植物营养与肥料学报 2012,18(4):955-964
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响

罗 华[1], 李 敏[1], 胡大刚[1], 宋红日[2], 郝玉金[1], 张连忠[1*]
(1 山东农业大学园艺科学与工程学院/作物生物学国家重点实验室,山东泰安 271018;
2 肥城市肥城桃研究所,山东泰安 271600)

摘要:为了探讨不同有机肥(牛粪、鸡粪、羊粪、猪粪、混粪)对肥城桃果实产量和品质的影响,为肥城桃的高产优质提供理论依据,通过连续3年处理,研究不同有机肥对白里肥城桃果实产量及品质的影响。结果表明,施用有机肥后,果实单果重与对照相比差异均不显著,但产量均显著提高。各有机肥处理都不同程度地提高了叶片的叶绿素a、叶绿素b、叶绿素a+b及类胡萝卜素含量。所有处理的叶片净光合速率(Pn)日变化趋势均呈高—低—高—低的双峰曲线,峰值均在11:30和15:30时出现;其中11:30时为大峰,此时混粪处理的峰值最大,为21.5 μmol/(m^2·s),15:30时为小峰,其中鸡粪处理的峰值最大,为18.6 μmol/(m^2·s),对照的这两个峰值均低于各有机肥处理。鸡粪处理的果实硬度与对照相比显著提高;有机肥处理提高了果实的可溶性固形物(TSS)、固酸比(TSS/TA)和维生素C(Vc)含量;除猪粪处理外,其它处理的TSS含量与对照相比显著提高;羊粪、猪粪和混粪处理的TSS/TA值比对照分别提高了17.40%、7.14%和15.60%,差异显著;施入有机肥不但增加了香气的种类,还提高了香气物质的相对含量;各有机肥处理的C_6醛类和醇类等青香型化合物的相对总量都低于对照,而果香型酯类和甜香型内酯类化合物的相对含量都高于对照,推测施入有机肥后,果实香气有由青香型转向果香型和甜香型的趋势。另外,还发现了肥城桃果实的特征香气成分,如酯类中的乙酸乙酯、乙酸丙酯、甲酸甲酯、乙酸己酯和丙酸甲酯,醇类中的(E)-2-己烯-1-醇、(Z)-2-己烯-1-醇和(Z)-4-己烯-1-醇等C_6醇,醛类中的(E)-2-己烯醛、2,4-己二烯醛等C_6醛,还有苯甲醛。综合以上结果,施入各种有机肥均能提高果实的营养和香气品质,因此在生产中非常值得大力推广。

关键词:有机肥;肥城桃;光合作用;香气;果实品质
中图分类号:S662.1;S606+2.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2012)04-0955-10

Effects of organic fertilization on fruit yield and quality of Feicheng peach (*Prunus persica* cv. Feicheng)

LUO Hua[1], LI Min[1], HU Da-gang[1], SONG Hong-ri[2], HAO Yu-jin[1], ZHANG Lian-zhong[1*]
(*1 College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an, Shandong 271018, China; 2 Research Institute of Feicheng Peach, Tai'an, Shandong 271600, China*)

Abstract: An experiment was conducted for 3 continuous years to study the effects of different organic fertilizers (cattle manure, chicken manure, sheep manure, pig manure and mixing manure) on fruit yield and quality of Feicheng peach in order to provide the theoretical foundations for high yield and quality. The results show that compared with the control(CK), differences of the single fruit weight are not significant, while the yields are all increased significantly. Compared with the CK, contents of chlorophyll a, b, a+b and carotenoids are increased. The daily trend of Pn is high-low-high-low under the organic fertilizer treatments, the peaks are at 11:30 (higher peak) and 15:30(lower peak), and are highest under the mixed manure treatment at 11:30, which is 21.5 μmol/(m^2·s), and under the chicken manure treatment at 15:30, which is 18.6 μmol/(m^2·s). The fruit firmness is increased significantly under the chicken manure treatment compared with CK. The nutritive indexes

收稿日期:2011-12-15　　**接受日期**:2012-04-15
基金项目:现代农业产业体系建设专项资金(CARS-31)资助。
作者简介:罗华(1986—),男,山东泰安人,硕士研究生,主要从事果树栽培生理研究。E-mail:luohua.lwc@163.com
*通讯作者 E-mail:zhanglz@sdau.edu.cn

such as total soluble solids(TSS), total soluble solids/titrable acids (TSS/TA) and vitamin C (Vc), are increased under the organic fertilizer treatments, and the contents of TSS are increased significantly under all treatments except the pig manure. The contents of TSS/TA are increased significantly under the sheep manure, pig manure and mixing manure treatments, and by 17.40%, 7.14% and 15.60% respectively. The variety and contents of main aroma components are increased under all treatments. The relative contents of green note components are lower than those of the CK, while the fruity note and sweet note are higher than those of the CK, and these results indicate that aroma has the tendency of transforming from green note to fruity note and sweet note. Besides, the characteristic flavor compounds such as ethyl acetate, acetic acid, methyl formate, hexyl acetate and methyl propionate, (E)2-hexen-1-ol, (Z)-2-hexen-1-ol and (Z)-4-hexen-1-ol, (E)-2-Hexenal and 2,4-Hexadienal, and benzaldehyde are tested. Taken together, the nutrition and aroma quality are both improved under all organic fertilizers treatments, therefore the organic fertilizer application is strongly recommended in production of Feicheng peach.

