

童盼盼,王龙,张亚若,等.有机肥和菌肥对库尔勒香梨果实品质及香气的影响[J].华中农业大学学报,2021,40(4):114-122.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.04.014

有机肥和菌肥对库尔勒香梨果实品质及香气的影响

童盼盼^{1,2},王龙^{1,2},张亚若^{1,2},袁海波¹,卢治文¹,
刘园³,张红艳³,徐娟³,吴翠云^{1,2,4},王江波^{1,2,4}

1.塔里木大学植物科学学院,阿拉尔 843300; 2.塔里木大学南疆特色果树高效优质栽培与
深加工技术国家地方联合工程实验室,阿拉尔 843300;

3.华中农业大学园艺林学学院/园艺植物生物学教育部重点实验室,武汉 430070;

4.新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室,阿拉尔 843300;

摘要 设置施用不同有机肥和菌肥处理,研究其对库尔勒香梨果实品质及香气的影响,旨在为制定高品质库尔勒香梨栽培技术提供参考。结果表明:施用有机肥、菌肥均整体提高了果实外在、内在品质,尤其能显著增加单果质量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、固酸比、糖酸比和大部分矿质元素含量,显著降低有机酸含量;有机肥和菌肥处理不仅能有效提高香气物质总量和特征香气含量,而且均增加了3种香气物质,分别为醇类物质9-癸烯醇、醛类物质2,6,10-三甲基-9-十一烯醛和烷烃物质壬癸烷;主成分分析表明,海藻酸冲施有机肥和生物有机菌肥施用效果最优。

关键词 库尔勒香梨;有机肥;菌肥;果实品质;香气

中图分类号 S 661.206+.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)04-0114-09

梨是蔷薇科(Rosaceae)梨属(*Pyrus* L.)植物,多年生落叶果树,梨果汁多味甜,皮薄酥脆,是我国最受消费者喜爱的主要水果之一^[1]。我国是梨的起源中心之一,其种质资源较为丰富,生产上大面积栽培的秋子梨、砂梨和白梨均原产于我国。库尔勒香梨(*Pyrus sinkiangensis*)属白梨系统,作为新疆的特色水果,近年来其种植面积不断增加,产业不断壮大,导致果农为了追求产量,对库尔勒香梨进行不合理施肥,造成库尔勒香梨树体营养元素失衡,严重影响了香梨果实品质,制约了产业可持续发展。

近年来,生物有机肥、有机菌肥等土壤环境亲和型肥料逐渐引起人们重视。其中,有机肥含有植物生长所需的大量元素和微量元素,而生物菌肥则在复合肥的基础上增加了有益微生物。生物菌肥不仅能给植物提供生长发育所需的养分,而且其所含的微生物还能够通过自身的生命活动分解土壤中的有机物和矿物质,构建植物与土壤之间互利共生的关系^[2]。关于施用有机肥和配方施肥对土壤及香梨品质的影响已作了初步研究^[3-5],但施用不同有机肥和

菌肥对库尔勒香梨果实品质,特别是香气风味品质影响的研究尚无报道。本研究通过随机区组试验设计,设置施用不同类型有机肥、菌肥处理,测定库尔勒香梨果实品质在不同处理下的变化,探讨有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实品质的影响,旨在为制定高品质库尔勒香梨的栽培技术措施提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以新疆阿拉尔市9团库尔勒香梨为试材,选取具有代表性及地势平整的低肥力果园为试验地,该试验地处北纬40°61',东经81°34',平均海拔1100 m,昼夜温差大,降水稀少,光照时间长,土壤为沙壤土。于2004年建园,树体定植16 a,株行距4 m×6 m。其树体生长结果良好,树势较为均一,无大小年和病虫害现象。

1.2 试验处理

1)施肥处理。处理1:CK,不施肥处理;处理2:F1,复合肥(N+P₂O₅+K₂O≥48%,施1 kg);处理

收稿日期:2020-12-13

基金项目:兵团南疆重点产业支撑计划项目(2017DB006-2)

童盼盼,E-mail:1529674923@qq.com

通信作者:王江波,E-mail:wjbok@126.com

3:F2,黄腐酸钾有机肥($N+P_2O_5+K_2O \geq 13\%$,施3 kg)+复合肥(施1 kg);处理4:F3,海藻酸冲施有机肥($K_2O \geq 100$ g/L,施3 kg)+复合肥(施1 kg);处理5:F4,高腐殖酸有机肥($N+P_2O_5+K_2O \geq 37\%$,施3 kg)+复合肥(施1 kg);处理6:F5,微生物菌剂肥005(枯草芽孢杆菌2亿/g,施3 kg)+复合肥(施1 kg);处理7:F6,生物有机菌肥(枯草芽孢杆菌0.2亿/g,施3 kg)+复合肥(施1 kg);处理8:F7,微生物菌剂珍菌沃(地衣芽孢杆菌3亿/g,施3 kg)+复合肥(施1 kg)。

2)施肥时期及方法。采取随机区组设计,共8个区组,每组5棵树;于2018年秋季采收后的11月初,在树冠投影外围东、南、西、北4个方向各挖长1 m、宽30 cm、深40 cm的施肥沟,将混匀后的肥料均匀施入4个坑内,并充分与土壤混合均匀。

