

有机梨园中 4 种商品肥施用效果比较

赵立敏¹ 杨清¹ 李松涛² 李天忠^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193; 2. 北京市园林绿化局,北京 100013)

摘要 在‘丰水梨’有机果园分别施用仲元、赛众 28、中合和 BGA 牌商品有机肥,检测树体生长发育、果实营养品质及土壤理化性状等指标,结果表明:除果实可滴定酸含量外,仲元牌有机肥在新梢生长量、叶片光合色素含量、单果重、果实硬度、果实可溶性固形物含量、果实 SOD 活性、果实总类黄酮含量及土壤全氮和速效钾含量、有机质含量、土壤菌落总数等指标上明显高于其他商品有机肥和自制堆肥;赛众 28 和中合牌有机肥在比叶重、果实 SOD 活性和土壤菌落总数等指标上显著高于对照;BGA 牌有机肥显著提高了叶片叶绿素 a+b 含量和果实总类黄酮含量。总体上 4 种商品有机肥的效果不同程度上优于对照。施用效果:仲元牌有机肥>赛众 28、中合和 BGA 牌有机肥>自制堆肥。

关键词 梨;有机肥;生长发育;果实营养品质

中图分类号 S 661.2

文章编号 1007-4333(2014)03-0130-07

文献标志码 A

Different effects of four commercial fertilizers on organic pear orchard

ZHAO Li-min¹, YANG Qing¹, LI Song-tao², LI Tian-zhong^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Beijing Municipal Bureau of Landscape and Forestry, Beijing 100013, China)

Abstract Four commercial fertilizers of Zhongyuan, Saizhong 28, Zhonghe and BGA were applied in ‘Housui Pear’. The measured parameters were growth index, development of trees, fruit nutritional quality, soil physical and chemical properties. The results showed that the plant used ‘Zhongyuan’ organic fertilizer had higher values of shoot length, pigment content in leaves, single fruit weight, fruit firmness, TSS, SOD activity, fruit flavonoid and soil total N, available K, organic matter and microorganism, but low TA in fruits, compared to other commercial organic fertilizers and homemade compost. The plant added with organic fertilizer ‘Saizhong 28’ and ‘Zhonghe’ were higher in the index of specific leaf weight, fruit SOD activity and soil microorganism than CK. The ‘BGA’ organic fertilizer significantly increased the concentrations of Chl. a and Chlb in leaves and fruit flavonoid. The effects of four commercial organic fertilizers on plant are in the order of ‘Zhongyuan’ organic fertilizer > ‘Saizhong 28’, ‘Zhonghe’ = ‘BGA’ Commercial organic fertilizers > homemade compost.

Key words pear; commercial organic fertilizer; growth and development; fruit nutritional quality

目前我国绝大多数果园主要施用生粪(未腐熟的猪粪、牛粪和鸡粪等)与化肥。施用生粪果园增产效果较差。大部分果农盲目追求高产,过量投入化肥,引发果实品质下降,土壤酸化、有机质偏低、养分失衡,地表水和地下水污染等问题。化肥的施用不仅对水果质量安全存在潜在危害,而且污染环境,因此果品安全问题日益成为人关注的

焦点,人们对安全和有机果品的需求越来越迫切。

近几年我国有机果品生产发展迅速,有些果园已经通过了有机认证,同时很多果园正朝着有机果品生产的方向转变^[1]。有机果品生产不允许使用化学合成的农药、化肥、生长调节剂和饲料添加剂等物质^[2],而受“果树上山下滩,不与粮棉争田”的影响,

收稿日期:2013-09-12

基金项目:科技部科技基础性工作专项(2012 FY110100)