Key words: organic fertilizer; Feicheng peach; photosynthetic; aroma; fruit quality

有机肥是指使用农牧业的废弃物(包括动植物的残体、粪便等)经过发酵、腐熟等过程制成的肥料[1]。有机肥中不仅含有植物所必需的大量和微量元素,还含有丰富的有机养分,如蛋白质、氨基酸、纤维素等,肥效持久,能促进土壤中微生物的繁殖[2],改善土壤理化性状,从而提高土壤肥力[3];另外有机肥还能够降低作物体内硝酸盐含量[4-5],提高果实的可溶性固形物和硬度等品质指标[6-7],为了适应人们对果品日益增长的品质要求,在果品生产中施有机肥成为一项重要的措施。

肥城桃是山东的特产果树,栽培历史悠久,但近年来却由于果实品质下降而影响果农收益,其原因主要是施肥不当。腐熟后的动物粪便多来自农户家中,作为有机肥料,其成本较低,施用有机肥不但能减少果农对化肥的需求,节约成本,而且对生态环境的保护有利,值得在生产中大力推广。

关于有机肥在多年生果树如核桃[8]、苹果[6]、枣[7]、库尔勒香梨[9]等上的研究已有一些报道,但大多集中在对营养品质的影响上,关于桃的研究,尤其是有机肥对香气品质的影响还未见相关报道,本文通过研究施入含有等量氮、磷、钾养分的不同种类有机肥对肥城桃果实产量及品质的影响,为果树栽培管理中有机肥的施用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2007～2010年在肥城市沙窝村果园进行。试验材料为21年生的白里肥城桃,栽植密度为4 m×4 m,树势健壮。果园土壤为钙质岩与黄土状母质(第四纪)混成的褐土。2007年9月测定果园土壤有机质为13.60 g/kg、碱解氮73.52 mg/kg、速效磷47.25 mg/kg、速效钾0.29 mg/kg、pH=7.2。

试验所用有机肥均采自附近养殖场,肥料均腐熟发酵好,风干后施用,其养分含量见表1。试验所用氮肥为尿素(含N 46%),磷肥为普通过磷酸钙(含P_2O_5 14%),钾肥为硫酸钾(含K_2O 50%)。

试验设6个处理:1)牛粪;2)鸡粪;3)羊粪;4)猪粪;5)混粪(等量的牛粪、鸡粪、羊粪和猪粪人工均匀混合);6)化肥(CK)。将桃园分为6个小区,每区选长势一致的5株。利用无机氮、磷、钾肥调节各肥料养分含量,使各处理的氮、磷、钾含量与CK中的用量相同,均为N 125 kg/hm^2、P_2O_5 115 kg/hm^2、K_2O 180 kg/hm^2。2007年11月施入各试验组肥料,采用放射状施肥,每株挖深35 cm、宽25 cm的6条沟,土肥混匀后,埋土、浇水,其它措施同常规管理。连续处理3年。在2010年6月2日(6月上旬是幼果膨大期,新梢停长,叶片光合能力强)选10片功能大叶(延长梢第7～9片叶)测定全天的净光合速率(Pn)。每组处理随机测量30个延长头的新梢长度并分别摘取30片功能大叶,待测叶绿素;9月5日肥城桃成熟期时,随机选取成熟度一致、大小均匀、无机械损伤和无病虫害的30个果实并立即用保鲜盒盛装,常温运回实验室,测定果实品质及香气物质的种类和含量。

表 1　不同有机肥的养分含量

Table 1　Nutrient contents of different organic fertilizers

肥料种类 Fertilizer type	含水量 Water content (%)	有机质 Org. matter (g/kg)	全碳 Total C (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	无机氮 Inorg. N (mg/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	C/N 比值 C/N ratio
牛粪 Cattle manure	24.15	121.63	74.67	7.73	720.54	5.82	3.47	9.66
鸡粪 Chicken manure	20.74	185.58	65.79	6.40	571.92	4.26	6.32	10.28
羊粪 Sheep manure	18.93	147.83	55.21	5.83	448.21	4.18	3.18	9.47
猪粪 Pig manure	31.38	101.67	55.32	4.84	487.27	3.55	4.99	11.43
混粪 Mixing manure	22.07	142.63	62.24	6.12	550.03	4.75	5.36	10.17

注(Note): 无机 N 包括 NO_3-N 和 NH_4-N Inorganic nitrogen includes NO_3-N and NH_4-N.

1.2　试验内容及方法

1.2.1 养分含量的测定　碱解扩散法测定土壤中碱解氮,0.5 mol/L $NaHCO_3$ 法测定速效磷,1.0 mol/L NH_4OAc 浸提、火焰光度法测定速效钾[10]。

有机肥中全氮测定用硫酸-水杨酸-催化剂消化法; 无机氮用 Zn-$FeSO_4$ 还原—蒸馏法测定[11],全磷用分光光度计法[10]测定; 全钾用火焰光度法[10]测定。土壤和有机肥中有机质含量测定采用 $K_2Cr_2O_7$ 外加热法[10]; 堆肥样品的全碳量以风干样用重铬酸钾容量法测定[12]; 全氮量用凯氏定氮法测定[13],然后计算 C/N。堆肥的腐熟程度用物理分析法和化学分析法综合确定,即随堆积时间的进行,用温度计测定堆温,同时采集肥料,按上述方法测定全碳量、全氮,计算 C/N,当堆温和 C/N 均趋于稳定时表明肥料达到腐熟[14]。取堆积前的新鲜肥料,烘干法测定含水量。

1.2.2 叶片光合速率的测定　用英国 PP-systems 公司生产的 CIRAS-1 型便携式光合仪,随机选取长枝和短枝向阳面的功能大叶,从 8: 30 ~ 17: 30 每隔半小时测定并记录叶片瞬时 Pn 值,重复 5 次。