3)采样时期及处理。于2019年9月中旬果实成熟期(花期结束后150 d)采收果实样品,从树冠外围中部东、南、西、北4个方向随机采摘10个大小均匀、着色及成熟度大体一致、无病虫害和机械损伤的成熟果实,并保留完整果柄。将果实样品及时带回实验室用自来水、去离子水冲洗干净,并用不锈钢刀剔除果皮置于一80℃冰箱保存;部分果肉切成小块置于一80℃冰箱保存,部分果肉切成薄片,放入烘箱80℃烘干至无水分备用。

1.3 指标测定

1)果实单果质量及果形指数的测定。每处理取50个果实用百分之一电子天平称量,单果质量取平均值。每处理50个果实用电子数显游标卡尺(精度0.01 mm)测量其纵径、横径,依次取平均值。计算果形指数,果形指数=果实纵径/果实横径。

2)果实硬度的测定。用GY-3手握式果实硬度计进行硬度测定,每处理50个果实,测量时在果实赤道线均匀测定4个位置的硬度,依次取平均值。

3)果实可溶性固形物含量测定。用PAL-1数显糖度计进行测定。每处理50个果实在其阴面和阳面各取一处进行测定,依次取平均值。

4)果实可溶性糖含量测定。参照杨哲^[6]的方法,使用蒽酮比色法对果实可溶性糖含量进行测定。

5)果实有机酸含量测定。参照杨哲^[6]的方法,使用酸碱中和滴定法对果实有机酸含量进行测定。糖酸比=可溶性糖/有机酸。

6)果皮花青素含量测定。参照Yuan等^[7]的方法,使用pH示差法对果实有机酸含量进行测定。

7)果皮叶绿素含量测定。参照施泽彬^[8]的方法,使用浸提法对果实叶绿素含量进行测定。

8)果实矿质元素含量测定。由武汉科艾乐检测科技有限公司对备用烘干至无水分的香梨果实薄片使用燃烧法和ICP法测定果实矿质元素含量。

9)果实香气含量测定。参照刘园等^[9]的方法,使用固相微萃取结合GC-MS方法对果实挥发性物质进行测定。

1.4 数据统计与分析

使用Excel 2010软件对调查数据进行统计分析,采用SPSS 25进行方差分析,TBtools作图。

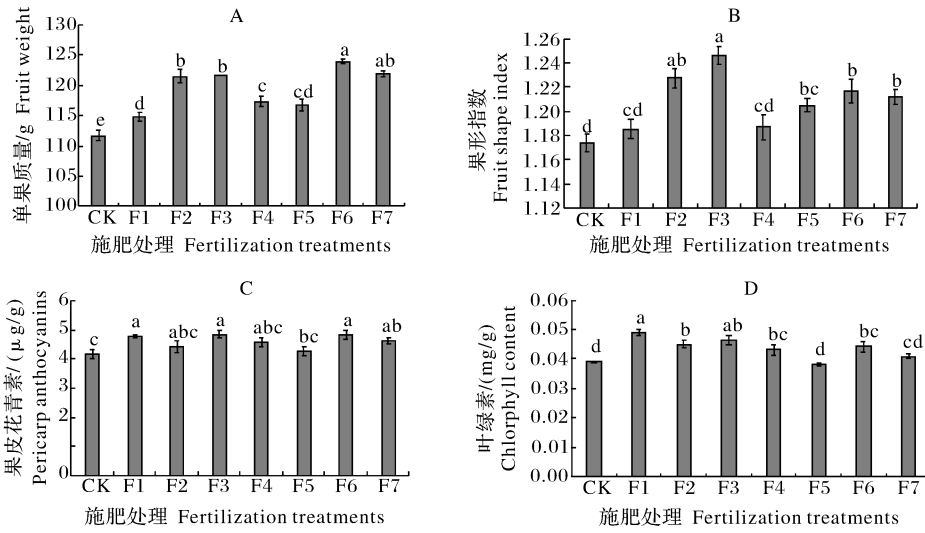
2 结果与分析

2.1 不同有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实外在品质的影响

由图1可知,不同施肥处理下果实单果质量均与CK具有显著差异,其中以F6处理的平均单果质量最大,达到了123.99 g,与CK相比提高了9.9%。果实果形指数增大,表示果实外形越偏向长圆形,不同施肥处理的果形指数分布范围在1.17~1.25,其中以F3处理最高,且与其他施肥处理具有显著差异,而F1、F4处理的果形指数与CK无显著差异。花青素是重要的抗氧化活性物质,不同施肥处理的果皮花青素含量均高于CK,其中F6处理的香梨果皮花青素含量最高,达到4.83 μg/g。叶绿素是果皮中的一种色素物质,其含量变化反映果实的成熟情况,不同施肥处理的叶绿素含量范围在0.044~0.049 mg/g,其中F1处理达到最高,而F5处理最低。

2.2 不同有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实内在品质的影响

由图2可知,施肥处理影响果实硬度,F6处理的果实硬度最高,与CK具有显著差异,而其他处理的果实硬度与CK无显著差异。不同施肥处理的果实可溶性固形物、可溶性糖含量均高于CK,其中以F6处理的可溶性固形物、可溶性糖含量最高,比CK处理提高了6.14%、23.14%,且均与其他处理达到显著差异。不同施肥处理下有机酸含量与CK相比均有不同程度下降,其中F5处理的有机酸含量最低,与CK相差0.26倍。不同施肥处理的果实固酸比、糖酸比均高于CK,其中F3处理的固酸比、糖酸比最高,其次为F5处理,且F3、F5处理与其他处理具有显著差异。



图中不同小写字母代表差异显著 ($P < 0.05$), 下同图。Lowercase letters represent significant differences ($P < 0.05$), the same as below.