第一作者:赵立敏,硕士研究生,E-mail:zhao7112@126.com

通讯作者:李天忠,教授,博士,主要从事果树生理与分子生物学研究,E-mail:litianzhong1535@163.com

我国果园大多土壤贫瘠,有机质含量低,化肥的禁用会导致果实产量严重下降,因此必须保证施用足够数量的有机肥以维持和提高土壤的肥力、营养平衡和土壤生物活性。

为了提高土壤肥力,保证果实产量,果农普遍施用自制有机肥。高温堆肥是我国农民自制有机肥的主要形式^[3]。但随着有机农业的迅速发展,自制堆肥的产量难以满足实际生产的需要。因此,许多公司开发了大量的商品有机肥,如生物有机肥和氨基酸有机肥等。生物有机肥是一类兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料。生物有机肥,区别于自制有机肥,除含有较高的有机质外,还含有具有特定功能的微生物^[4]。氨基酸有机肥是由动植物残体及排泄物等加工而成,营养全面,易于被植物吸收。目前许多商品有机肥已经通过了有机认证,但是由于种类繁多、良莠不齐且有些肥料价格较高^[5],导致果农较难选择合适的商品有机肥。

为此,本研究选用价格适当且口碑较好并通过有机认证的4种商品有机肥进行试验,旨在探究商品有机肥对丰水梨树体生长发育、果实营养品质及土壤理化性状的影响,为有机果农选择商品有机肥

提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于2012—2013年在北京市大兴区榆垓镇有机梨园进行。试验材料为7年生‘丰水梨’,栽植密度为3 m×5 m,东西行向,树势健壮。试验设1个对照和4个处理,3株小区,3次重复。4个处理分别施用仲元牌土壤调理剂(仲元(北京)绿色生物技术开发有限公司)、赛众28土壤调理剂(陕西赛众生物科技有限公司)、中合牌生物有机肥(北京六和新星生物技术有限公司)和BGA土壤调理剂(北京绿天使科技有限公司)。对照为常规施肥管理(施用自制堆肥)。

施肥方法:3月中旬,在距树干100 cm处的西南、西北、东北和东南4个方向挖长、宽和深为50 cm×30 cm×30 cm的施肥坑,将不同有机肥一次性施入坑内,与土混合均匀,施肥后立刻浇水,生长期不再追施任何肥料。不同品牌有机肥按照生产厂家推荐的最佳施肥量进行施肥,对照按照常规管理施肥,具体施肥量见表1。

表1 不同有机肥的施肥量

Table 1 Fertilizer rates of different organic fertilizers

指 标 Index	CK	仲元 Zhongyuan	赛众28 Saizhong 28	中合 Zhonghe	BGA
单株施肥量/(kg/株)	22.7	1.3	2.3	0.8	1.0
单位面积施肥量/(kg/hm ²)	15 000	825	1 500	510	675

1.2 样品采集与测定

1.2.1 新梢生长量 秋季新梢停止生长后,在每株树距地面1~1.5 m的范围内,随机测量20个新梢长度^[6]。

1.2.2 叶面积和比叶重 6月下旬在每株树的东、西、南和北4个方向各选2个当年生营养枝,高度1.5 m左右,在每个枝的中部选生长良好的成熟叶片,用冰壶带回实验室。将叶片平铺在坐标纸上沿叶缘画出叶形,剪叶形纸测定叶面积^[7]。将叶片放入烘箱至恒重称重测比叶重,比叶重=叶片干重/叶片面积。

1.2.3 叶片光合色素含量 6月下旬取新梢基部叶片测定光合色素质量分数,每个处理取30片叶片。将叶片去除叶柄和主脉,剪碎并精确称取

0.2 g,加20 mL 80%的丙酮,封口,置于暗处24~36 h,至叶片发白,在分光光度计上,于665、649和470 nm 3个波长下比色(以80%丙酮为对照),分别记数为D₆₆₅、D₆₄₉和D₄₇₀。然后根据公式计算3种色素浓度,色素浓度(mg/L)^[8]。

1.2.4 果实品质 果实成熟后在每株树树冠外围距离地面1.5 m处随机取30个果实^[6]。

单果重:普通天平称量,精确至0.1 g。

果实硬度:在果实中部对称两面去皮,然后通过GY-1型硬度计测定。

可溶性固形物含量:取果实的可食部分切碎、混匀,称取250 g,准确至0.1 g,放入高速组织捣碎机捣碎,用2层擦镜纸或纱布挤出匀浆汁液,用ATA GO2P/1手持电子折光仪测定。