1.2.3 叶绿素含量的测定[15]　将叶片去除叶柄、主脉,剪碎并精确称取 0.2 g,加 20 mL 80% 的丙酮(80 mL 丙酮定容至 100 mL),封口,置于暗处 24 ~ 36 h,至叶片发白,在分光光度计上,于 665 nm、649 nm、470 nm 三个波长下比色(以 80% 丙酮为对照),分别记数为 D_{665}、D_{649}、D_{470}。色素浓度(mg/L)的计算公式为:

叶绿素 a　$Chl.a = 13.95D_{665} - 6.88D_{649}$

叶绿素 b　$Chl.b = 24.96D_{649} - 7.32D_{665}$

类胡萝卜素　$Cx.c = (1000\ D_{470} - 2.05Chl.a - 111.48\ Chl.b)/245$

1.2.4 果实品质的测定　营养品质(取 10 个果实)中果实硬度用 GY-1 型硬度计测定; 可溶性固形物(TSS)采用手持糖量计测定; 可溶性糖用蒽酮比色法测定[15]; 可滴定酸(TA)采用 0.1 mol/L NaOH 标准溶液滴定法测定[15]; Vc 采用 UV2450 型紫外分光光度计法测定[15]。

香气品质(取 5 个果实) 采用顶空固相微萃取(SPME)技术提取不同处理肥城桃果实香气成分,经气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)进行测定分析。SPME 取样: 将每个处理的果实去皮,果肉迅速薄片混匀后于榨汁机中榨汁,吸取混匀果汁 5 mL 置于 15 mL 顶空瓶中,加入 2 g NaCl 使挥发性成分充分萃取,加盖封口,将老化后的 75 μm CAR/PDMS 萃取头插入样品瓶顶空部分,于 45℃ 吸附 40 min,吸附后的萃取头取出后插入气相色谱进样口,于 250℃ 解吸 3 min,同时启动仪器采集数据。GC-MS 分析: 用美国 Finnigan Trace MS 气相色谱-质谱联用仪分析进样。色谱条件: 色谱柱 PEG-20M 型弹性石英毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),程序性升温,进样口温度 250℃,起始温度 40℃,保留 4 min,以 6℃/min 升至 160℃,以 10℃/min 升至 230℃,保留 6 min。载气为高纯氦气,不分流,恒流 0.8 mL/min,检测器温度 200℃。质谱条件: GC-

MS接口温度250℃,电离方式EI,电子能量70 eV,电流200 μA,检测电压350 V,离子源温度200℃,质量范围29～600 amu。

1.3 数据处理

经GC-MS测定后,通过NIST/WILEY谱库检索并确认各香气组分,其相对含量通过面积归一化法计算。

试验数据用Microsoft Excel 2003处理,SPSS 17.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同有机肥对肥城桃果实产量的影响

表2结果表明,5种有机肥处理后果实的单果重与对照相比差异均不显著,但产量却差异显著,原因是结果量的增加。各处理中混粪处理的增产率最高,为9.45%。

表2 不同有机肥处理后的果实单果重及产量

Table 2 Nutrient quality of fruits under different organic fertilizers treatments

肥料种类 Fertilizer type	单果重(g) Single fruit weight	产量(kg/hm²) Yield	增产率(%) Yield increase rate
牛粪 Cattle manure	357.54 a	54055.60 b	7.49
鸡粪 Chicken manure	354.19 a	53128.50 b	5.65
羊粪 Sheep manure	351.11 a	54763.72 b	8.90
猪粪 Pig manure	369.55 a	53584.75 b	6.55
混粪 Mixing manure	360.26 a	55039.00 b	9.45
对照 CK	353.01 a	50289.61 a	

注(Note):同列数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著 Values followed by different small letters in a column are significantly different at $P<0.05$ level.

2.2 不同有机肥对肥城桃叶片光合色素和净光合速率(Pn)的影响

果树的光合色素含量影响树体的光合能力,叶绿素直接参与光合作用中光能的吸收、传递、分配和转化等过程[16],叶绿素和类胡萝卜素含量是影响植物叶片光合速率的重要因素[17]。从图1可以看出,与对照相比,各有机肥处理都不同程度地提高了叶片的叶绿素a、叶绿素b、叶绿素a+b及类胡萝卜素含量,因此更利于叶片的光合作用。其中混粪处理后的各色素指标增幅最大,叶绿素与类胡萝卜素含量与对照相比分别提高了62.3%和92.1%;羊粪处理的增幅最小。

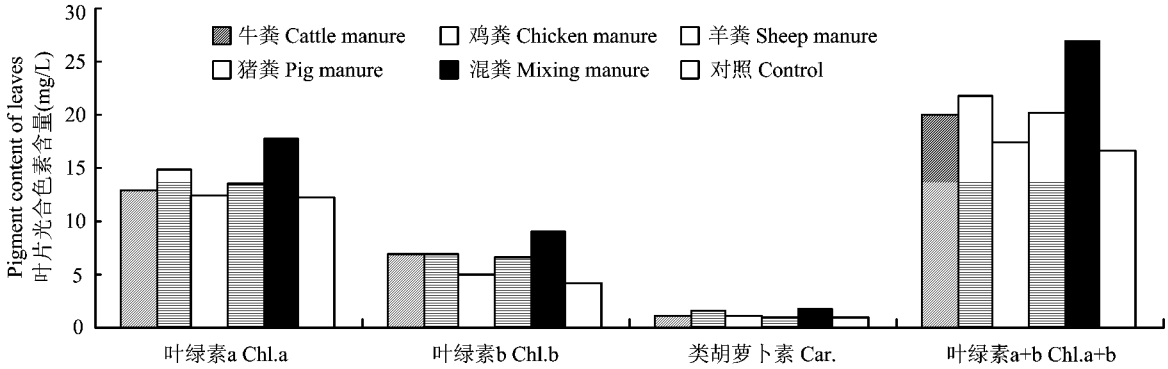

图1 不同有机肥处理后的叶片光合色素含量

Fig.1 Pigment contents of leaves under different organic fertilizer treatments

各处理的叶片Pn在同一时间差别较大,但Pn的日变化趋势均呈高—低—高—低的双峰曲线(图2)。11:30到15:30之间,由于光照和温度[18]过强,大气环境水分含量过低,引起气孔关闭,胞内CO_2浓度亏