图 1 不同施肥处理下库尔勒香梨果实单果质量(A)、果形指数(B)、果皮花青素(C)和叶绿素(D)含量的变化

Fig.1 Changes of fruit weight (A), fruit shape index (B), as well as contents of pericarp anthocyanin (C) and chlorophyll (D) of Korla pear fruit under different fertilization treatments

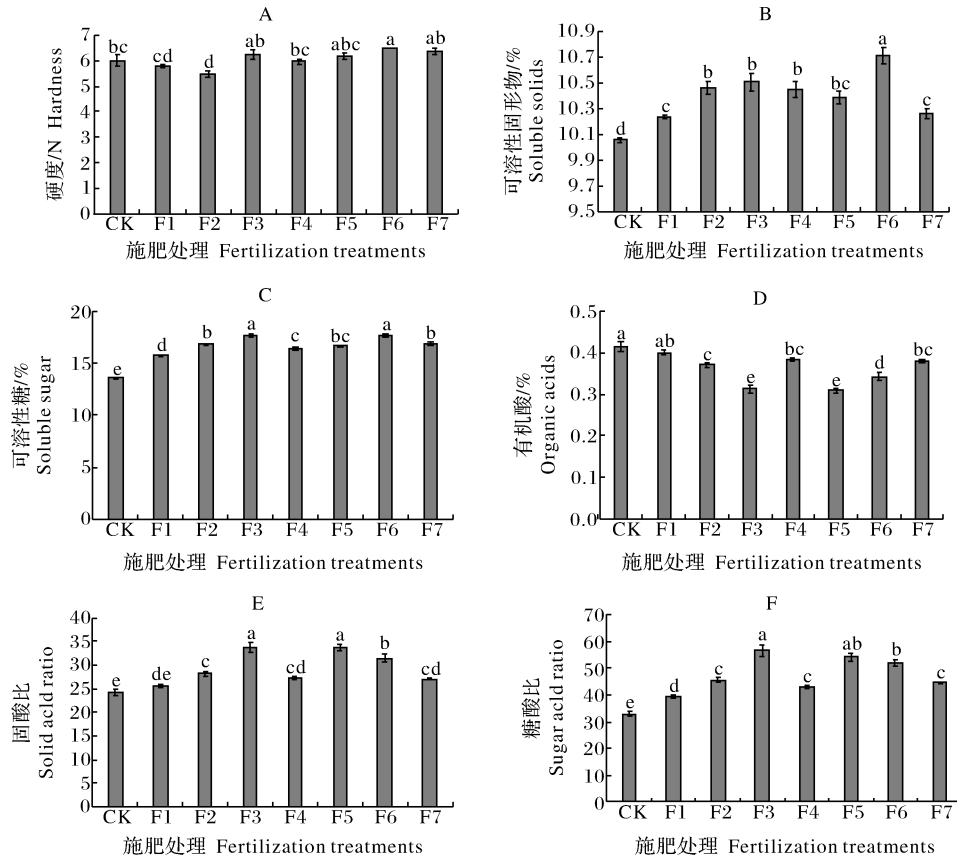


图 2 不同施肥处理下库尔勒香梨果实硬度(A)、可溶性固形物(B)、可溶性糖(C)、有机酸(D)、固酸比(E)和糖酸比(F)的变化

Fig.2 Changes of fruit hardness (A), soluble solids (B), soluble sugar (C), organic acid (D), solid acid ratio (E) and sugar acid ratio (F) of Korla pear fruit under different fertilization treatments

2.3 不同有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实矿质元素的影响

对不同施肥处理的香梨果实矿质元素进行测定,结果(图 3)显示,除 Zn 元素以外,不同施肥处理的矿质元素含量均高于 CK。F1 处理的大量元素和微量元素含量整体低于其他施肥处理,且大量元素中 Ca 含量显著低于 CK。F2、F3、F4 处理的 Fe、Cu 含量均高于其他施肥处理,其中 F2 处理的 N、P 含

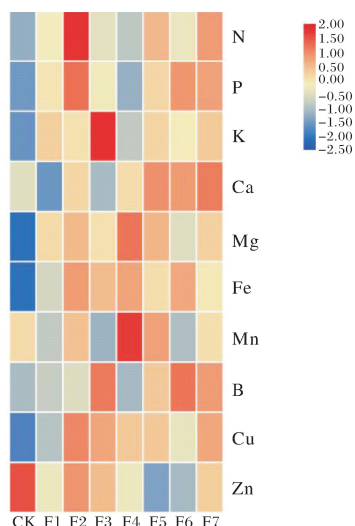


图 3 不同施肥处理下库尔勒香梨果实矿质元素的变化

Fig.3 Changes of fruit mineral elements of Korla pear fruit under different fertilization treatments

量、F3 处理的 K 含量和 F4 处理的 Mn 含量显著高于 CK 及其他施肥处理。F5、F6、F7 处理的 Ca 含量显著高于其他施肥处理,但其 Zn 含量均处于最低水平。