可滴定酸含量(TA):用四分法分取可食部分切碎混匀,称取 250 g,准确至 0.1 g,捣碎,加入等量蒸馏水,捣碎 1~2 min,洗入 250 mL 容器瓶,置 75~80 °C 水浴上加热 30 min,取出冷却,定容,摇匀过滤,用 0.1 mol/L NaOH 标准溶液滴定法测定^[9]。

超氧化物歧化酶(Superoxidedismutase, SOD)活性:采用氮蓝四唑法,每克鲜重(FW)果实样品的反应体系,以其抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个超氧化物歧化酶活性单位,单位:U^[9]。

类黄酮:用四分法取果实可食部分,液氮冷冻条件下研磨成粉末,称取 10 g 粉末,加入 30 mL 80% 乙醇,避光放置 12 h,30 °C 超声 30 min,抽滤。残渣加入 30 mL 80% 乙醇,30 °C 超声 30 min,抽滤,残渣按此操作重复提取 1 次。合并滤液,用 80% 乙醇定容至 100 mL。取 5 mL 滤液,35 °C 减压旋蒸除去乙醇。依次用 5 mL 甲醇和 10 mL 水活化 C18 固相萃取小柱,倒入样液,用 10 mL 蒸馏水淋洗,弃去淋洗液,用 20 mL 甲醇淋洗,收集淋洗液,35 °C 减压旋蒸近干,用甲醇定容至 5 mL,过 0.22 μm 有机滤膜。样液用配反相 C18 液相色谱柱(Welch materials Inc., AC-C₁₈)的高效液相色谱仪(Shimadzu corporation, 10 ATVP)二极管阵列检测器检测,根据保留时间和紫外可见光谱定性,外标法定量。无标准品的未知原花青素和未知酚酸分别以表儿茶素和绿原酸为标准品定量。流动相(A 液为 2% 甲酸,B 液为乙腈)梯度洗脱。B 液:0%(0 min)→40%(60 min)→70%(65 min)→0%(75 min)→平衡 10 min。柱温 40 °C。流速 0.8 mL/min。检测波长为 280 nm^[10]。样品总类黄酮含量的测定采用分光光度法。

1.2.5 土壤理化性状测定 10 月中旬在距树干 50 cm 左右,东、南、西和北 4 个方向,用土钻取 0~

50 cm 土层的土样,每株 4 个点,共 1 kg 左右,土样多点混合后进行土壤养分分析。

全 N:采用浓硫酸消煮-凯氏定氮法测定^[11]。

速效 P:采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 法浸提-钼锑抗比色法测定^[12]。

速效 K:采用 1.0 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定^[12]。

土壤有机质:采用 K₂Cr₂O₇ 容量法-外加热法测定^[11]。

碳氮比:采用凯氏定氮法和 K₂Cr₂O₇ 外加热法测定^[11]。

土壤菌落总数:采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基、牛肉膏蛋白胨琼脂培养基、孟加拉红琼脂培养基分别培养细菌、放线菌、真菌一稀释平板培养法测定^[12]。

1.3 数据处理

数据经 Excel 2007 整理后,采用 SPSS 17.0 软件包进行单因素方差(One-Way ANOVA)分析,不同处理之间多重比较采用 DunCan 新复极差法。绘图用 Excel 2007 完成。

2 结果与分析

2.1 4 种有机肥处理对‘丰水梨’树体生长发育的影响

与对照相比,除 BGA 处理外,其他有机肥处理都可促进‘丰水梨’新梢生长。其中仲元处理效果显著,新梢生长量比对照增长 37.2%。赛众 28 和中合处理新梢生长量分别比对照增长 16.2% 和 15.4%。4 种有机肥处理叶面积与对照相比,差异均不显著,但仲元、赛众 28 和中合处理可显著增加比叶重,分别比对照增加 9.19%、8.41% 和 7.79%,BGA 处理有增加比叶重的趋势,但差异不显著,结果见表 2。

表 2 不同有机肥处理对‘丰水梨’树体生长发育的影响

Table 2 Effects of different organic fertilizers on growth and development of ‘Housui Pear’

施肥处理 Treatment	新梢生长量/cm Shoot length	叶面积/cm ² Leaf area	比叶重/(g/cm ²) Specific leaf weight
CK	98.4±18.8 b	70.6 a	6.42×10 ⁻² b
仲元 Zhongyuan	135.0±18.9 a	71.3 a	7.01×10 ⁻² a
赛众 28 Saizhong 28	114.3±19.9 ab	71.2 a	6.96×10 ⁻² a
中合 Zhonghe	113.6±19.5 ab	71.2 a	6.61×10 ⁻² a
BGA	104.1±17.9 b	70.9 a	6.29×10 ⁻² ab

注:同列数据后不同小写字母表示在 P<0.05 水平差异显著,下同。

Note: Values followed by different small letters in a column are significantly different at P<0.05 level, the same as below.

