

曹秋艳, 李海渤, 冯慧敏, 等. 施用微生物菌肥对无花果鲜食品质和贮藏特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(3): 807-813.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.03.022

施用微生物菌肥对无花果鲜食品质和贮藏特性的影响

曹秋艳, 李海渤, 冯慧敏, 付龙威, 刘堂茂, 王斌

(韶关学院英东生物与农业学院/广东省粤北食药资源利用与保护重点实验室, 广东 韶关 512005)

摘要: 为探究施用微生物菌肥对无花果食用品质和贮藏特性的影响, 以丰产黄无花果为供试材料, 在常规施肥的基础上增施微生物菌肥。与常规施肥(对照)相比, 增施微生物菌肥处理可使果实总可溶性固形物和干物质含量显著增加, 可滴定酸含量在贮藏 0 d 时显著降低 51.22%, 提高了 α -蒎烯、 β -石竹烯、 β -杜松烯和 δ -布黎烯等特征芳香物质的相对含量, 促进果皮均匀着色, 表明增施微生物菌肥显著提高了无花果果实品质。在采后贮藏期间, 微生物菌肥处理组的 L^* 值比对照高 17.03%~28.29%, 硬度比对照高 3.26%~29.69%, 总可溶性固形物含量比对照高 4.82%~15.48%, 腐烂指数比对照低 84.00%, 表明处理组果实的耐贮性显著优于对照组。由此可见, 增施微生物菌肥能显著提高鲜食无花果的食用品质和贮藏品质, 本研究结果为无花果的优质栽培提供了参考。

关键词: 无花果; 采前施肥; 微生物菌肥; 冷藏; 采后品质

中图分类号: S663.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)03-0807-07

Effect of applying microbial fertilizer on fresh-eating quality and storage characteristics of figs

CAO Qiu-yan, LI Hai-bo, FENG Hui-min, FU Long-wei, LIU Tang-mao, WANG Bin

(Henry Fok College of Biology and Agriculture/Guangdong Provincial Key Laboratory of Utilization and Conservation of Food and Medicinal Resources in Northern Region, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China)

Abstract: To investigate the effects of applying microbial fertilizer (MF) on edible quality and storage characteristics of fresh figs, figs with the variety name Fengchanhuang were used as experimental materials through adding MF on the basis of conventional fertilization (CK). Compared with CK, extra application of MF could increase the contents of total soluble solids (TSS) and dry matter significantly. The titratable acid content significantly decreased by 51.22% on the initial period of storage, and the relative contents of characteristic aromatic substances such as α -pinene, β -caryophyllene, β -cadinene and δ -guaiene increased, which promoted equitable coloring of fruit peels. The results suggested that adding MF treatment significantly improved the fruit quality of fresh figs. During postharvest storage period, the L^* value, hardness and TSS contents of MF treatment were 17.03%–28.29%, 3.26%–29.69% and 4.82%–15.48% higher than those of CK, respectively. The decay index of MF treatment was 84.00% lower than that of CK, suggesting that the storage property

of fruits treated by MF method was significantly better than that of CK group. The results indicated that, adding MF can significantly improve the edible and storage qualities of fresh-eating figs, which can provide reference for the high-quality cultivation of figs.

Key words: fig (*Ficus carica* L.); preharvest fertilization; microbial fertilizer; cold storage; postharvest quality

收稿日期: 2022-12-06

基金项目: 广东省乡村振兴战略专项(210819114530878、21090316-4532210); 韶关市农村科技特派员驻镇帮镇扶村行动项目(220319234530524)

作者简介: 曹秋艳(1979-), 女, 辽宁绥中人, 博士, 高级实验师, 研究方向为植物艺术设计。(E-mail) cqyuan@163.com

通讯作者: 刘堂茂, (E-mail) 843249682@qq.com; 王斌, (E-mail) b_wang@sgu.edu.cn

无花果(*Ficus carica* L.)是桑科无花果属多年生亚热带木本果树^[1],因其花隐藏在囊状的花托内而著称。无花果是人类最早栽培的果树之一,最初起源于地中海东部一带,在唐代时经丝绸之路引入中国^[2]。无花果果实中含有丰富的多糖、黄酮和酚类化合物,具有抗氧化、增强免疫力等多重功效^[3-5],是药食两用型水果。鲜食无花果质地软糯,口感绵甜,风味独特,深受消费者青睐。因此,无花果在中国的种植面积逐年扩大^[6]。