缺[19],导致叶片 Pn 下降; 各处理的 Pn 峰值均在 11:30 和 15:30 出现,11:30 时为大峰,混粪处理的峰值最大,为 21.5 μmol/(m^2·s),对照的峰值最小,为 19.0 μmol/(m^2·s); 15:30 时为小峰,鸡粪处理的峰值最大,为 18.6 μmol/(m^2·s),对照的峰值最小,为 17.5 μmol/(m^2·s)。将一天中测得的各处理 Pn 值相加得到 Pn 总值,比较后发现羊粪处理的 Pn 总值最大,为 164.8 μmol/(m^2·s),对照最低,为 155.2 μmol/(m^2·s)。

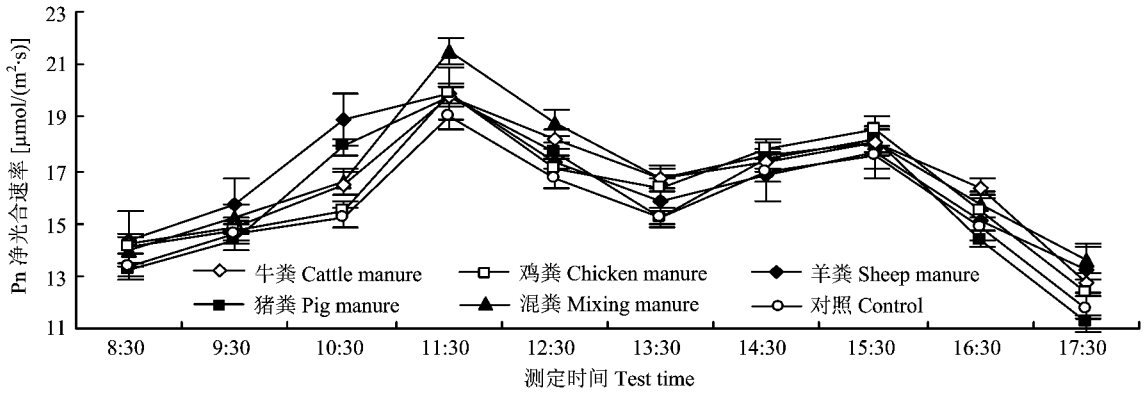

图 2　不同有机肥处理后的叶片 Pn 日变化

Fig. 2　The diurnal change of net photosynthetic rate (Pn) of leaves under different organic fertilizer treatments

2.3　不同有机肥对肥城桃果实品质的影响

肥城桃果实的口感和风味主要取决于其内在的营养品质和香气品质,营养品质中固酸比(TSS/TA)是关键因素,直接决定果实的味感,香气品质则决定果实的嗅感。

2.3.1 对果实营养品质的影响　由表 3 可以看出,除鸡粪处理硬度与对照相比显著提高外,其它处理均差异不显著; 各有机肥处理可溶性固形物(TSS)、固酸比(TSS/TA)和 Vc 含量等指标都高于对照,除猪粪处理外,其它处理的 TSS 含量与对照相比差异显著; 羊粪、猪粪和混粪处理的 TSS/TA 相比对照有显著提高,分别提高 17.40%、7.14% 和 15.60%; Vc 含量除牛粪处理外,其它处理与对照相比均差异显著。

表 3　不同有机肥处理后果实的营养品质

Table 3　Nutrient quality of fruits under different organic fertilizer treatments

肥料种类 Fertilizer type	硬度 Firmness (kg/cm^2)	可溶性固形物 TSS (%)	可滴定酸 TA (%)	固酸比 TSS/TA	Vc (mg/kg)
牛粪 Cattle manure	19.39 ab	11.5 b	0.193 ab	59.53 bc	467.39 cd
鸡粪 Chicken manure	20.02 a	11.2 bc	0.198 a	56.56 d	531.71 ab
羊粪 Sheep manure	19.46 ab	12.8 a	0.189 ab	67.87 a	538.95 a
猪粪 Pig manure	18.54 c	10.7 cd	0.173 d	61.94 b	480.35 c
混粪 Mixing manure	18.82 bc	12.3 a	0.184 bc	66.83 a	512.38 b
对照 CK	18.87 bc	10.2 d	0.177 cd	57.81 cd	457.03 d

注(Note): TSS—Total soluble solids; TA—Titrable acids. 同列数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著 Values followed by different small letters in a column are significantly different at $P<0.05$ level.

