泽较清水对照略有降低, 但均不显著。不同叶面肥喷施后枇杷果皮色泽升高, 果肉色泽降低, 但均没有明显影响。

表 1 不同处理对枇杷果实色差的影响
Table 1 Effect of treatments on color of loquat fruit peel

处理 Treatment	L^* 值 L^* value		a^* 值 a^* value		b^* 值 b^* value	
	果皮 Peel	果肉 Flesh	果皮 Peel	果肉 Flesh	果皮 Peel	果肉 Flesh
清水 Fresh water	68.14 ± 0.56ab	65.06 ± 0.20a	13.40 ± 0.37bc	12.54 ± 0.50a	50.25 ± 0.66ab	43.88 ± 1.06a
氨基酸 Amino acid	68.84 ± 0.65a	63.37 ± 0.46a	14.61 ± 0.56ab	12.50 ± 0.55a	52.02 ± 0.73a	42.10 ± 0.87a
磷酸二氢钾 Potassium dihydrogen phosphate	69.65 ± 0.50a	63.04 ± 0.90a	12.83 ± 0.58c	12.79 ± 0.46a	52.13 ± 0.53a	43.68 ± 0.94a
蔗糖 Sucrose	69.32 ± 0.56a	64.55 ± 0.94a	14.51 ± 0.42ab	12.46 ± 0.31a	50.42 ± 0.79ab	43.21 ± 0.68a
钼酸铵 Ammonium molybdate	66.28 ± 1.08b	62.86 ± 0.24a	13.93 ± 0.50abc	11.92 ± 0.45a	49.17 ± 1.11b	41.46 ± 0.86a
微生物菌肥 Microbial fertilizer	67.51 ± 0.76ab	64.20 ± 0.45a	15.23 ± 0.59a	12.38 ± 0.42a	52.42 ± 0.89a	43.30 ± 0.76a

同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$); 下同。
Data with different lowercase letters on same column indicate significant difference at $P<0.05$. Same for following tables.

2.2 不同处理对枇杷果实品质的影响

由表2可知, 氨基酸、蔗糖、微生物菌肥处理单果重均显著高于清水组处理 ($P<0.05$), 分别增加了 13.51%、12.12%、27.56%, 其中喷施微生物菌

肥处理的单果重增幅最大。喷施磷酸二氢钾和蔗糖的处理果实硬度均低于清水组 ($P<0.05$), 分别下降了 32.06% 和 16.70%; 而叶面喷施微生物菌肥之后, 5-8-1 枇杷果实的硬度与清水处理对比增加了

表 2 不同处理对枇杷果实品质的影响
Table 2 Effect of treatments on loquat fruit quality

处理 Treatment	单果重 Weight/g	硬度 Hardness/N	可溶性固形物含量 TSS/%	可溶性糖含量 Solublesugar/%	可滴定酸含量 Soluble acid/%	糖酸比 Sugar-acid ratio/%
清水 Fresh water	45.72 ± 0.89c	12.44 ± 0.55b	9.96 ± 0.08c	7.16 ± 0.08b	0.41 ± 0.00ab	17.68 ± 0.04c
氨基酸 Amino acid	51.90 ± 2.47b	12.36 ± 0.34b	10.49 ± 0.09bc	7.55 ± 0.24b	0.39 ± 0.00a	19.44 ± 0.65b
磷酸二氢钾 Potassium dihydrogen phosphate	50.34 ± 2.14bc	9.42 ± 0.36d	11.97 ± 0.30a	8.30 ± 0.23a	0.36 ± 0.00a	23.39 ± 0.71a
蔗糖 Sucrose	51.26 ± 1.27b	10.66 ± 0.31c	10.63 ± 0.27b	7.72 ± 0.15ab	0.38 ± 0.01ab	20.65 ± 0.43b
钼酸铵 Ammonium molybdate	49.76 ± 1.95bc	11.21 ± 0.61bc	11.09 ± 0.22b	8.25 ± 0.32a	0.37 ± 0.00a	22.94 ± 0.69a
微生物菌肥 Microbial fertilizer	58.32 ± 1.18a	14.12 ± 0.15a	10.66 ± 0.21b	7.50 ± 0.64b	0.37 ± 0.00b	20.37 ± 0.17b