微生物菌肥是一类含有活性微生物的生物肥料,可以起到提高肥料利用效率、调节养分平衡的作用,具有促生增产、提高果品品质的效果^[7]。研究发现,在果蔬生产中应用微生物菌肥可以提高产量,改善果实品质^[8]。Morais等^[9]在草莓上的研究发现,施用土地杆菌(*Pedobacter* sp. CC1)能提高草莓果形指数、总酚含量、总黄酮含量和总可溶性固形物(TSS)含量。在番茄上的研究发现,增施宁盾微生物菌肥能显著提高番茄植株产量,通过调节4种与蔗糖代谢相关的酶的活性,改善果实品质^[10]。减氮配施微生物菌肥能够增加富士苹果的单果质量、纵径和横径,提高TSS和维生素C含量以及果实硬度,降低可滴定酸(TA)含量^[11]。

虽然已有不少施用微生物菌肥影响水果品质的研究,但有关微生物菌肥对鲜食无花果品质和耐贮性的影响,国内外相关报道较少。且不同微生物菌肥对不同果实品质的提升作用差异很大,不同产区的生态条件也不尽相同,这些都会影响菌肥的施用效果。因此,要推广微生物菌肥施用技术,有必要在不同产区和不同类型的果树上进行多次比较试验,以确认施肥效果。本研究拟以广东省韶关市的主栽品种丰产黄为试验对象,以常规施肥处理为对照,探讨微生物菌肥对鲜食无花果采后品质和贮藏特性的影响,以期为无花果的科学施肥和高优栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料及果园基本情况

供试无花果品种为丰产黄,选择长势良好、树势健壮、无病害、树龄约2~4年的无花果果树为试验树。试验果园位于广东省韶关市浈江区十里亭镇碧亭路,土壤类型为红壤土,土壤pH为7.17,有机质含量为16.72 g/kg,碱解氮含量为77.00 mg/kg,速效磷含量为25.30 mg/kg,速效钾含量为136.22

mg/kg。

微生物菌肥购自深圳市赛亿扬生物科技有限公司(产品编号:SY333)。复合肥(狮马牌)为硫酸钾型,总养分含量 $\geq 45\%$,含硝态氮6.50%、铵态氮8.50%、磷(P_2O_5)15.00%、钾(K_2O)15.00%、镁2.00%、硫6.00%、硼0.18%、锌0.01%。

1.2 试验方法

1.2.1 施肥处理 对照组(CK)施肥:将肥料埋在树干周围50 cm处,深度约10~15 cm。每株施用2.5 kg复合肥,0.5 kg自制混合肥(鸡粪与花生麸的质量比为1:20)。微生物菌肥处理(MF):在CK的基础上,以淋根的方式将菌肥喷施在滴水线附近,每株用量50 ml。施肥结束后,按照常规要求管理果园。处理与对照各设置3个重复,每个重复3株果树,于2022年9月5日进行施肥处理。

1.2.2 采收与选果 于2022年11月13日采收果实,采收成熟度约八成熟,此时果实已具备很好的食用品质,TSS含量为12%~15%。挑选成熟度总体一致,大小均匀,无机械伤,无病虫害或没被鸟啄的果实作为试验用果。每处理随机挑选60个果,装入塑料筐中,每筐装20个果,用塑料薄膜保鲜袋密封包装。贮藏在5℃、空气相对湿度为80%~90%的恒温培养箱中。

1.2.3 感官品质评价和色度测定 选取口感、风味、质地、色泽、饱满度5个感官指标,评价无花果的感官品质^[12],每个指标的分值范围为0~5分。使用色差仪(日本KONICA MINOLTA公司产品,型号:CR-400)测定果皮色度指标(L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE 值),根据同一果实不同部位的色度差异计算色度变异指数。在色度指标中, L^* 表示亮度, L^* 值越大,表明物体表面亮度越高。 a^* 表示红色至绿色的范围,正值表示偏红,负值表示偏绿。 b^* 表示黄色至蓝色的范围,正值表示偏黄,负值表示偏蓝。 ΔE 表示色差值, ΔE 值越大表示测定样品与标准白板间的色度差异越大。

1.2.4 果实含水率、TSS和TA含量的测定 含水率= $[(\text{果实鲜质量}-\text{果实干质量})/\text{果实鲜质量}]\times 100\%$ 。使用数显折射仪(日本ATAGO公司,型号:PR-201a)测定TSS含量,使用酸碱中和法测定TA含量^[13],固酸比=TSS含量/TA含量。