2.4 不同有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实香气种类及含量的影响

采用 GC-MS 法对库尔勒香梨果实挥发性物质进行鉴定。在库尔勒香梨果实中共鉴定出 39 种挥发性物质并经内标法进行相对定量,得到各物质含量(图 4、表 1),共包括醇类物质 9 种、醛类物质 7 种、酯类物质 6 种、烷烃物质 11 种、萜烯类物质 5 种和芳烃类物质 1 种。醛类是该方法鉴定出的主要香气种类,而已醛、乙酸己酯为主要的物质成分。不同施肥处理与 CK 相比能有效提高香梨果实中各个香气种类含量,其中 F3 处理的果实各个香气种类含量均高于其他施肥处理,并且其果实香气含量最高,达到 4 706.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。由热图 4 可知,不同施肥处理的果实香气物质多为红色和淡红色,而 CK 多为蓝色和淡蓝色,表明不同施肥处理的果实香气物质含量整体高于 CK。不同施肥处理与 CK 相比均增加了 3 种香气物质,分别为醇类物质 9-癸烯醇、醛类物质 2,6,10-三甲基-9-十一烯醛、烷烃物质壬癸烷。F3 处理的香气物质含量基本高于其他施肥处理及 CK,说明 F3 处理能有效提高库尔勒香梨香气物质及种类含量。

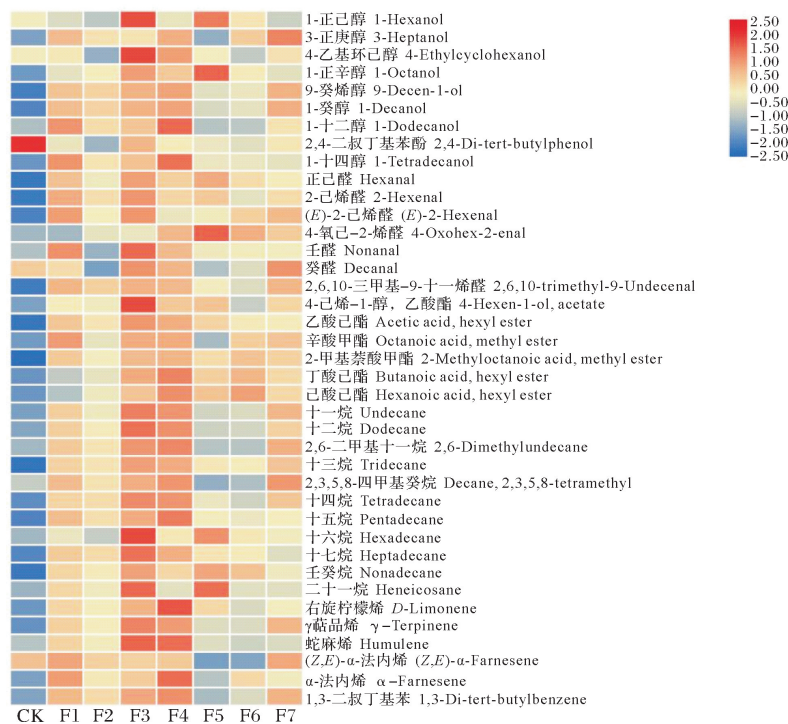


图 4 不同施肥处理下库尔勒香梨果实香气物质含量的变化

Fig.4 Changes of of Korla pear fruit aroma matter content under different fertilization treatments

表 1 不同施肥处理下库尔勒香梨果实香气成分及占比

Table 1 The proportion of Korla pear fruit aroma components in different fertilization treatments

香气种类 Aroma type	CK	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
醇类/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Alcohols	22.59	40.34	34.53	47.58	46.67	33.27	31.60	41.65
占比/% Proportion	0.84	0.91	0.92	1.01	1.16	0.79	0.78	1.02
醛类/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Aldehydes	2 605.29	4 293.85	3 626.95	4 513.62	3 823.68	4 077.47	3 932.79	3 931.27
占比/% Proportion	97.32	96.44	96.48	95.90	94.89	97.12	97.06	96.27
酯类/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Esters	10.38	28.97	24.86	38.86	36.22	28.73	28.14	27.31
占比/% Proportion	0.39	0.65	0.66	0.83	0.90	0.68	0.69	0.67
烷烃/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Alkanes	19.45	39.34	34.41	50.73	48.66	30.05	28.79	38.40
占比/% Proportion	0.73	0.88	0.92	1.08	1.21	0.72	0.71	0.94
萜烯类/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Terpenes	10.55	31.44	22.80	36.16	52.20	18.95	18.60	25.54
占比/% Proportion	0.39	0.71	0.61	0.77	1.30	0.45	0.46	0.63
芳烃类/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Aromatics	8.66	18.62	15.85	19.98	22.02	9.88	12.10	19.23
占比/% Proportion	0.32	0.42	0.42	0.42	0.55	0.24	0.30	0.47
总量/($\mu\text{g}/\text{kg}$) Total	2 676.92	4 452.55	3 759.40	4 706.93	4 029.46	4 198.35	4 052.03	4 083.40
占比/% Proportion	100	100	100	100	100	100	100	100