13.50%，叶面喷施氨基酸和钼酸铵处理效果不显著。

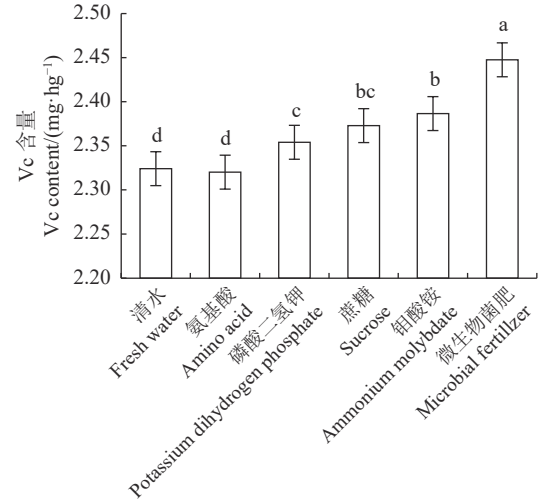
清水对照组的可溶性固形物和可溶性糖含量最低，可滴定酸含量最高，分别为 9.96% 和 7.16%，0.41%。叶面喷施磷酸二氢钾的枇杷果实可溶性固形物和可溶性糖分别增加了 20.18% 和 15.92%，均显著高于清水组 ($P<0.05$)，可滴定酸降低了 12.20%；同时喷施蔗糖、钼酸铵与微生物菌肥均显著提升了枇杷可溶性固形物含量，分别为 6.73%、11.35%、7.03%。清水对照组的糖酸比最低，为 17.68%，外源叶面肥喷施均能显著提高果实糖酸比，其中磷酸二氢钾的处理效果最佳 ($P<0.05$)，提高了 32.30%。结果表明，几种叶面喷施对提升可溶性固形物和可溶性糖含量、降低可滴定酸含量均有积极作用。

2.3 不同处理对枇杷果实 Vc、类胡萝卜素的影

Vc 具有抗氧化，抗自由基，抑制酪氨酸酶形成的作用。由图 1 可知，清水组和氨基酸组的 Vc 含量最低，为 $2.33\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ 和 $2.32\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ，而磷酸二氢钾、蔗糖、钼酸铵、微生物菌肥处理均显著高于清水组处理 ($P<0.05$)，分别增加了 1.29%、2.14%、2.58%、5.15%，其中微生物菌肥对 5-8-1 枇杷 Vc 含量的提升最显著。由图 2 可知，清水对照组的类胡萝卜素含量较低，叶面喷施氨基酸、磷酸二氢钾的处理均高于清水组 ($P<0.05$)，分别增加了 12.34%、5.94%，而喷施微生物菌肥使 5-8-1 枇杷类胡萝卜素含量显著降低。

2.4 不同处理对枇杷果实总酚、总黄酮、总黄烷醇的影响

由表 3 可知，清水组的总酚与总黄酮最低，为 $37.31\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ 和 $0.22\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，氨基酸、磷酸二氢钾、蔗糖、微生物菌肥均显著高于清水组处理 ($P<0.05$)，总酚分别增加了 29.95%、18.60%、16.38%、40.20%，总黄酮分别增加了 27.27%、18.18%、18.18%、27.27%。



不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)；下同。
Data with different lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$. Same for following figures.