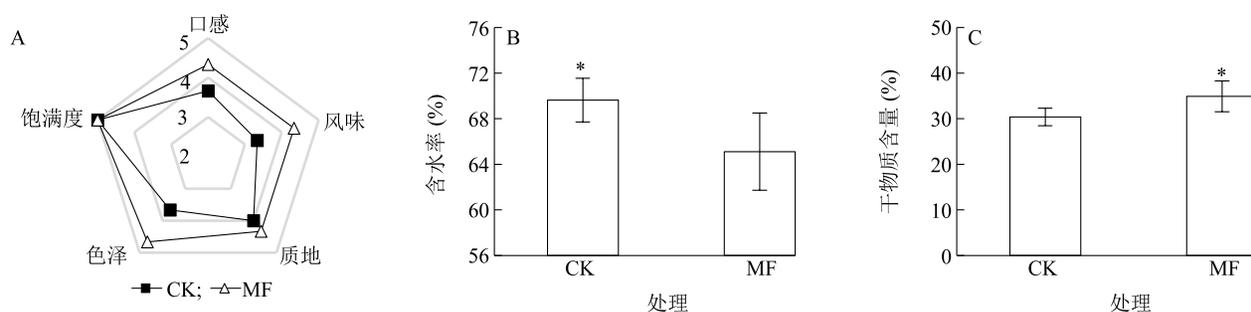
1.2.5 果皮皱缩指数和硬度测定、挥发性成分鉴定 根据帅良等^[14]的方法测定皱缩指数。使用硬度

计测定果实硬度,探头直径为 2 mm。采用顶空固相微萃取法,确定果实中挥发性化合物的种类及含量^[15]。

1.2.6 腐烂指数和好果率统计 将冷藏 8 d 的无花果在 25 ℃ 贮藏 1 d 时,观察果实的腐烂情况,根据果实腐烂严重程度计算腐烂指数^[16]。好果率=(未产生病害的果实数量/果实总数)×100%。

1.3 数据处理

使用 Excel 2016 软件记录并整理数据,使用 SPSS 22 软件中的 Duncan's 多重比较检验分析处理组间的差异。使用 Excel 2016 软件绘图。



CK:对照;MF:微生物菌肥处理。*表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

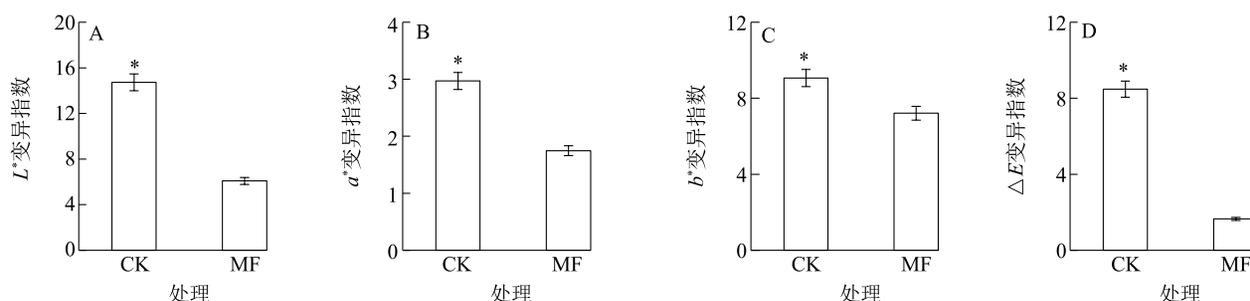
图 1 无花果果实感官评价(A)、含水率(B)和干物质含量(C)

Fig.1 Sensory evaluation (A), water content (B) and dry matter content (C) of fig fruit

2.2 施用微生物菌肥对果实着色和芳香风味的影响

对照组果实的 L^* 变异指数为 14.73, a^* 变异指数为 2.96, b^* 变异指数为 9.06, ΔE 变异指数为

8.47(图 2)。MF 组的各色度指标变异指数均显著小于对照组,表明增施微生物菌肥能促进无花果果皮均匀着色。



L^* 表示亮度; a^* 表示红色至绿色的范围; b^* 表示黄色至蓝色的范围; ΔE 表示色差。CK、MF 见图 1 注。*表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

图 2 同一果实不同部位的色度差异

Fig.2 Chromaticity difference at different spots of the same fig fruit

在丰产黄无花果果实中共鉴定出 41 种香气成分。相对含量最高的是 β -石竹烯,其次是 δ -布藜烯、 β -杜松烯和 α -蒎烯,说明这 4 种化合物是丰产黄无花果的特征香气物质。对照中 β -石竹烯的相对