与对照相比,仲元处理‘丰水梨’叶片光合色素含量与对照差异最显著,叶绿素 a+b 和类胡萝卜素含量分别比对照提高 34.1%和 41.7%。赛众 28 和

BGA 处理叶片叶绿素 a+b 含量也明显高于对照。中合处理叶片光合色素含量与对照差异不显著,结果见图 1。

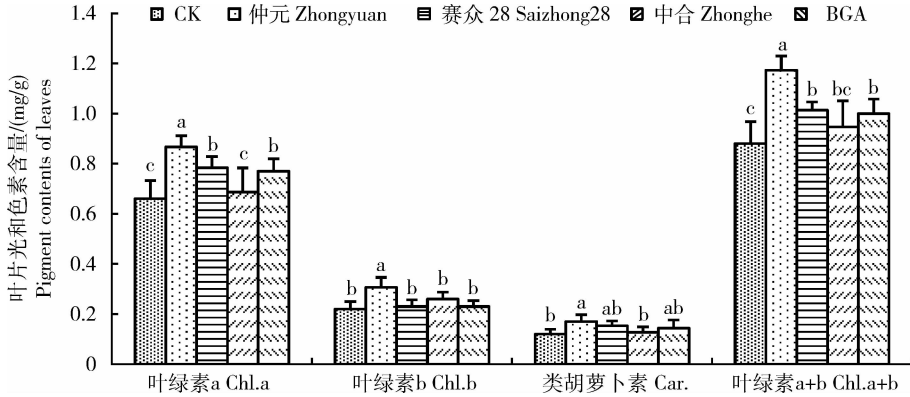


图 1 不同有机肥处理对叶片光合色素含量的影响

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

2.2 4 种有机肥处理对‘丰水梨’果实品质的影响

仲元处理可显著增加单果重,比对照增加 21.4%。赛众 28 处理有增加单果重的趋势,但与对照差异不显著,中合和 BGA 处理与对照无显著性差异。与对照相比,4 种处理对果形指数均无显著性影响。除仲元处理与对照相比果实硬度显著提高外,其他处理差异均不显著。仲元处理可显著提高

果实可溶性固形物含量,比对照提高 12.6%,其他处理有提高果实可溶性固形物含量的趋势,但差异不显著。仲元处理果实可滴定酸含量与对照相比差异显著,赛众 28 和中合处理果实可滴定酸含量有降低趋势。除 BGA 处理外,其他处理果实 SOD 活性比对照都有显著提高,其中仲元处理效果最明显,比对照提高 96.1%,结果见表 3。

表 3 不同有机肥处理对‘丰水梨’果实品质的影响

Table 3 Effects of different organic fertilizers on the fruit quality of ‘Housui Pear’

施肥处理 Treatment	单果重/g Single fruit weight	果形指数 Fruit shape index	果实硬度/(kg/cm ²) Fruit Firmness	果实可溶性固形物含量/% TSS	果实可滴定酸含量/% TA	果实 SOD 活性/U Fruit SOD activity
CK	342.2 b	0.92 a	5.07 b	11.9 b	0.31 a	17.8 d
仲元 Zhongyuan	415.3 a	0.90 a	5.74 a	13.4 a	0.24 b	34.9 a
赛众 28 Saizhong 28	385.1 ab	0.92 a	4.89 b	12.6 ab	0.28 ab	30.5 b
中合 Zhonghe	354.4 b	0.92 a	5.33 ab	12.8 ab	0.26 ab	21.9 c
BGA	342.6 b	0.91 a	4.86 b	12.8 ab	0.29 a	18.9 d