图 1 不同处理对枇杷果实 Vc 的影响
Fig. 1 Effect of treatments on Vc content in loquat fruit

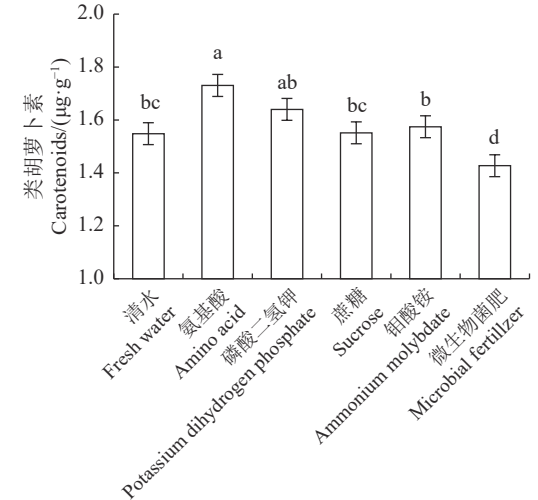


图 2 不同处理对枇杷果实类胡萝卜素的影响
Fig. 2 Effect of treatments on carotenoids of loquat fruit

表 3 不同处理对枇杷果实总酚、总黄酮、总黄烷醇的影响
Table 3 Effects of treatments on total phenols, flavonoids, and flavanols of loquat fruit

处理 Treatment	总酚 Total phenols/ ($\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}$)	总黄酮 Total flavonoids/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	总黄烷醇 The total flavanol/ ($\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}$)
清水 Fresh water	$37.31 \pm 0.50\text{c}$	$0.22 \pm 0.00\text{d}$	$0.89 \pm 0.03\text{bc}$
氨基酸 Amino acid	$45.50 \pm 0.48\text{b}$	$0.28 \pm 0.00\text{a}$	$1.03 \pm 0.03\text{ab}$
磷酸二氢钾 Potassium dihydrogen phosphate	$44.25 \pm 1.82\text{b}$	$0.26 \pm 0.00\text{b}$	$1.02 \pm 0.05\text{ab}$
蔗糖 Sucrose	$43.42 \pm 0.48\text{b}$	$0.26 \pm 0.01\text{c}$	$0.78 \pm 0.05\text{c}$
钼酸铵 Ammonium molybdate	$38.69 \pm 0.50\text{c}$	$0.22 \pm 0.00\text{d}$	$1.17 \pm 0.11\text{a}$
微生物菌肥 Microbial fertilizer	$52.31 \pm 0.61\text{a}$	$0.28 \pm 0.00\text{a}$	$1.21 \pm 0.67\text{a}$

其中微生物菌肥处理后的总酚和总黄酮含量最高。与清水对照相比, 喷施钼酸铵与微生物菌肥显著提高了 5-8-1 枇杷的总黄烷醇含量, 分别提高了 31.46% 和 35.96%。

2.5 不同处理对枇杷果实 DPPH、FRAP 的影响

果实抗氧化活性的高低能在一定程度上体现果实品质的优劣。由图 3 可知, 与清水组对照相比, 蔗糖处理果实的 DPPH 值最低, 为 $0.67 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$, 说明喷施蔗糖反而会降低 5-8-1 枇杷的自由基清除能力。氨基酸、磷酸二氢钾、钼酸铵、微生物菌肥均高于清水组处理, 分别提高了 20.92%、17.44%、17.10%、21.26%, 但各叶面肥与对照组之间差异不显著。