含量为 43.14%, δ -布藜烯的相对含量为 11.51%, β -杜松烯的相对含量为 9.24%, α -蒎烯的相对含量为 8.05%,它们在 MF 组中的相对含量依次为 48.97%、13.96%、11.35%和 9.34%,均显著高于对

照组(表 1)。说明增施微生物菌肥促进了无花果特征香气物质的合成积累。

除上述 4 种特征香气物质含量差异显著外,处理组中许多醛、醇类化合物的含量显著低于对照,如苯甲醛、苯甲醇、氧化芳樟醇、天竺葵醛、顺 3,7-氧化芳樟醇等,且 2-己烯醛仅在对照组中检出;而许

多酯类化合物含量显著高于对照组,比如 β -丁内酯、己酸甲酯、 α -甲基巴豆酸乙酯等,且顺-2-丁烯酸乙酯和庚酸乙酯仅在 MF 处理组中检出(表 1)。醛类、醇类化合物通常具有较强烈的刺激性气味,而多数酯类化合物具有怡人的香味,说明增施微生物菌肥改善了无花果的芳香风味。

表 1 无花果果实中挥发性化合物种类及相对含量

Table 1 Types and relative contents of volatile compounds in fig fruit

序号	化合物	保留指数	相对含量(%)		序号	化合物	保留指数	相对含量(%)	
			CK	MF				CK	MF
1	顺-2-丁烯酸乙酯	830	-	0.130±0.007	22	α -萜澄茄油烯	1 135	2.38±0.47*	0.15±0.56
2	2-甲基丁酸乙酯	849	0.110±0.008	0.900±1.400	23	(+)-环苜蓿烯	1 368	0.26±0.04	0.25±0.03
3	2-己烯醛	851	0.190±0.130	-	24	α -蒎烯	1 376	8.05±1.13	9.34±0.34*
4	正己醇	868	0.230±0.040	0.240±0.020	25	β -萜澄茄油烯	1 389	1.23±0.21	1.02±0.08
5	庚醛	901	0.170±0.020	0.260±0.090	26	(-)-异丁香烯	1406	0.52±0.06	-
6	β -丁内酯	915	0.270±0.150	0.500±0.240*	27	β -石竹烯	1 419	43.14±1.51	48.97±5.34*
7	2-羟基-2-甲基丁酸甲酯	923	-	0.170±0.060	28	反 α -香柑油烯	1 435	2.71±0.56	3.41±0.25*
8	己酸甲酯	925	0.050±0.010	0.170±0.050*	29	香橙烯	1 140	0.39±0.09	0.34±0.03
9	α -甲基巴豆酸乙酯	939	0.040±0.020	0.250±0.080*	30	杜松-3,5-二烯	1 458	0.35±0.06	0.31±0.03
10	苯甲醛	962	3.140±2.480*	0.860±0.160	31	δ -布黎烯	1 505	11.51±1.79	13.96±0.31*
11	己酸	990	0.150±0.040*	0.090±0.010	32	γ -衣兰油烯	1 477	1.22±0.15	1.49±0.06*
12	甲基庚烯酮	986	0.180±0.020	0.180±0.040	33	α -衣兰油烯	1 499	0.70±0.10	1.11±0.19*
13	2-正戊基呋喃	993	0.250±0.020*	0.190±0.030	34	γ -杜松烯	1 513	0.28±0.04	0.37±0.05*
14	2-甲基苯甲醚	1 008	0.110±0.030	0.190±0.030*	35	β -杜松烯	1518	9.24±1.90	11.35±0.95*
15	苯甲醇	1 036	0.580±0.470*	0.260±0.060	36	1-苯基壬烷	1 533	0.41±0.06*	0.34±0.05
16	氧化芳樟醇	1 086	0.170±0.040*	0.150±0.040	37	α -杜松烯	1 538	0.30±0.08*	0.24±0.03
17	苯甲酸甲酯	1 094	0.220±0.040*	0.170±0.040	38	α -二去氢菖蒲烯	1 542	0.63±0.14	0.61±0.08
18	庚酸乙酯	1 097	-	0.100±0.020	39	β -二去氢菖蒲烯	1 563	0.24±0.07*	0.15±0.03
19	天竺葵醛	1 104	0.370±0.060*	0.240±0.060	40	α -二去氢萜澄茄烯	1 623	0.21±0.02*	0.17±0.07
20	苯甲酸乙酯	1 171	1.170±0.500	0.670±0.270	41	卡达烯	1674	0.24±0.07	0.24±0.07
21	顺 3,7-氧化芳樟醇	1 174	0.730±0.130*	0.420±0					