2.3.2 对果实香气品质的影响　经 GC-MS 分析,牛粪、鸡粪、羊粪、猪粪、混粪处理和对照中分别检测到 29 种、30 种、29 种、30 种、30 种和 26 种香气成分(表 4)。酯类中的乙酸乙酯、乙酸丙酯,醇类中的(E)-2-己烯-1-醇,醛类中的(E)-2-己烯醛、苯甲醛在所有处理中含量都较高; 另外,甲酸甲酯、

乙酸己酯、丙酸甲酯、(Z)-2-己烯-1-醇、(Z)-4-己烯-1-醇、2,4-己二烯醛在有机肥处理中含量较高但差异较大。

表4 不同有机肥处理后果实的主要香气成分含量

Table 4 Contents of main aroma components under different organic fertilizer treatments

香气成分 Aroma components	肥料种类 Fertilizer type					
	牛粪 Cattle manure	鸡粪 Chicken manure	羊粪 Sheep manure	猪粪 Pig manure	混粪 Mixing manure	对照 CK
酯类 Esters						
乙酸乙酯 Ethyl acetate	39.96	33.15	31.53	37.99	36.94	28.15
邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	1.61	1.36	0.53	0.33	0.43	0.22
4-己烯-1-醇乙酸酯 4-hexen-1-ol,acetate	0.49	0.61	1.92	1.24	0.4	0.13
2-己烯-1-醇乙酸酯 2-hexen-1-ol, acetate	—	0.53	1.66	0.16	0.31	—
1,2,4-苯三甲酸-1,2-二甲酯 1,2,4-benzenetricarboxylic acid 1,2- dimethyl ester	0.2	—	—	0.06	0.06	0.01
1,2-丙二醇-3,3-氧-二四硝酸酯 1,2-propanediol-3,3-oxygen-2,4 nitric acid ester	—	0.11	—	—	—	—
戊酸-4-己烯酯 Valeric acid-4-hexenyl ester	—	1.73	2.72	—	0.04	—
甲酸甲酯 Methyl formate	0.28	2.08	1.43	2.06	1.02	0.01
乙酸己酯 Hexyl acetate	4.21	4.27	2.13	5.84	4.38	—
2-丙烯酸乙烯酯 2-acrylic vinyl ester	0.05	0.03	—	—	—	—
(E)-丙酸-2-己烯酯 (E)-propionic acid-2-hexenyl ester	0.09	—	—	—	0.08	0.12
丙酸-2-丙烯酯 Propionic acid-2-propenyl ester	1.21	—	0.39	—	0.34	—
乙酸丙酯 Acetic acid propyl ester	4.15	3.12	3.47	4.18	3.2	2.06
丙酸甲酯 Methyl propionate	1.03	1.48	—	3.72	1.88	—
丙酸-4-己烯酯 Propionic acid-4-hexenyl ester	0.13	—	—	—	—	0.16
(Z)-3-己烯-1-醇酯 (Z)-3-hexen-1-ol,acetate	—	—	—	0.09	—	—
顺式-3-己烯醇乳酸酯 Cis-3-hexenyl lactate	—	—	—	0.06	—	0.05
内酯类 Lactones						
γ-己内酯 γ-hexalactone	0.44	1.2	0.9	0.75	1.29	0.26
2-己烯酸-4-内酯 2-hexen-4-olide	0.28	0.14	0.16	0.27	—	0.18
γ-癸内酯 γ-decalactone	0.37	0.41	0.39	0.32	0.47	—
δ-癸内酯 δ-decanolactone	0.15	0.36	0.26	0.13	0.37	0.24
醇类 Alcohols						
(Z)-2-己烯-1-醇 (Z)-2-hexen-1-ol	2.41	2.09	1.32	3.47	3.55	4.88
(E)-2-己烯-1-醇 (E)-2-hexen-1-ol	8.26	7.71	8.05	7.05	9.36	12.28
2-甲基-3-己醇 2-methyl-3-hexanol	0.08	—	1.05	—	—	—
(Z)-4-己烯-1-醇 (Z)-4-hexen-1-ol	—	1.04	3.22	2.26	4.17	3.58
3-己烯-1-醇 3-hexen-1-ol	0.24	0.47	—	—	—	0.96
己二醇 Hexanediol	—	—	—	0.24	0.18	—
2-戊醇 2-pentanol	—	—	—	0.11	—	—

续表 4　Table 4 continued

香气成分 Aroma components	肥料种类 Fertilizer type					
	牛粪 Cattle manure	鸡粪 Chicken manure	羊粪 Sheep manure	猪粪 Pig manure	混粪 Mixing manure	对照 CK
酮类 Ketones						
2-戊炔-4-酮 2-pentyn-4-one	—	0.01	—	0.08	—	1.07
5-乙酰基二氢-2(3H)-呋喃酮 5-acetyl two hydrogen-2 (3H)-furan ketone	—	—	0.11	—	0.07	—
3-甲氧基-3-甲基-2-丁酮 3-hydroxy-3-methyl-2-butanone	0.11	0.05	0.38	—	—	—
四氢-4-甲基-2H-吡喃-2-酮 Tetrahydro-4-methyl-2H-pyran-2-one	—	0.04	—	0.22	0.17	—
4-苯甲酸基-2H-吡喃-3-酮 4-benzoyloxy-2H-pyran-3-one	0.26	0.46	0.17	0.18	0.35	0.09
醛类 Aldehydes						
(E)-2-己烯醛 (E)-2-hexenal	10.91	14.96	12.38	10.21	12.26	18.4
苯甲醛 Benzaldehyde	7.13	5.32	4.12	2.13	5.13	2.03
己醛 Hexanal	—	0.84	0.42	—	—	1.38
2-丙烯醛 2-propenal	—	—	—	—	0.07	0.03
2,4-己二烯醛 2,4-hexadienal	2.28	3.75	5.84	—	—	4.17
顺-3-己烯醛 Cis-3-hexenal	0.27	0.09	0.37	0.61	1.21	—
2-呋喃甲醛 2-furancarboxaldehyde	0.83	—	1.47	2.18	1.15	0.24
其它 Others						
磺基丙氨酸 Cysteic acid	0.17	—	0.12	0.08	0.2	0.13
2-乙氧基戊烷 2-ethoxypentane	—	0.05	0.39	0.09	0.1	—
1,3-二苯基-1-(三甲基硅氧基)-1-庚烯 1,3-dipheny-l-(trimethylsilyl)-1-heptene	0.06	0.15	0.09	0.02	0.1	0.01
占总峰面积的百分数 Percent of the total peak area(%)	87.66	87.61	86.99	86.13	89.38	80.84

注(Note): "—"表示未检测到 Stands for not detected.