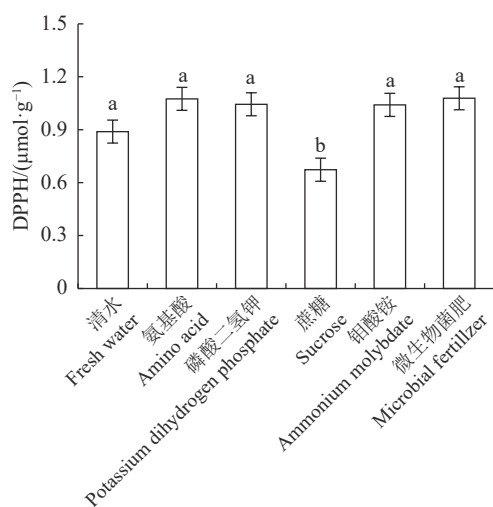


图 3 不同处理对枇杷果实 DPPH 的影响

Fig. 3 Effect of treatments on DPPH of loquat fruit

由图 4 可知, 清水组的 FRAP 值最低, 为 $3.13 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。氨基酸、磷酸二氢钾、蔗糖、钼酸铵、微生物菌肥均高于清水组处理 ($P < 0.05$), 分别提高了 40.26%、40.56%、18.53%、56.55%、68.05%, 其

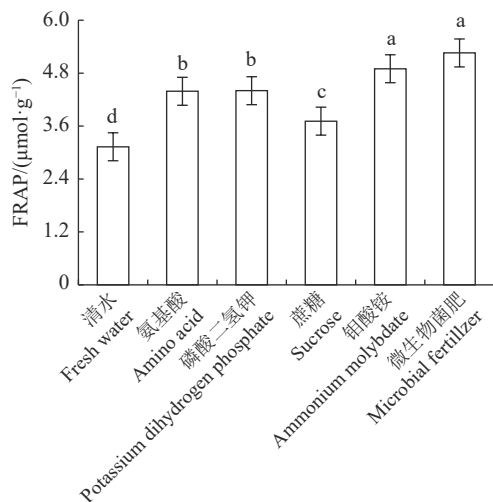


图 4 不同处理对枇杷果实 FRAP 的影响

Fig. 4 Effect of treatments on FRAP of loquat fruit

中喷施微生物菌肥的处理对 5-8-1 枇杷的 FRAP 的提升最显著。

3 讨论与结论

试验结果表明, 喷施不同的叶面肥均能够一定程度上提高枇杷果实品质。微生物菌肥是活性微生物的特定制品^[21], 主要通过微生物在植物产生生长素、嗜铁素等生物物质, 使作物获得特定的肥料效应, 进而影响植物的信号通路, 促进作物生长、提高果实产量^[22]。喷施微生物菌肥能有效提升 5-8-1 枇杷的果皮着色、单果重、Vc 含量, 这与郭志刚等^[23]在苹果上喷施微生物菌肥对果实品质的影响研究结果一致。林建城等^[24]对福建省 5 个主栽品种枇杷贮运品质比较分析中发现, 果实硬度大有利于贮运品质的提升, 此外 Li 等^[25]在番茄硬度调控研究发现, 果实硬度直接影响番茄的耐贮运性, 是番茄育种重要的目标性状之一。喷施微生物菌肥能显著提高枇杷果实硬度, 进而提升其贮运品质。在生产上, 氨基酸水溶肥已广泛应用于改善和提高杨梅^[26]、黄金梨^[27]、葡萄^[28]的单果重和抗氧化活性等品质, 这与本试验发现氨基酸水溶肥能提高枇杷单果重和抗氧化活性的结果相似。磷通过影响叶片光合作用过程中的有机磷循环和糖的运转以及 RuBP 酶的更新速率影响叶片的光合作用^[29], 钾能够提高植物光合性能及物质的合成和转运能力, 增强作物对逆境的抗性^[30]。唐岩等^[31]在苹果上研究发现, 叶面喷施 0.6% 磷酸二氢钾后, 可增加叶片的质量、提高光合速率, 从而增加苹果中可溶性固形物和可溶性糖含量, 显著改善果实品质。本试验中喷施磷酸二氢钾提升 5-8-1 枇杷的可溶性固形物、类胡萝卜素含量可能与磷、钾元素促进同化物的积累和转运有关。

酚类物质是枇杷果实中的重要生物活性物质, 影响果实抗氧化活性。研究发现, 喷施叶面肥能显著提高火龙果^[32]、甜瓜^[33]果实的总酚含量和抗氧化酶活性。本研究结果表明, 喷施微生物菌肥和氨基酸能显著提升 5-8-1 枇杷的总酚、总黄酮含量, 提高果实抗氧化活性。