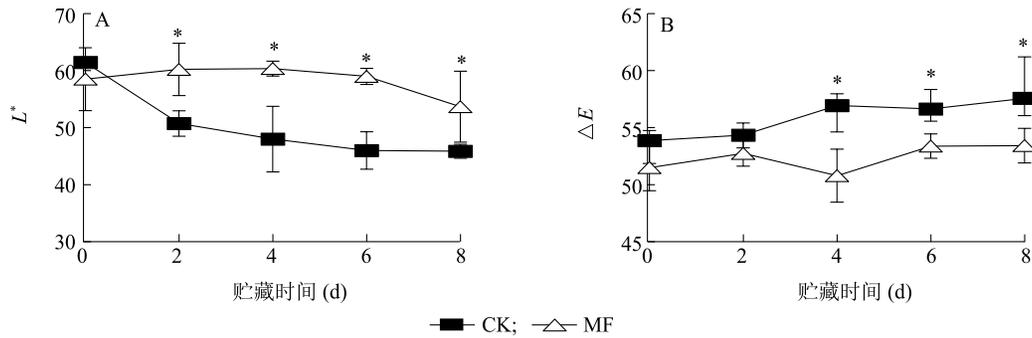
CK、MF 见图 1 注。* 表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。- 表示未鉴定出该化合物。

2.3 施用微生物菌肥对冷藏无花果褐变的影响

在 5 ℃ 冷藏期间,对照的 L^* 值逐渐下降,尽管 MF 处理组的 L^* 值也有所下降,但下降速率明显小于对照。除 0 d 外,MF 组的 L^* 值显著高于对照组,比对照组高 17.03%~28.29% (图 3A)。对照组和 MF 组的 ΔE 值总体均呈上升趋势(图 3B),表明无花果在冷藏期间产生了褐变现象。与对照相比,除 0 d 和 2 d 外,处理组的 ΔE 值显著低于对照,比对照低 2.95%~10.80%。这些结果表明,MF 处理组的无花果具有更强的抗褐变性。

2.4 施用微生物菌肥对冷藏无花果质地的影响

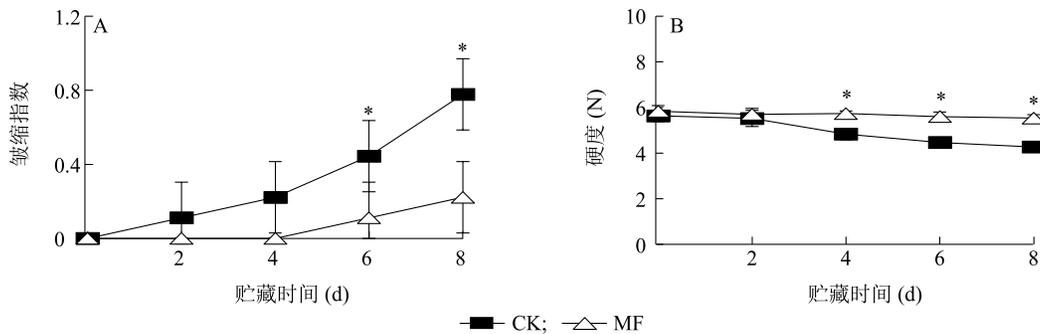
对照在贮藏 2 d 时就发生了轻微皱缩,而 MF 处理在贮藏 6 d 时才观察到果皮皱缩现象。在贮藏 6 d 和 8 d 时,处理组的皱缩指数显著低于对照(图 4A)。贮藏 4 d 开始,对照组的硬度开始降低,而 MF 处理组的硬度在贮藏期间下降得很少。除 0 d 和 2 d 外,MF 处理组的硬度显著高于对照组,比对照高 3.26%~29.69% (图 4B),表明 MF 处理组能在低温贮藏期间维持较好质地。



CK, MF 见图 1 注。L*、 ΔE 见图 2 注。* 表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

图 3 果皮 L^* (A) 和 ΔE (B) 值在低温贮藏期间的变化

Fig.3 Changes of L^* values (A) and ΔE values (B) of fruit peel during cold storage



CK, MF 见图 1 注。* 表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

图 4 果实皱缩指数 (A) 和硬度 (B) 在低温贮藏期间的变化

Fig.4 Changes of shrinkage index (A) and firmness (B) of fig fruit during cold storage