经 LC-MS 分析,4 种有机肥处理和对照都检出 8 种类黄酮。表 4 表明绿原酸、原花青素 B2、表儿茶素和原花青素 C1 在仲元处理中含量都较高。图 2 表明,除中合处理外,其他有机肥处理果实类黄

酮总含量都显著高于对照,其中仲元处理与对照差异最显著,比对照提高 85.27%。BGA 和赛众 28 处理果实类黄酮总含量也明显高于对照,分别比对照提高 28.83%和 21.86%。

表4 不同有机肥处理对果实类黄酮含量的影响

Table 4 Flavonoids contents of fruits under different organic fertilizer treatments

mg/kg

样品名称 Sample Description	施肥处理 Treatment				
	CK	仲元 Zhongyuan	赛众 28 Saizhong 28	BGA	中合 Zhonghe
熊果苷 Arbutin	27.14	27.81	25.26	22.11	17.07
绿原酸 Chlorogenic acid	8.95	14.05	9.06	8.53	6.63
未知原花青素 Unknown Procyanidin	39.58	39.09	39.31	37.68	37.88
原花青素 B2 Procyanidin B2	10.76	24.71	11.04	14.86	10.78
表儿茶素 Epicatechin	8.34	18.52	9.88	11.92	8.61
原花青素 C1 Procyanidin C1	3.65	10.1	4.13	6.18	4.04
未知酚酸-1 Unknown phenolic-1 acid	0.88	0.92	0.8	0.76	0.77
未知酚酸-2 Unknown phenolic-1 acid	4.05	3.39	3.94	2.07	2.94

注:未知原花青素和未知酚酸是因为没有标样,但可以使用二极管阵列检测器扫描谱鉴定出,分别用表儿茶素和绿原酸定量。

Note: Because of lack of sample, but with epicatechin and chlorogenic acid quantitative respectively, diode assay detector scan spectrum can identify unknown procyanidin and unknown phenolic acid.

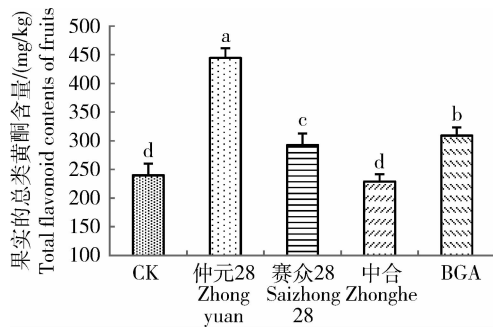


图2 不同有机肥处理对果实总类黄酮含量的影响

Fig. 2 Total flavonoid contents of fruits under different organic fertilizer treatments

2.3 4种有机肥处理对‘丰水梨’土壤理化性状的影响

与对照相比,各种有机肥处理都不同程度改良了土壤的理化性状。仲元处理土壤全氮、速效钾和有机质含量增加最显著,分别比对照增加 23.5%、26.4% 和 28.4%,其他有机肥处理有机质含量也有增加的趋势,但无显著性差异。赛众 28 处理土壤速效钾含量也显著高于对照。中合处理土壤速效磷含量增加最显著,比对照增加 27.7%,其他有机肥处理有提高土壤速效磷含量的趋势,但差异不显著。除 BGA 处理外,其他有机肥处理土壤菌落总数均显著高于对照,其中仲元处理效果最显著,比对照增加 68.6%,结果见表 4。

表5 不同有机肥处理对土壤基本理化性状的影响

Table 5 Effects of different organic fertilizers on soil chemical and physical properties

施肥处理 Treatment	全氮含量/% Total N	速效磷含量/ (mg/kg) Olsen's-P	速效钾含量/ (mg/kg) Available K	有机质含量/% Organic matter	碳氮比 Ratios of C to N	土壤菌落总数/(CFU/g) Soil microorganism
CK	8.8×10^{-2} b	102.42 b	371.58 c	1.21 b	8.0 a	3.5×10^5 d
仲元 Zhongyuan	1.15×10^{-1} a	128.81 ab	469.57 a	1.69 a	8.6 a	5.9×10^5 a
赛众 28 Saizhong 28	9.4×10^{-2} b	109.78 ab	430.67 b	1.37 ab	8.4 a	5.3×10^5 b
中合 Zhonghe	9.7×10^{-2} b	136.87 a	391.61 c	1.54 ab	9.3 a	4.7×10^5 c
BGA	9.9×10^{-2} ab	115.93 ab	391.49 c	1.48 ab	8.7 a	3.7×10^5 d