2.3.3 有机肥对香气种类总量的影响　香气成分主要由酯类、醇类和醛类物质组成(图 3); 内酯类含量少,但却是重要的香气成分,对成熟桃的香味贡献很大[20]。各有机肥处理后,酯类和内酯类化合物的香气总量都高于对照,其中,猪粪处理的酯类化合物含量最高,混粪处理的内酯类含量最高; 醇类、醛类和酮类的含量各处理都低于对照,羊粪处理的醇类和酮类化合物含量最低,醛类化合物在猪粪处理的果实中含量最低。

C_6 醛类和醇类物质被认为是桃果实中青香型(green note)化合物的代表[21],酯类物质是果香型(fruity note)化合物的代表[22],内酯类物质是甜香型(sweet note)化合物的代表[23]。各有机肥处理后的果实中 C_6 醛类和醇类化合物相对总量都低于对照(图 3),最低的为猪粪处理,为 23.84%; 各处理后的酯类和内酯类化合物相对含量都普遍高于对照,其中酯类化合物相对含量最高的是猪粪处理,达 55.73%,内酯类化合物相对含量最高的是混粪处理,为 2.13%,说明施入有机肥后,果实香气有由青香型转向果香型和甜香型的趋势; 另外发现,C_6 醛类和醇类化合物的曲线与酯类化合物的曲线在变化趋势上相反,而与内酯类化合物的曲线变化趋势相似,推测这些化合物可能在香气形成的过程中有一定的关系(样品是同时采收的,都达到可采成熟度,所以不考虑果实是否成熟的区别)。

3　讨论与结论

施用有机肥能明显改善土壤肥力状况,有利于果树高产[7,20,24]。虽然本试验在各处理间施用了等量的氮、磷、钾,但各处理的增产效果依然显著,有

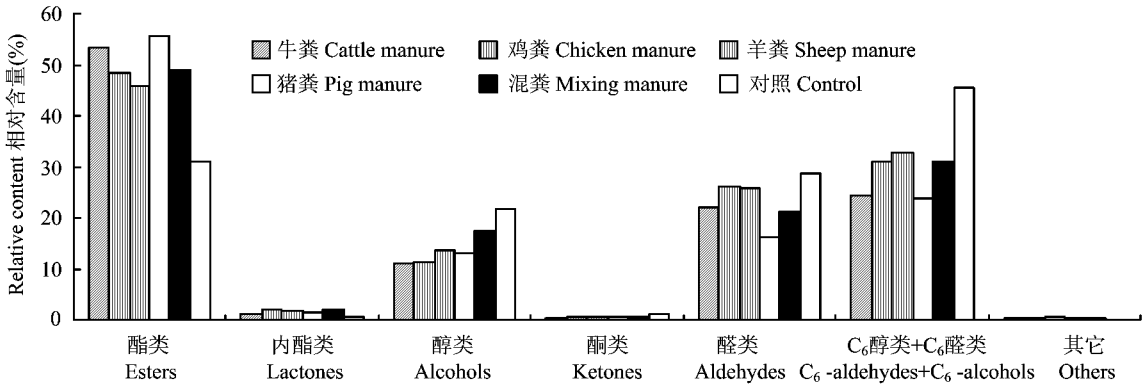

图3 不同有机肥处理后的主要香气种类的相对含量比较

Fig. 3 The comparison of the variety and relative contents of aroma components under different organic fertilizer treatments

研究认为,有机肥与氮、磷、钾肥配施是维持系统可持续性的最优施肥模式[25],有利于作物的高产稳产,增产的原因可能主要与有机肥养分的缓慢释放、土壤养分库的逐渐提高和植物抗干旱等逆境能力的提高有关;有机肥中腐解产生的有机酸可能增加了土壤中有机养分的矿化过程,从而促进了难溶性养分的释放,增加了土壤中全效和速效养分的含量[26-27],即相当于施入了更多的矿质营养。另外,土壤施入有机肥后导致土壤有机质含量提高,进而增加了土壤中微生物数量、活力及微生物的多样性,最终提高土壤微生物碳、氮并提升土壤的营养供应容量[28-29]。

除产量外,果实品质也是比较重视的一个方面,包括硬度、可溶性固形物(TSS)、固酸比(TSS/TA)和Vc含量以及果实的香气,都直接影响了人们的消费取向。本试验中各有机肥处理都增加了叶片中叶绿素含量,王宏伟等在苹果上的研究也得出这一结果[6],叶绿素含量增加后相应导致肥城桃叶片Pn的升高。王岩等研究得出,施用羊粪后库尔勒香梨叶片的净光合速率提高[9],这与本研究的结果一致。叶片经光合作用产生的同化物质很大部分留在果实内,因此叶片的光合作用对果实发育起非常重要的作用[30-31],施用有机肥后,肥城桃果实的TSS、TSS/TA和Vc含量都高于对照,营养品质提高。王顺建[32]研究得出,增施鸡粪能提高水梨的硬度和TSS;刘新社[33]等研究发现,施用鸡粪能提高杏的硬度、可溶性糖、TSS和Vc含量,可滴定酸(TA)降低。有机肥肥效稳定,养分持续释放,可以和作物的生理需求同步,因而确保了作物营养代谢协调均衡,促进了作物的优质[34]。