2.5 库尔勒香梨果实品质与矿质元素相关性

由表 2 可知,香梨果实品质指标与矿质元素之间存在密切关系。P 与单果质量呈显著正相关,相关系数为 0.75;K 与果形指数、香气呈极显著正相关,与可溶性糖、糖酸比呈显著正相关,与有机酸呈显著负相关;Fe 与可溶性固形物、可溶

性糖含量呈极显著正相关关系,与单果质量、糖酸比呈显著正相关;B 与单果质量、果形指数、硬度、可溶性糖、固酸比、糖酸比均呈显著正相关,而与有机酸呈显著负相关;Cu 与单果质量、果形指数、可溶性糖呈显著正相关关系,相关系数分别为 0.71、0.75、0.77。

表 2 不同施肥处理下库尔勒香梨果实品质与矿质元素的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between fruit quality and mineral elements of Korla pear

相关系数 Correlation coefficient	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	B	Cu	Zn
单果质量 Fruit weight	0.49	0.75 *	0.55	0.46	-0.34	0.80 *	-0.28	0.77 *	0.71 *	-0.27
果形指数 Fruit shape index	0.48	0.61	0.82 **	0.13	-0.63	0.66	-0.40	0.74 *	0.75 *	-0.04
硬度 Hardness	-0.33	0.02	0.22	0.45	-0.42	0.03	-0.33	0.76 *	-0.05	-0.41
可溶性固形物 Soluble solids	0.17	0.49	0.40	0.29	-0.26	0.88 **	-0.17	0.58	0.50	-0.55
可溶性糖 Soluble sugar	0.43	0.65	0.70 *	0.36	-0.31	0.89 **	-0.20	0.74 *	0.77 *	-0.54
有机酸 Organic acids	-0.22	-0.34	-0.67 *	-0.29	0.45	-0.56	0.18	-0.73 *	-0.54	0.54
固酸比 Solid acid ratio	0.18	0.32	0.66	0.27	-0.47	0.57	-0.20	0.73 *	0.51	-0.55
糖酸比 Sugar acid ratio	0.28	0.45	0.74 *	0.30	-0.47	0.70 *	-0.23	0.79 *	0.64	-0.56
花青素 Anthocyanins	-0.08	0.29	0.62	-0.23	-0.52	0.46	-0.60	0.51	0.21	-0.31
果皮叶绿素 Pericarp chlorophyll	0.03	0.22	0.46	-0.64	-0.35	0.31	-0.5	-0.01	0.08	-0.02
香气 Aroma	0.22	0.36	0.83 **	-0.09	-0.34	0.61	-0.29	0.51	0.55	-0.59

注: *、** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。Note: *, ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.6 不同有机肥、菌肥对库尔勒香梨果实品质影响的主成分分析

对不同有机肥、菌肥处理的果实品质指标进行主成分分析得到主成分特征值、贡献率和累积贡献率(表 3)。结果显示,第 1 主成分特征值为 7.492,代表 8 种施肥处理的 12 个果实品质指标 62.43% 的信息;第 2 主成分特征值为 2.017,代表 8 种施肥处理的 12 个果实品质指标 16.811% 的信息;第 3 主成分特征值为 0.96,代表 8 种施肥处理的 12 个果实品质指标 8.003% 的信息;前 3 个主成分累计方差贡献率为 87.244%,说明这 3 个主成分反映了原始变量 87.244% 的信息。因此,提取前 3 个主成分代替原 12 个果实品质指标对不同施肥处理果实品质进行评价。对不同施肥处理评价的指标由最初的 12 个指标降为 3 个彼此不相关的主成分,达到了降维的目的。

表 3 不同施肥处理果实中各个品质指标主成分分析的特征值及贡献率

Table 3 Eigenvalue and contribution rate of principal component analysis of fruit quality indexes under different fertilization treatments

成分 Composition	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Variance contribution rate	累积贡献率/% Cumulative variance contribution rate
1	7.492	62.43	62.43
2	2.017	16.811	79.241
3	0.960	8.003	87.244
4	0.766	6.384	93.629
5	5.16E-01	4.30E+00	97.929
6	2.36E-01	1.97E+00	99.896
7	1.20E-02	1.04E-01	100
8	4.32E-16	3.60E-15	100
9	3.10E-16	2.58E-15	100
10	-1.54E-16	-1.29E-15	1.00E+02
11	-2.83E-16	-2.36E-15	1.00E+02
12	-5.57E-16	-4.64E-15	1.00E+02

2.7 施用不同有机肥、菌肥的综合评价

由于各主成分的贡献率不同,对不同施肥处理进行综合评价,结合主成分的贡献率,可以更好地协调各主成分之间的侧重关系。以果实品质指标的主

成分特征向量(表 4)为权重构建 3 个主成分的表达函数式:

$$\begin{aligned}
 P1 &= 0.3043X_1 + 0.3169X_2 + 0.1533X_3 + 0.3014X_4 + \\
 & 0.3493X_5 - 0.3081X_6 + 0.3105X_7 + 0.3446X_8 + \\
 & 0.2371X_9 + 0.1196X_{10} + 0.3214X_{11} + 0.2944X_{12} \\
 P2 &= 0.0481X_1 - 0.0054X_2 - 0.3092X_3 + 0.0153X_4 + \\
 & 0.0513X_5 + 0.3193X_6 - 0.3063X_7 - 0.2058X_8 + \\
 & 0.4397X_9 + 0.6366X_{10} + 0.0827X_{11} + 0.2352X_{12} \\
 P3 &= 0.1904X_1 - 0.2416X_2 + 0.7626X_3 + 0.1212X_4 + \\
 & 0.0526X_5 + 0.1992X_6 - 0.1709X_7 - 0.1140X_8 + \\
 & 0.4104X_9 - 0.1057X_{10} - 0.2026X_{11} - 0.0647X_{12}
 \end{aligned}$$