综上所述, 5 种叶面肥施用后均可起到改善果实外观及内在品质的良好效果, 提升了 5-8-1 枇杷单果重、可溶性固形物、可溶性糖、糖酸比、酚类物质等品质。其中, 微生物菌肥 200 倍稀释液喷施后使果实单果重、硬度、Vc、总酚、总黄酮、总黄烷醇、DPPH、FRAP 增幅最大, 对提高枇杷果实品质的综合效果最佳。

参考文献:

- [1] 刘丽丽, 刘玉垠, 王杰, 等. 枇杷功能成分及生物活性研究进展 [J].

- 食品科学, 2020, 41 (5): 306–314.
- LIU L L, LIU Y Y, WANG J, et al. A review of functional components and bioactivities in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) [J]. *Food Science*, 2020, 41 (5): 306–314. (in Chinese)
- [2] ITO H, KOBAYASHI E, LI S H, et al. Antitumor activity of compounds isolated from leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50 (8): 2400–2403.
- [3] ITO H, KOBAYASHI E, LI S H, et al. Megastigmane glycosides and an acylated triterpenoid from *Eriobotrya japonica* [J]. *Journal of Natural Products*, 2001, 64 (6): 737–740.
- [4] 袁玉莹, 闫得朋, 尹航, 等. 叶面施肥对紫花苜蓿产草量和营养品质的影响及效益分析 [J]. 中国草地学报, 2020, 42 (4): 124–131.
- YUAN Y Y, YAN D P, YIN H, et al. Effects of foliar fertilizers on grass yield and nutritional quality of alfalfa and benefit analysis [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42 (4): 124–131. (in Chinese)
- [5] 李萍, 单守明, 李映龙, 等. 叶面喷施氨基酸钙对盐碱地‘北玺’葡萄光合作用和果实品质的影响 [J]. 中国果树, 2021 (12): 22–26.
- LI P, SHAN S M, LI Y L, et al. Effects of calcium amino acid on photosynthesis and berry quality in ‘Beixi’ grapevine cultivate in saline-alkali soil [J]. *China Fruits*, 2021 (12): 22–26. (in Chinese)
- [6] KARIMI R, KOULIVAND M, OLLAT N. Soluble sugars, phenolic acids and antioxidant capacity of grape berries as affected by iron and nitrogen [J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2019, 41 (7): 1–11.
- [7] 王武, 刘家红, 罗友进, 等. 喷施钙肥对贮藏期间W. 默科特果实品质的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36 (12): 18–24.
- WANG W, LIU J H, LUO Y J, et al. Effects of foliar spray of calcium fertilizers on the postharvest quality of W. Murcott fruit [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2014, 36 (12): 18–24. (in Chinese)
- [8] 王莹, 史振声, 王志斌, 等. 植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用 [J]. 中国土壤与肥料, 2008 (1): 6–11.
- WANG Y, SHI Z S, WANG Z B, et al. Absorption and utilization of amino acids by plant and application of amino acids on agriculture [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2008 (1): 6–11. (in Chinese)
- [9] 李翔, 刘忠珍, 魏岚, 等. 氨基酸微肥、钙镁肥和锌硼钼叶面肥对番石榴产量与品质的影响 [J]. 热带农业科学, 2021, 41 (11): 7–12.
- LI X, LIU Z Z, WEI L, et al. Zinc-boron-molybdenum foliar fertilizer on yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2021, 41 (11): 7–12. (in Chinese)
- [10] 齐红岩, 李天来, 陈元宏, 等. 叶面喷施磷酸二氢钾与葡萄糖对番茄光合速率和蔗糖代谢的影响 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (S2): 137–142.