运用气相色谱-质谱联用技术对香气成分进行的研究已经很多,但利用此技术来探究有机肥对果实香气影响的研究还很少,王孝娣[35]等研究有机肥处理对红富士苹果香气的影响,发现不但芳香物质种类增多,相对含量也有所提高,这与本文的研究结果相似,而关于其它有机肥的作用,还并没有相关研究。本文详细分析了羊粪、猪粪、混粪、牛粪、鸡粪处理对果实香气品质的影响,发现各有机肥处理后,与C_6醛类和醇类化合物这些青香型化合物的相对总量与对照相比降低,而果香型酯类和甜香型内酯类化合物的相对含量升高。本试验初步研究了有机肥对肥城桃果实香气品质的影响,至于影响的作用机理还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 李培军,蒋卫杰,余宏军. 有机肥营养元素释放的研究进展[J]. 中国蔬菜,2008,(6):39-42.
Li P J, Jiang W J, Yu H J. Advance in studies on nutrient release of organic fertilizer[J]. China Veget., 2008, (6): 39-42.

[2] 薛峰,颜廷梅,杨林章,乔俊. 施用有机肥对土壤生物性状影响的研究进展[J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1372-1377.
Xue F, Yan T M, Yang L Z, Qiao J. Influences of organic fertilizer application on soil biological properties[J]. Chin. J. Ecol. Agric., 2010, 18(6): 1372-1377.

[3] 马坤,温圣贤,杨辉. 有机肥对烤烟生长及品质的影响研究进展[J]. 作物研究,2009,23(5):360-365.
Ma K, Wen S X, Yang H. Research progress on effects of organic fertilizer on growth and quality of flue-cured tobacco[J]. Crop Res., 2009, 23(5): 360-365.

[4] Tarkalson D D, Jolley V D, Robbins C W, Richard E T. Mycorrhizal colonization and nutrition of wheat and sweet corn

grown in manure-treated and untreated topsoil and subsoil[J]. J. Plant Nutr. 1998, 21: 1985-1999.

[5] 王昌全, 谢德体, 李冰, 等. 不同有机肥种类及用量对芹菜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 192-195.
Wang C Q, Xie D L, Li B *et al*. Effect of different kinds and dosage of organic manure on the yield and quality of celery[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2005, 21(1): 192-195.

[6] 王宏伟, 张连忠, 路克国. 有机肥对红富士苹果生长及品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(28): 13572-13573.
Wang H W, Zhang L Z, Lu K G. Effects of organic fertilizer on growth and fruit qualities of *Malus pumila* Mill. cv. Fuji[J]. J. Anhui Agric. Sci., 2009, 37(28): 13572-13573.

[7] 郑丽锦, 王东晨, 曹彦卫, 等. 有机肥对赞皇大枣生长和产量的影响[J]. 河北果树, 2010,(2): 6-7.
Zheng L J, Wang D C, Cao Y W *et al*. Influence of organic fertilizer on growth and yield of *Ziziphus jujuba* Mill. Zanhuang Dazao[J]. Hebei Fruit, 2010, (2): 6-7.

[8] 崔楠楠, 孔云, 高遐虹, 等. 动物源有机肥对核桃根际土壤及叶片微量元素含量的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(14): 142-147.
Kong Y, Gao X H, Fu Z G *et al*. Effects of the fertilizers made from animal tissues on the content and relationships of micro-element in rhizosphere soils and leaves of the potted walnut[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2009, 25(14): 142-147.

[9] 王岩, 谭博, 马兵钢, 等. 生物有机肥对库尔勒香梨果实品质和净光合速率的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(6): 1107-1111.
Wang Y, Tan B, Ma B G *et al*. Effect of bio-organic fertilizers on the quality and net photosynthetic rate of Kuerle fragrant pear[J]. Xinjiang Agric. Sci., 2010, 47(6): 1107-1111.

[10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007. 30-34, 42-49, 56-58, 81-83, 106-108.
Bao S D. Soil and agriculture chemistry analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007. 30-34, 42-49, 56-58, 81-83, 106-108.

[11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000. 421-425.
Lu R K. A analysis method of soil agriculture chemistry [M]. Beijing: Chinese Agriculture Scientific & Technological Press, 2000. 421-425.

[12] 人民共和国农业行业标准, NY525-2002, 有机肥料[S].
Agricultural profession criterion, NY525-2002, Organic fertilizer [S].

[13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 1136-1401.
Institute of Nanjing Soil Science, CAS. Soil physics chemistry analysis [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1978. 1136-1401.

[14] 汤江武, 吴逸飞, 薛智勇, 等. 畜禽固弃物堆肥腐熟度评价指标的研究[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(5): 293-296.
Tang J W, Wu Y F, Xue Z Y *et al*. Study on evaluation index of maturity of livestock and poultry solid wastes[J]. Acta Agric. Zhejiangensis. 2003, 15(5): 293-296.

[15] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导(第 1 版)[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002. 84.
Zhao S J, Shi G A, Dong X C. Plant physiology experiment guide(1st Edn.) [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2002. 84.

[16] 曾骧. 果树生理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992. 336-349.
Zeng X. Fruit tree physiology[M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1992. 336-349.

[17] 赵平, 孙谷畴, 曾小平, 等. 两种生态型榕树的叶绿素含量、荧光特性和叶片气体交换日变化的比较研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 327-332.
Zhao P, Sun G C, Zeng X P *et al*. A comparative study on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and diurnal course of leaf gas exchange of two ecotypes of banyan[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2000, 11(3): 327-332.