在以上 3 个表达式中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 和 X_{12} 分别为标准化的单果质量、果形指数、硬度、可溶性固形物、可溶性糖、有机酸、固酸比、糖酸比、花青素、叶绿素、矿质元素和香气含量。以各个主成分对应的方差贡献率为权重,由主成分得分和对应的权重线性加权求和得到综合评价函数:

$$\text{综合得分 } P = (0.624/0.872)P1 + (0.168/0.872)P2 + (0.080/0.872)P3$$

根据主成分综合得分模型,可计算出不同施肥处理对果实品质影响的综合得分和排序(表 5),综合得分由高到低依次为: F3 > F6 > F7 > F5 > F2 > F1 > F4 > CK。

表 4 果实品质指标的主成分特征向量

Table 4 Principal component characteristic vector of fruit quality index

品质指标 Quality indicators	特征向量 Feature vectors		
	1	2	3
单果质量 Fruit weight	0.304 3	0.048 1	0.190 4
果形指数 Fruit shape index	0.316 9	-0.005 4	-0.241 6
硬度 Hardness	0.153 3	-0.309 2	0.762 6
可溶性固形物 Soluble solids	0.301 4	0.015 8	0.121 2
可溶性糖 Soluble sugar	0.349 3	0.051 8	0.052 6
有机酸 Organic acids	-0.308 1	0.319 8	0.199 2
固酸比 Solid acid ratio	0.310 5	-0.306 3	-0.170 9
糖酸比 Sugar acid ratio	0.344 6	-0.205 8	-0.114 0
花青素 Anthocyanins	0.237 1	0.439 7	0.410 4
果皮叶绿素 Pericarp chlorophyll	0.119 6	0.636 6	-0.105 7
矿质元素 Mineral elements	0.321 4	0.082 7	-0.202 6
香气 Aroma	0.294 4	0.235 2	-0.064 7

表 5 不同施肥处理的主成分分析得分、综合得分及排序

Table 5 Principal component analysis score, comprehensive score and ranking of spraying different foliar fertilizer

施肥处理 Fertilization treatment	P1	P2	P3	P	排序 Sort
CK	-5.263 093	-1.053 589	0.224 668	-3.948 567	8
F1	-1.344 985	2.478 967	-0.142 654	-0.497 859	6
F2	0.134 348	0.705 739	-1.604 188	0.084 971	5
F3	3.845 651	0.227 339	-0.408 234	2.758 226	1
F4	-1.009 774	0.414 273	0.322 109	-0.613 200	7
F5	0.911 759	-2.469 258	-0.839 354	0.099 641	4
F6	2.493 551	-0.194 226	1.458 724	1.880 719	2
F7	0.232 536	-0.109 250	0.988 929	0.236 063	3

3 讨论

3.1 施用有机肥、菌肥对果实品质的影响

施肥可以改善土壤的理化性状,有助于释放固定在土壤中的养分,提高植株根系活力,改善果实品质^[10]。本研究中,与单施复合肥和不施肥对照相比,施用不同有机肥、菌肥均整体提高了果实外在、内在品质,尤其能显著增加果实单果质量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、固酸比和糖酸比,并能显著降低有机酸含量。其中海藻酸冲施有机肥和生物有机肥处理的果实品质均显著高于其他处理和对照,说明施用液体有机肥比固体有机肥见效快,同样在复合肥的基础上加施菌肥能促进生物菌肥中的微生物分解土壤中的有机物和矿物质,对提高果实风味及内在品质具有明显效果,这与王世明^[11]和勾真真等^[12]在减少化肥施用的基础上,复合肥配合施用有机肥、生物菌肥可以提高单果质量、果形指数、可溶性固形物、可溶性糖含量,并能有效改善果实品质、促进植株生长的研究结果基本一致。而靳冯芝^[13]研究发现华农配方肥和生物有机肥能显著提高南丰蜜橘果实中可溶性固形物和可滴定酸含量。本研究结果与其有些不同,初步推测由于本试验地昼夜温差大,日照时数充足,树体对肥料的吸收利用率不同而导致有机酸含量积累出现差异,具体原因还需进一步研究。

3.2 不同有机肥、菌肥对果实矿质元素和香气的影响

植物体内矿质元素的丰缺状况对果树生长发育影响较大^[14]。本研究对不同施肥处理的香梨果实矿质元素进行测定发现,单施复合肥不如施用有机

肥、菌肥效果好,并且单施复合肥不能调节树体整体的营养水平,这与陈桥伟^[15]和李水祥^[16]研究发现有机肥替代部分化肥可提高果实 N、P、K、Ca、Mg、B 含量的结果基本一致。本研究还发现施用有机肥、菌肥不利于果实中 Zn 含量的积累,但有利于提高果实中其他矿质元素含量,初步推测有机肥、菌肥中含有的某些微生物能促进梨树对矿质元素的吸收,但与 Zn 元素具有拮抗作用,而导致果实中大部分矿质元素含量的增加,其生理机制还有待进一步研究。