2.5 施用微生物菌肥对冷藏无花果 TSS 和 TA 含量的影响

在冷藏 0 d 时, MF 处理组的 TSS 含量和固酸比显著高于对照, TSS 含量和固酸比分别比对照高 15.48% 和 142.47%, TA 含量显著低于对照, 比对照低 51.22% (图 5)。

在低温贮藏期间, 处理组的 TSS 含量总体维持在一个较高水平, 且整体上显著高于对照组 (图 5A), 比对照组高 4.82%~15.48%。对照组的 TA 含量逐渐下降, 而处理组的 TA 含量先缓慢增加, 在贮藏 6 d 后下降 (图 5B), 表明 MF 处理抑制了 TA 的分解。在贮藏期的前 6 d, 处理组的固酸比随贮藏时间逐渐下降, 对照组的固酸比逐渐升高 (图 5C)。这是因为对照组的 TA 含量在贮藏期间逐渐下降, TSS 含量逐渐增加, 导致对照组的固酸比逐渐升高。在贮藏期的前 4 d, 处理组的固酸比显著高于对照组, 比对照组高 50.94%~142.47% (图 5C)。

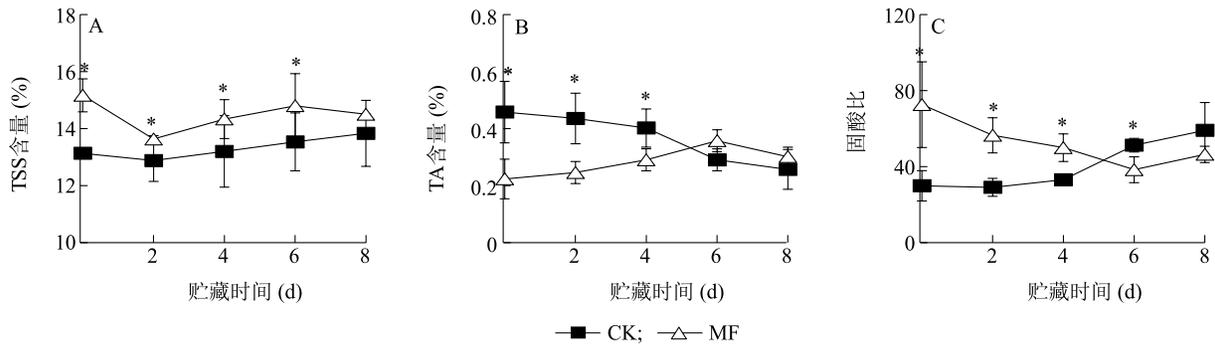
2.6 施用微生物菌肥对冷藏无花果腐烂的影响

对照组的腐烂指数为 2.08, 好果率为

8.33%, 说明对照组发生了较为严重的腐烂现象 (图 6)。MF 处理组的腐烂指数显著低于对照组, 比对照组低 84.00% (图 6A); 好果率显著高于对照, 比对照高 800.00% (图 6B)。处理组在贮藏 9 d 时仍能保持较高的商品性 (图 6C), 表明采前微生物菌肥处理提高了鲜食无花果的耐贮性。

3 讨论与结论

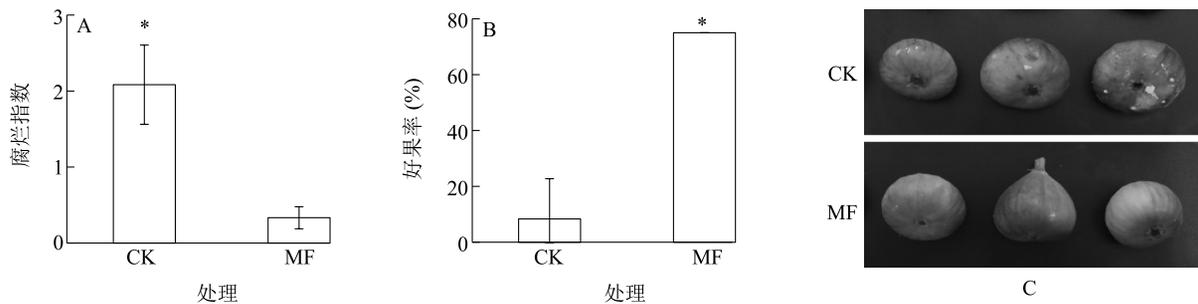
施用微生物菌肥能够提高苹果^[11]、猕猴桃^[17]、香梨^[18]、葡萄^[19]等多种水果的外观品质和营养品质。用利迪链霉菌活性液处理红地球葡萄果树后, 果实中的 TSS、维生素 C 和蛋白质含量显著高于对照^[20]。本研究中, 施用微生物菌肥的无花果相较于对照组, 具有更高的感官评分、干物质量和 TSS 含量, 更丰富的香气成分, 更低的 TA 含量。这与前人的研究结果总体一致, 证明施用微生物菌肥提高了鲜食无花果的外观品质和营养价值。