[18] 马德华, 庞金安, 霍振荣, 李淑菊. 大棚黄瓜光合作用日变化及环境因素对光合作用的影响[J]. 河北农业大学学报, 1998, 21(4): 59-63.
Ma D H, Pang J A, Huo Z R, Li S J. Studies on photosynthetic characteristics of cucumber in plastic tunnel of spring[J]. J. Agric. Univ. Hebei, 1998, 21(4): 59-63.

[19] 许大全. 气孔运动与光合作用[J]. 植物生理学报, 1984, (6): 6-12.
Xu D Q. Stomatal movement and photosynthesis [J]. Acta Phytophysiol. Sin., 1984, (6): 6-12.

[20] Rizzolo A, Lombardi P, Vanoli M. Use of capillary gas chromatography/sensory analysis as an additional tool for sampling technique comparison in peach aroma analysis[J]. J. High. Resolut. Chromatogr., 1995, 18: 309-314.

[21] Hatanaka, Akikazu. The biogeneration of green odour by green leaves[J]. Phytochemistry, 1993, 34: 1201-1218.

[22] Matsui K, Shibata Y, Tateba H, Kajiwara T. Changes of lipoxygenase and fatty acid hydroperoxide lyase activities in bell pepper fruits during maturation[J]. Biosci. Biotech. Biochem., 1997, 61: 199-201.

[23] Zhang X M, Jia H J. Changes in aroma volatile compounds and ethylene production "Huijingmilu" peach (*Prunus Persica* L.) fruit development[J]. Plant Physiol. Biochem., 2005, 31(1): 41-46.

[24] 焦蕊, 于丽辰, 贺丽敏, 等. 有机肥施肥方法和施肥量对富士苹果果实品质的影响[J]. 河北农业科学, 2011, 15(2): 37-38, 61.
Jiao R, Yu L C, He L M *et al*. Effects of fertilization methods and application rate of organic fertilizer on fruit quality of red fuji apple[J]. Hebei Agric. Sci., 2011, 15(2): 37-38, 61.

[25] 李忠芳, 徐明岗, 张会民, 等. 长期施肥和不同生态条件下我国作物产量可持续性特征[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1264-1269.
Li Z F, Xu M G, Zhang H M *et al*. Sustainability of crop yields in China under long-term fertilization and different ecological

conditions[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2010, 21(5): 1264-1269.

[26] 林葆，林继雄，李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报，1994，1(1)：6-18.
Li B, Li J X, Li J K. The changes of crop yield and soil fertility with long-term fertilizer application[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 1994, 1(1): 6-18.

[27] 蒋仁成，厉志华，李德民. 有机肥和无机肥在提高黄潮土肥力中的作用研究[J]. 土壤学报，1990，27(2)：179-185.
Jiang R C, Li Z H, Li D M. Studies on role of chemical and organic fertilizer in promoting the fertility of yellow fluvo-aquic soils[J]. Acta Pedol. Sin., 1990, 27(2): 179-185.

[28] Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B *et al*. Evolution of soil organic matter changes using pyrolysis and metabolic indices: a comparison between organic and mineral fertilization [J]. Bioresour. Technol., 2007, 98: 2495-2502.

[29] 姬兴杰，杨颖颖，熊淑萍，等. 不同肥料对土壤微生物数量及全氮时空变化的影响[J]. 中国生态农业学报，2008，16(3)：576-582.
Ji X J, Yang Y Y, Xiong S P *et al*. Effect of different fertilization on spatio-temporal variability of soil microorganism and total N [J]. Chin. J. Eco-Agric., 2008, 16(3): 576-582.

[30] 谢思敏，董晓玲，杜根盛. 新红星苹果叶片解剖构造与光合特性的研究[J]. 山东农业大学学报，1993，13(1)：9-12.
Xie S M, Dong X L, Du G S. Studies on the anatomical structure and photosynthetic of 'Starkrimson' apple leaf[J]. J. Shandong Agric. Univ., 1993, 13(1): 9-12.

[31] 杨建民，王中英. 短枝型与普通型苹果叶片光合特性比较研究[J]. 中国农业科学，1993，27(4)：28-29.
Yang J M, Wang Z Y. Comparative studies on the photosynthetic properties of spur-type and ordinaru apple trees[J]. Sci. Agric. Sin., 1993, 27(4): 28-29.

[32] 王顺建. 增施有机肥对爱甘水梨果实产量和品质的影响[J]. 山西果树，2008，(2)：6-7.
Wang S J. Effect of organic manure on the yield and quality of Love Kennedy pear[J]. Shanxi Fruits, 2008, (2): 6-7.

[33] 刘新社，潘自舒. 不同施肥组合对美国杏李生长发育及产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学，2008，36(33)：14657-14658.
Liu X S, Pan Z S. Effects of different fertilizer combinations on growth, development, yield and character of pluot to USA[J]. J. Anhui Agric. Sci., 2008, 36(33): 14657-14658.

[34] 王允圃，刘玉环，阮榕生，等. 有机肥改良农产品品质的科学探索[J]. 中国农学通报，2011，27(9)：51-56.
Wang Y P, Liu Y H, Ruan R S *et al*. Study on the effect of organic manure on improving the quality of farm products[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2011, 27(9): 51-56.

[35] 王孝娣，史大川，宋烨，翟衡. 有机栽培红富士苹果芳香成分的GC-MS分析[J]. 园艺学报，2005，32(6)：27-31.
Wang X D, Shi D C, Song Y *et al*. GC-MS analysis of fruit aroma components of organic 'Fuji' apple[J]. Acta Hortic. Sin., 2005, 32(6): 27-31.