香气是库尔勒香梨重要的风味品质,通过 GC-MS 法对施肥处理的库尔勒香梨果实挥发性物质进行鉴定,发现醛类是该方法鉴定出的主要香气种类,己醛、乙酸己酯则为主要的物质成分。施用有机肥、菌肥不但能增加果实香气含量,还能增加其香气物质种类,其中液体有机肥海藻酸能有效促进果实香气物质的合成,初步推测由于有机肥、菌肥营养元素丰富全面,在施用有机肥、菌肥后,库尔勒香梨整体营养水平提高,果实代谢活跃,部分挥发性物质加速合成,同时果实合成新的挥发性物质,香气物质种类增加,这可能是在有机肥、菌肥处理中鉴定出部分新物质的主要原因。涂俊凡等^[17]研究发现库尔勒香梨果实香气以醛类物质为主,其中己醛、2-己烯醛和乙酸己酯含量较高,分析确定为库尔勒香梨果实的特征香气成分。本研究中施用有机肥、菌肥并不能直接改变香梨果实特征香气种类,但施用海藻酸冲施有机肥能大幅度提高香梨果实特征香气中己醛、2-己烯醛和乙酸己酯含量。目前认为果实香气物质的生物合成主要有 3 种途径,即脂肪酸途径、氨基酸途径和萜类途径^[18],而海藻酸冲施有机肥主要由天

然海藻加工制成,富含各种无机元素、氨基酸、脂肪酸等,初步推测海藻酸在果实的生长发育中提供了更多的香气合成前体,进而导致特征香气物质大量合成。魏树伟等^[19]研究发现鸭梨果实中乙酸己酯、丁酸乙酯、己酸乙酯、2-甲基丁酸乙酯含量在施用有机肥后达到最高,而已醛、乙酸乙酯未检测到。本研究结果与其并不一致,推测可能是试验样品、方法或地域导致的差异,香梨果实香气成分的变化机制及其影响因素有待进一步研究。

综上,施用有机肥、菌肥均整体提高了果实外在、内在品质,尤其能显著增加果实单果质量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、固酸比、糖酸比和大部分矿质元素含量,并能显著降低有机酸含量。不同有机肥、菌肥处理不仅有效提高了果实香气种类及物质含量,而且均增加了3种香气物质,分别为醇类物质9-癸烯醇、醛类物质2,6,10-三甲基-9-十一烯醛和烷烃物质壬癸烷。通过对施肥处理的香梨果实品质进行主成分分析,得出海藻酸冲施有机肥和生物有机菌肥施用效果最优。

参考文献 References

- [1] 谢凯.不同有机肥对梨树生长及土壤性状的影响[D].南京:南京农业大学,2012.XIE K.Effects of different organic fertilizers on growth and soil properties of pear[D].Nanjing:Nanjing Agricultural University,2012(in Chinese with English abstract).
- [2] 张欣,叶可辉,李修炼,等.两种不同生物有机肥对苹果产量和品质的效应研究[J].陕西农业科学,2011,57(4):42-44.ZHANG X, YE K H, LI X L, et al.Effects of two different bio-organic fertilizers on the yield and quality of apple[J].Shaanxi agricultural sciences,2011,57(4):42-44 (in Chinese).
- [3] 徐超.生物有机肥对库尔勒香梨产量和品质及土壤肥力的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.XU C.Effects of bio-organic fertilizer on yield and quality of Korla fragrant pear and soil fertility[D].Urumqi:Xinjiang Agricultural University,2016(in Chinese with English abstract).
- [4] 牟盈颖.基于WebGIS的新疆特色林果施肥决策系统平台的研发[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.MU Y Y.Development of characteristic forestry and fruit fertilization decision-making system platform in Xinjiang based on WebGIS[D].Urumqi:Xinjiang Agricultural University,2015 (in Chinese with English abstract).
- [5] 柴仲平,陈波浪,蒋平安,等.‘库尔勒香梨’施肥效应参数研究[J].果树学报,2014,31(3):423-429. CHAI Z P, CHEN B L, JIANG P A, et al.Parameters of fertilization effect on ‘Korla Fragrant Pear’ tree[J]. Journal of fruit science,2014,31(3):423-429(in Chinese with English abstract).
- [6] 杨哲.枣实生与杂交后代群体主要性状的遗传变异分析[D].阿拉尔:塔里木大学,2019.YANG Z.Genetic variation analysis of main characters of jujube seed and hybrid progeny population [D].Alar:Tarim University,2019.
- [7] YUAN Y X, CHIU L W, LI L.Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in red cabbage[J].Planta,2009,230(6):1141-1153.
- [8] 施泽彬.砂梨果皮性状形成机制研究[D].南京:南京农业大学,2011.SHI Z B.Study on the formation mechanism of pericarp traits in *Pyrus grandifolia* [D].Nanjing:Nanjing Agricultural University,2011(in Chinese with English abstract).
- [9] 刘园,向思敏,王江波,等.库尔勒香梨挥发性物质及初生代谢物的GC-MS分析[J].华中农业大学学报,2020,39(1):44-52.LIU Y, XIANG S M, WANG J B, et al.GC-MS analyses of volatiles and primary metabolites in Korla Pear fruit[J].Journal of Huazhong Agricultural University,2020,39(1):44-52(in Chinese with English abstract).
- [10] 范丙全.我国生物肥料研究与应用进展[J].植物营养与肥料学报,2017,23(6):1602-1613.FAN B Q.Research and application progress of biological fertilizers in China[J].Journal of plant nutrition and fertilizer,2017,23(6):1602-1613(in Chinese with English abstract).
- [11] 王世明.增施有机肥或生物菌肥能改善苹果品质[J].中国果业信息,2020,37(11):67.WANG S M.Application of organic fertilizer or microbial fertilizer can improve apple quality[J].China fruit industry information,2020,37(11):67(in Chinese).
- [12] 勾真真,韩立新,李红光.有机肥和生物菌肥对行间生草模式下苹果品质的影响[J].现代园艺,2020,43(21):73-74.GOU Z Z, HAN L X, LI H G. Effects of organic fertilizer and microbial fertilizer on the quality of apple under the inter-row grass model[J]. Xiandai horticulture, 2020, 43 (21): 73-74 (in Chinese with English abstract).
- [13] 靳冯芝.不同特性肥料对南丰蜜橘果实品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2013.JIN F Z.Effects of different fertilizers on fruit quality of Nanfeng tangerine[D].Wuhan:Huazhong Agricultural University,2013(in Chinese with English abstract).
- [14] 武松伟,梁珊珊,谭启玲,等.柑橘营养特性与“以果定肥”[J].华中农业大学学报,2021,40(1):12-21. WU S W, LIANG S S, TAN Q L, et al. Nutritional characteristics and determining amount of fertilizer by fruit nutrients removal in citrus[J].Journal of Huazhong Agricultural University,2021,40(1):12-21 (in Chinese with English abstract).
- [15] 陈桥伟.梨树周年养分带走量及施用有机肥对巴梨生长的影响研究[D].南京:南京农业大学,2014.CHEN Q W.Study on the effect of annual nutrient uptake and organic fertilizer application on pear growth[D].Nanjing:Nanjing Agricultural University,2014(in Chinese with English abstract).
- [16] 李水祥.有机肥替代部分化肥对蜜柚树体营养及果实品质的影响[D].福州:福建农林大学,2019.LI S X.Effect of partial replacement of fertilizer with organic fertilizer on body nutrition and fruit quality of pomelo tree[D].Fuzhou:Fujian Agricultural and Forestry University,2019(in Chinese with English ab-