CK、MF 见图 1 注。TSS: 总可溶性固形物; TA: 可滴定酸。* 表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

图 5 总可溶性固形物 (A)、可滴定酸含量 (B) 和固酸比 (C) 在低温贮藏期间的变化

Fig.5 Changes of total soluble solids (TSS) content (A), titratable acid (TA) content (B) and TSS/TA (C) of fig fruits during cold storage



A: 腐烂指数; B: 好果率; C: 果实腐烂情况。CK、MF 见图 1 注。* 表示处理组与对照在 0.05 水平上差异显著。

图 6 菌肥处理对冷藏无花果腐烂的影响

Fig.6 Effect of microbial fertilizer treatment on the decay of cold-stored figs

采前科学合理的养分管理可提高水果的耐贮性。全营养施肥显著提高了龙眼果肉的爽脆度、果净度和耐贮性,降低了霉变率^[21]。采后无花果在贮藏期间,果皮容易褐变^[22]。本研究中,施用微生物菌肥抑制了无花果 TSS 和 TA 含量的降低,抑制了果皮 ΔE 值的升高,抑制了果皮皱缩和果实软化,表明施用微生物菌肥提高了鲜食无花果的耐贮性。对于严重缺乏采后处理设施的无花果产区来说,这项技术可以提高鲜食无花果的耐贮性,在一定程度上降低采后损失,具有一定的推广应用价值。在低温贮藏期间无花果能维持较高硬度,果皮不易皱缩,可能由于菌肥处理促进了内含物积累。

水果品质形成与果树生长、土壤理化性质、土壤酶活性以及养分利用密切相关^[23-26]。微生物菌肥中含有丰富的根际促生菌,在土壤中增施菌肥能调节土壤微生物群落组成,改善根际土壤微环境,改变土壤理化性质,加速土壤养分释放,分解有毒次生代谢产物^[27-31]。施用宁盾菌肥可以提高根际土壤蔗糖酶、脲酶的活性,增加根际土壤中氮、磷、钾等大量

元素的含量,从而提高黄瓜果实的营养品质^[32]。施用微生物菌肥后,果树根际土壤中拟杆菌、芽孢杆菌和变形菌等有益微生物的丰度增加^[33]。微生物菌剂改善了新红星苹果树的根际微生物类群,促进了果实着色和成熟^[34]。这些研究结果表明,施用微生物菌肥可以通过增加根际有益微生物群体丰度,改善根际土壤理化性质,促进无花果果树根系对矿质养分的吸收,从而提高无花果品质和耐贮性。微生物菌肥还可促进土壤中腐殖酸的合成^[34],推测 MF 处理改善无花果芳香风味,可能是微生物代谢产生腐殖酸的结果。

本研究结果证实,在果实生长期增施微生物菌肥不仅可以提高无花果鲜食品质,还能增强采后无花果的耐贮性。研究结果为高优无花果的栽培提供了参考,为微生物菌肥在无花果生产中的应用奠定了理论基础。

参考文献:

[1] 杜佳铭,郭晓宏,刘倩婷,等. 1-MCP 与 PE 保鲜膜处理对无花

- 果贮藏特性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(19): 10-18.
- [2] 颜道民,尹金晶,唐晋文,等. 鲜食无花果贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2462-2467.
- [3] 柏红梅,王波,游敬刚,等. 中国无花果采后研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2021, 57(1): 111-114.
- [4] GRACE V M B, LYDIA B, WILSON D D. The effect of indian fig fruit extract on human papilloma virus containing cervical cancer cells (HeLa) by decreasing the *HPV18 L1* gene load[J]. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 2021, 22(3): 785-791.
- [5] CRUZ J M D A, CORREA R F, LAMARAO C V, et al. *Ficus* spp. fruits: bioactive compounds and chemical, biological and pharmacological properties [J]. *Food Research International*, 2022, 152: 110928.
- [6] 王思茜. 威远县无花果产业发展现状及其对策研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2018.
- [7] GLICK B R. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation[J]. *Biotechnology Advances*, 2010, 28(3): 367-374.
- [8] BARBOSA A A T, MANTOVANI H C, JAIN S. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their potential in the preservation of fruit products[J]. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2017, 37(7): 852-864.
- [9] MORAIS M C, MUCHA Â, FERREIRA H, et al. Comparative study of plant growth-promoting bacteria on the physiology, growth and fruit quality of strawberry[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(12): 5341-5349.
- [10] 武杞蔓,刘朋宇,张颖,等. 微生物菌肥对番茄生长、品质及糖代谢相关酶的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(24): 125-130.
- [11] 王爱玲,段国琪,田时敏,等. 减氮配施微生物菌肥对“富士”苹果品质和光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2022, 513(18): 16-22.
- [12] 巩多蕊,杨莉玲,钱龙,等. 模拟冷链运输处理对杏果实货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(10): 10-16.
- [13] 王彦景,王光,曲珊珊,等. 果实生长期茉莉酸甲酯处理对“红贵妃”杧果贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2020, 49(4): 67-73.
- [14] 帅良,廖玲燕,吴振先,等. 不同保鲜膜包装对百香果采后贮藏品质的影响[J]. 食品工业, 2017, 38(12): 180-183.
- [15] OLIVEIRA A P, SILVA L R, GUEDES DE P P, et al. Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-IT-MS[J]. *Food Chemistry*, 2010, 123(2): 548-557.
- [16] 杜佳铭,谷诗雨,杨永佳,等. 1-MCP 复合 MAP 包装对无花果贮藏品质的影响[J]. 包装工程, 2022, 43(7): 11-17.
- [17] 潘丽珊. 不同管理措施对红阳猕猴桃果实产量和品质的影响[D]. 贵阳:贵州大学, 2022.
- [18] 穆凯代斯罕·伊萨克. HPS 微生物菌肥对库尔勒香梨园土壤、叶片和果实品质的影响研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学, 2022.
- [19] 杨昌钰. 水分胁迫与微生物菌肥添加对设施栽培葡萄生长发育及土壤微生物环境的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2021.
- [20] 刘伟成,李建,王合,等. 2种微生物制剂对红地球葡萄产量和果实品质的影响[J]. 中国果树, 2009(4): 13-16.
- [21] 韩冬梅,黄石连,欧阳思颖,等. 提升龙眼果实耐贮藏性的果期病害防治与养分优化管理[J]. 中国农业科学, 2022, 55(21): 4279-4293.
- [22] SOZZI G O, ABRAJAN-VILLASENOR M A, TRINCHERO G D, et al. Postharvest response of ‘Brown Turkey’ figs (*Ficus carica* L.) to the inhibition of ethylene perception[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 85(14): 2503-2508.
- [23] 李丽霞. 微肥对作物产量、品质的影响及其生态环境效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2005.
- [24] 蔡芳丽,邹帅宇,高浦新,等. 不同采收时间三叶木通果实品质变化分析[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(1): 83-85.
- [25] 施露,高庆超,李亚辉,等. 梨果实品质的研究进展与潜在技术应用展望[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(2): 567-576.
- [26] 谢昶球,王迪,安祥瑞,等. 滴灌减量施肥对梨树体养分及果实产量、品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(6): 1526-1533.
- [27] 赵政,陈巍,王欢,等. 木霉微生物肥与减量化肥配施对番茄产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2018, 55(5): 1243-1253.
- [28] ALORI E T, BABALOLA O O. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2018, 9: 2213.
- [29] 何建清,张格杰,赵伟进,等. 复合微生物菌肥拌种对黑青稞生长发育及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(8): 111-117.
- [30] 姬红利,陶秀花,虞金宝,等. 活性生物增产降解剂对锐尖山香圆生长生理、药效成分及土壤质量的影响[J]. 南方农业学报, 2022, 53(3): 803-812.
- [31] 李茜,苏国权,危月辉,等. 增施微生物菌肥对烤烟生长发育及烟叶品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(19): 123-129.
- [32] 武杞蔓,田诗涵,李昉焱,等. 微生物菌肥对设施黄瓜生长、产量及品质的影响[J]. 生物技术通报, 2022, 38(1): 125-131.
- [33] WANG M, LI S, CHEN S, et al. Manipulation of the rhizosphere bacterial community by biofertilizers is associated with mitigation of cadmium phytotoxicity [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 649(1): 413-421.
- [34] 仲光绪,陈伟,束怀瑞. 菌剂和有机质处理对苹果园土壤微生物和果实品质的影响[J]. 中国果树, 2019(5): 20-24.

(责任编辑:陈海霞)