- QI H Y, LI T L, CHEN Y H, et al. Effects of foliage applications of KH_2PO_4 and glucose on photosynthesis and sucrose metabolism of tomato [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21 (S2): 137–142. (in Chinese)
- [11] 马雪强, 高子星, 王君正, 等. 钼酸铵对‘千玉6号’甜瓜果实营养品质和挥发性物质的影响 [J]. 西北农业学报, 2021, 30 (11): 1663–1673.
- MA X Q, GAO Z X, WANG J Z, et al. Effect of ammonium molybdate on nutritional quality and volatile substances of muskmelon ‘Qianyu no. 6’ [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2021, 30 (11): 1663–1673. (in Chinese)
- [12] 杨晓玉, 王艳萍, 冷平, 等. ABA对甜瓜果实成熟和软化的调节 [J]. 中国农业大学学报, 2010, 15 (4): 25–32.
- YANG X Y, WANG Y P, LENG P, et al. Effect of abscisic acid (ABA) on melon fruit ripening and softening [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2010, 15 (4): 25–32. (in Chinese)
- [13] 李靖, 孙淑霞. 食品理化检验方法指南[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011: .
- [14] 陈洁, 陈敏, 刘齐. 三种测定水果中维生素C含量方法的比较 [J]. 广东化工, 2017, 44 (19): 164–166.
- CHEN J, CHEN M, LIU Q. Comparison of three methods for the determination of vitamin C in fruits [J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2017, 44 (19): 164–166. (in Chinese)
- [15] 陈伟, 施丽愉, 苏新国, 等. 不同品种枇杷果实采后低温贮藏品质研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4 (6): 1743–1749.
- CHEN W, SHI L Y, SU X G, et al. Research on postharvest quality in loquat fruit of different varieties during low temperature storage [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2013, 4 (6): 1743–1749. (in Chinese)
- [16] 杨璐, 努尔比耶, 李宏. 新疆红枣果实不同部位总酚的含量测定 [J]. 食品研究与开发, 2016, 37 (1): 152–156.
- YANG L, LUER B Y, LI H. Determination of total polyphenols in different parts of jujubae fructus growing in Xinjiang [J]. *Food Research and Development*, 2016, 37 (1): 152–156. (in Chinese)
- [17] PARK Y S, JUNG S T, KANG S G, et al. Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107 (2): 640–648.
- [18] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003: 90–91.
- [19] BRAND-WILLIAMS W, CUVELIER M E, BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 1995, 28 (1): 25–30.
- [20] BENZIE I F F, STRAIN J J. [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration[M]//Oxidants and Antioxidants Part A. Amsterdam: Elsevier, 1999: 15–27.
- [21] 栗丽, 洪坚平, 谢英荷, 等. 生物菌肥对采煤塌陷复垦土壤生物活性及盆栽油菜产量和品质的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18 (5): 939–944.
- LI L, HONG J P, XIE Y H, et al. Effect of bacterial manure on soil biological activity, yield and quality of rape in reclaimed core-mining areas [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18 (5): 939–944. (in Chinese)
- [22] 张萍, 赵建华, 鞠召彬, 等. 放线菌肥对新疆加工番茄促生、防病增产及列当的防控效果 [J]. 中国蔬菜, 2019 (2): 49–52.
- ZHANG P, ZHAO J H, JU Z B, et al. Effect of actinomycete fertilizer on growth promotion, disease prevention, yield increase and