- tract).
- [17] 涂俊凡,秦仲麒,李先明,等.砂梨和库尔勒香梨果实香气物质的GC-MS分析[J].湖北农业科学,2011,50(15):3186-3190.
TU J F, QIN Z Q, LI X M, et al. Analysis of fruit aromatic aomponents of *Pyrus pyrifolic* Nakci and *P. sinkiangensis* Yü by GC-MS[J]. Hubei agricultural science, 2011, 50(15): 3186-3190(in Chinese with English abstract).
- [18] 陈明,向妙莲.果实香气合成研究进展[J].现代园艺,2011(6): 17-18,20. CHEN M, XIANG M L. Research progress of fruit a-roma synthesis [J]. Xiandai horticulture, 2011(6): 17-18, 20 (in Chinese).
- [19] 魏树伟,张勇,王宏伟,等.施有机肥及套袋对鸭梨果实风味品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(5):1269-1276.
WEI S W, ZHANG Y, WANG H W, et al. Journal of plant nu-trition and fertilizer, 2012, 18(5): 1269-1276 (in Chinese with English abstract).

Effects of different combination of organic fertilizer and bacterial manure on fruit quality and aroma of Korla fragrant pear

TONG Panpan^{1,2}, WANG Long^{1,2}, ZHANG Yaru^{1,2}, YUAN Haibo¹, LU Zhiwen¹,
LIU Yuan³, ZHANG Hongyan³, XU Juan³, WU Cuiyun^{1,2,4}, Wang Jiango^{1,2,4}

1. College of Plant Science, Tarim University, Alar 843300, China;

2. State and Local Joint Engineering Laboratory for Efficient and High-Quality Cultivation and Deep Processing of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang, Tarim University, Alar 843300, China;

3. College of Horticulture and Forestry/Ministry of Education Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

4. Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization of Tarim Basin, Alar 843300, China

Abstract The effects of different combination of organic fertilizer and bacterial manure on the fruit quality and aroma of Korla pear were investigated to provide reference and basis for improving the quality and cultivation of Korla fragrant pear. The results showed that the application of organic fertilizer and bacterial manure improved the external and internal quality of fruit, significantly increased the fruit weight per fruit, contents of soluble solid and soluble sugar, solid acid ratio, sugar acid ratio and most mineral elements. The content of organic acid was significantly reduced. Organic fertilizer and bacterial manure effectively improved the total aroma substances and content of characteristic aroma, highly increased the contents of three aroma substances including alcohol substance 9-decenol, aldehyde substance 2,6,10-trimethyl-9-undecenal and alkane substance nondecane. The results of principal component analyses showed that the effect of alginic acid flushing with organic fertilizer and bio-organic bacterial manure is the best.

Keywords Korla fragrant pear; organic fertilizer; bacterial manure; fruit quality; aroma

(责任编辑:张志钰)