3 讨论与结论

本试验结果表明4种商品有机肥都不同程度上改良了土壤理化性状,促进了树体的生长发育,改善了果实品质。其中仲元牌有机肥效果最明显,赛众28、中合和BGA牌有机肥效果也明显优于自制堆肥。与自制堆肥相比,仲元牌有机肥对提高土壤全氮含量、速效钾含量和有机质含量效果最明显,这可能与含有大量的有机质、磷和钾等营养成分有关,为土壤中生物菌群提供了良好的生存环境,提高了有机质转化效率。仲元牌土壤调理剂含有丰富的大量元素、中量元素、微量元素和有益元素,它对促进树体的生长发育效果最显著,其显著增加了新梢生长量、叶片光和色素含量和比叶重。

仲元牌有机肥对提高单果重和果实的可溶性固形物含量、类黄酮含量、SOD活性和硬度等指标效果最显著,此外它还显著降低了果实的可滴定酸含量。土壤理化性质的改良和树体的健壮生长为果实的良好发育提供了物质基础和能量基础,因此仲元牌有机肥提高了果实品质的多种指标。王顺建等^[13]的研究亦表明,增施有机肥能提高丰水梨的硬度和可溶性固形物含量,这与本试验研究结果一致。仲元牌有机肥对提高果实的SOD活性效果最显著,这可能与施肥后提高了果树的光合作用有关。施肥后,果树光合作用增强,为超氧化歧化酶和类黄酮的合成提供了物质基础。此外仲元牌有机肥中富含硒、锰和氟等微量元素^[14],低浓度Se、Mn和F等微量元素对SOD活性起激活效应^[15]。

赛众28土壤调理剂生产原料包含药用矿石麦饭石,其含有丰富的 SiO_2 、 KO_2 和 MgO ,并含有其他30余种矿质元素,因而提高了土壤速效钾含量。前人^[16]研究表明施用有机肥能增加土壤速效钾含量,而对土壤钾的耗竭起到抑制作用。刘义新等^[17]的研究表明有机肥能促进土壤中贮存态钾向速效钾转化,增加土壤钾的有效性。因此本试验与前人研究结果一致。土壤有机质含量的增加不仅与肥料本身含大量有机质,还可能与肥料含有丰富的 SiO_2 有关。 SiO_2 是一种良好的土壤活化剂,可疏松土壤,利于土壤微生物的繁殖,腐解动植物残体,产生有机质。赛众28土壤调理剂也促进了新梢的生长,提高了叶片光合色素含量,增加了比叶重,此外其还在一定程度上提高了单果重、果实可溶性固形物、果实硬度、果实可滴定酸含量、果实SOD活性和果实类黄

酮含量等果实品质指标。有研究还表明,光合作用可促进类黄酮物质的合成与积累^[18]。因此推测这可能与赛众28土壤调理剂提高了土壤肥力和叶片的光合色素含量有关。

中合牌生物有机肥是通过有益微生物菌种对畜禽粪便进行高温发酵而成,营养十分全面,含有植物必需的大量元素、微量元素,是兼具微生物肥料和有机肥效应的肥料,它对增加土壤速效磷含量效果最显著,这与赵庆雷等^[19],关于有机肥能减少土壤对磷的固定,使土壤有效磷保持较高水平的研究结果一致。此外它还增加了土壤有机质含量,这不仅与肥料中含有大量有机质有关,还与其微生物肥料效应提高了土壤有益微生物的数量,加速了对土壤中动植物残体的分解,提高了土壤有机质含量有关^[20]。中合牌生物有机肥还促进了新梢增长量,增加了比叶重,但叶片光合色素含量与对照差异不显著。土壤理化性质的改良,树体的生长发育,使其在一定程度上提高了果实可溶性固形物、果实硬度、果实可滴定酸含量和果实SOD活性等果实品质指标。这与刘新社等^[21]研究结果一致,施用有机肥能提高果实的硬度、可溶性固形物含量,可滴定酸含量降低。果实类黄酮含量与对照差异不显著,这可能与肥料中缺乏合成类黄酮的元素有关。