- broomrape control of processing tomato in Xinjiang [J]. *China Vegetables*, 2019 (2) : 49–52. (in Chinese)
- [23] 郭志刚, 李文芳, 马宗桓, 等. 生物菌肥和钾肥配施对苹果钾素吸收及果实品质的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2021, 39 (3) : 113–121.
- GUO Z G, LI W F, MA Z H, et al. Effects of combined biological fertilizer and potassium fertilizer on potassium absorption and fruit quality of apple [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2021, 39 (3) : 113–121. (in Chinese)
- [24] 林建城, 林河通, 黄志明, 等. 福建省5个主栽品种枇杷果实品质比较及其与果实耐贮运的关系 [J]. *食品科学*, 2008, 29 (6) : 433–437.
- LIN J C, LIN H T, HUANG Z M, et al. Comparison of fruit qualities of five major loquat cultivars in Fujian Province and relationship between fruit quality and storability [J]. *Food Science*, 2008, 29 (6) : 433–437. (in Chinese)
- [25] LI R, SUN S, WANG H J, et al. FIS₁ encodes a GA2-oxidase that regulates fruit firmness in tomato [J]. *Nature Communications*, 2020, 11: 5844.
- [26] 张建斌, 戚行江, 吴世军, 等. 氨基酸水溶肥对复壮杨梅树势和改善果实品质的作用 [J]. *湖南农业科学*, 2021 (5) : 27–29.
- ZHANG J B, QI X J, WU S J, et al. Effects of amino acid water-soluble fertilizer on tree vigor and fruit quality of waxberry (*Myrica rubra*) [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2021 (5) : 27–29. (in Chinese)
- [27] 刘松忠, 刘军, 张强, 等. 不同肥料种类对黄金梨果实内在品质及风味的影响 [J]. *果树学报*, 2012, 29 (1) : 6–10.
- LIU S Z, LIU J, ZHANG Q, et al. Effects of manure types on sugars and acids content and flavor of pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Hwangkumbae) [J]. *Journal of Fruit Science*, 2012, 29 (1) : 6–10. (in Chinese)
- [28] 许会会, 陈光, 王春夏, 等. 含氨基酸水溶肥对葡萄产量与质量及经济效益的影响 [J]. *现代农业科技*, 2018 (24) : 57, 60.
- XU H H, CHEN G, WANG C X, et al. Effect of water-soluble fertilizer containing amino acids on grape's yield, quality and economic benefits [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2018 (24) : 57, 60. (in Chinese)
- [29] 于雷, 邱菊, 赵丽影, 等. 氮素对玉米生长及生理特性的影响 [J]. *吉林农业科学*, 2011, 36 (2) : 36–39.
- YU L, QIU J, ZHAO L Y, et al. Effects of nitrogen on growth and physiological characteristics of maize [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2011, 36 (2) : 36–39. (in Chinese)
- [30] 王晓磊. 低钾下不同耐性玉米钾素积累及其延缓衰老的生理特性[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2012.
- WANG X L. Physiological characteristics of potassium accumulation and delaying senescence of different maize (*Zea mays* L.) under low potassium stress[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [31] 唐岩, 宋来庆, 孙燕霞, 等. 叶面喷施磷酸二氢钾对红将军苹果叶片性状、果实品质和香气成分的影响 [J]. *山东农业科学*, 2017, 49 (5) : 82–85.
- TANG Y, SONG L Q, SUN Y X, et al. Effects of foliage application of potassium dihydrogen phosphate on blade, fruit quality and aroma components of red general fuji apple [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2017, 49 (5) : 82–85. (in Chinese)
- [32] 谢国芳, 刘娜, 邓秋秋, 等. 采前喷施叶面肥对火龙果食用及贮藏品质的影响 [J]. *南方农业学报*, 2019, 50 (12) : 2755–2763.
- XIE G F, LIU N, DENG Q Q, et al. Effects of preharvest spraying with foliar fertilizer on edible quality and storage performance of pitaya [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2019, 50 (12) : 2755–2763. (in Chinese)
- [33] 刘志刚, 任红松, 买买提·艾合买提, 等. 氨基酸硒叶面肥对吐鲁番秋季露地甜瓜叶片早衰生理特性的影响 [J]. *新疆农业科学*, 2021, 58 (6) : 1078–1085.
- LIU Z G, REN H S, MAIMAITI AIHEMAITI, et al. Effects of amino acid selenium leaf fertilizer on the physiological characteristics of early senescence of autumn dew muskmelon leaves in Turpan [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2021, 58 (6) : 1078–1085. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)