BGA土壤调理剂主要生产原料为有机废弃物,其有机质含量在22%以上, $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$ 总养分含量在3%以上,因此其一定程度提高了土壤速效磷和有机质含量。施肥后土壤菌落总数与对照差异不显著,这可能是肥料生产过程中高温灭菌杀死了肥料中的微生物的缘故。与对照相比,BGA土壤调理剂有增加比叶重的趋势,但差异不显著。其还提高了果实可溶性固形物含量、果实类黄酮含量等果实品质指标。因此BGA土壤调理剂效果优于自制堆肥。

施用有机肥能明显改善土壤肥力状况^[22-23],有利于增加单果重,从而使果树高产。有机肥肥效稳定,养分持续释放,可以和果树的生理需求同步,因而确保了果树营养代谢协调均衡,从而促进果实的优质。综合上述试验结果可以得出,4种商品有机肥都不同程度上改良了土壤理化性状,促进了树体的生长发育,改善了果实营养品质。施用效果:仲元牌有机肥>赛众28、中合、BGA牌有机肥>对照(自制堆肥)。

参 考 文 献

- [1] 高晓燕,李天忠,李松涛,等. 有机肥对梨果实品质及土壤理化性状的效应[J]. 中国果树,2007(5):26-28
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局;中国国家标准化管理委员会 GB/T 19630.1-2011. 有机产品 第1部分:生产[S]. 北京:中国标准出版社,2012
- [3] 姜继韶,黄懿梅,黄华,等. 猪粪秸秆高温堆肥过程中碳氮转化特征与堆肥周期探讨[J]. 环境科学学报,2011(11):2511-2517
- [4] 沈德龙,李俊,姜昕. 我国生物有机肥的发展现状及展望[J]. 中国农技推广,2007,23(9):35-37
- [5] 刘秀梅,罗奇祥,冯兆滨,等. 我国商品有机肥的现状与发展趋势调研报告[J]. 江西农业学报,2007,19(4):49-52
- [6] 章文才果树研究法[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,1995:44-45,57-59
- [7] 代明亮,李松涛,韩振海,等. 植物源营养液对‘雪青梨’生长及果实品质的影响[J]. 中国农业大学学报,2008,13(5):19-23
- [8] 郝建军,康宗利,于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:68-69,124-132,141-142
- [9] 赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002:84
- [10] 聂继云,吕德国,李静,等. 22种苹果种质资源果实类黄酮分析[J]. 中国农业科学,2010,43(21):4455-4462
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 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(02):6-7
- [14] Dharam U, Michal H, Jirina S, et al. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic and inorganic fertilizers[J]. Nutr Cycl Agroecosyst,2009,85:241-252
- [15] 赵先英,刘毅敏,覃军,等. 微量元素硒、锰、氟对SOD活性的影响[J]. 第三军医大学学报,2004,26(2):171-173
- [16] 宇万太,姜子绍,马强,等. 施用有机肥对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(5):1057-1064
- [17] 刘义新,韩移旺,唐绅,等. 结晶有机肥对土壤供钾能力及钾在烟株的分布特点[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(1):107-109
- [18] 陈顺钦,袁媛,罗毓健,等. 光照对黄芩黄酮类活性成分积累及其相关基因表达的影响[J]. 中国中药杂志,2010,35(6):682-685
- [19] 赵庆雷,王凯荣,谢小立. 长期有机物循环对红壤稻田土壤磷吸附和解吸特性的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(1):355-362
- [20] 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(13):2495-2502
- [21] 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
- [22] Zhang H, Xu M, Zhang F. Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China [J]. Journal of Agricultural Science,2009,147:31-42
- [23] Xiaoyuan Yan, Wei Gong. The role of chemical and organic fertilizers on yield, yield variability and carbon sequestration-results of a 19-year experiment[J]. Plant Soil,2010,331:471-480

责任编辑:王燕华