

文章编号: 1674-7054(2017)02-0209-07

沼液配方肥对香蕉产量、品质及香蕉园土壤质量的影响

高 刘, 余雪标, 李 然, 杨青青, 崔喜博, 李思远, 王 牌

(海南大学 热带农林学院, 海口 570228)

摘 要: 笔者以香蕉(*Musa nana* Lour.)为材料, 进行沼液配方肥的肥效试验并研究沼液配方肥对香蕉产量、果实品质和试验地土壤性质的影响。结果表明: 施用沼液配方肥可以提高香蕉产量、果实品质, 改善海南砖红壤, 提高酸性土壤 pH、增加土壤养分含量。与施用常规化肥相比, 施用沼液配方肥的香蕉果指长增长 5.59%、果指围增粗 11.01%、每梳个数增加 3.21%、单株产量提高了 4.09%, 香蕉果实蛋白质增加 10.67%、可溶性含糖量 6.66%、维生素 C 增加 3.32%, 不同土层土壤有机质增加 2.98%~3.93%、碱解氮增加 2.25%~17.07%、有效磷增加 5.59%~18.64%、速效钾增加 25.20%~39.20%。对香蕉施用沼液配方肥不仅提高作物其产量和果实品质, 而且可改善种植地土壤的状况。试验结果可为沼液配方肥深度研发、推广及其海南土壤性质改良提供依据。

关键词: 香蕉; 沼液配方肥; 土壤质量; 果实品质

中图分类号: S 156.6 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2017.02.014

海南是香蕉(*Musa nana* Lour.)种植大省, 种植区主要分布在乐东、三亚、澄迈、临高、儋州、昌江和东方等市县^[1]。目前, 由于化肥的不合理使用, 造成了土壤酸化、土壤结构破坏、土壤肥力下降等系列问题, 导致作物产量得不到提高、品质下降, 经济效益低下。沼液是良好的有机肥料, 是利用植物残体、人畜粪便等有机物通过厌氧发酵后的残余物, 不仅营养全面, 还含有丰富的速效养分, 且养分利用率高, 包括维生素、氨基酸和抗生素类等物质, 对作物发育生长有促进作用^[2], 可以改善作物的品质, 生产成本得到节约, 同时改善和提高土壤的质量, 减少化学肥料可能带来的不良影响^[3], 但沼液养分含量低, 直接施用肥效不高, 物流成本大, 也缺乏相应的肥料标准, 因此难以商品化^[4-5]。本实验室自行研制沼液配方肥, 该配方肥是根据国家农业标准, 通过将猪粪便沼液和花生饼等有机物及适量中微量元素混合发酵, 配入适量的化学元素肥料研发而成的, 是全营养、水溶性、无污染、无公害的优质肥料^[6]。在沼液配方肥制备过程中, 大量使用了沼液, 使沼液得到了资源化处理, 同时解决了农场和养殖场的周边环境污染问题^[5-7]。笔者以香蕉为材料, 进行该沼液配方肥的肥效试验, 研究沼液配方肥对土壤性质和香蕉品质的影响, 旨在为该沼液配方肥减量化和有机化的深度研发及其海南土壤性质改良提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 香蕉园位于海南省澄迈县, 属于热带季风气候, 年均气温在 23.1~24.5℃之间, 1月平均温度为 17.3℃, 极端最低温度为 1.1℃, 7月平均温度为 28.4℃, 极端最高温度高达 40.3℃。年降雨量 1750 mm, 每年 5~10 月为雨季, 最大日降水量为 500 mm, 11 月至翌年 4 月为旱季。年平均湿度

收稿日期: 2016-10-21

修回日期: 2016-11-04

基金项目: 海南省科技厅耕地改良项目子课题“新型液体肥料研制与配套施用技术示范”(M126377010)

作者简介: 高刘(1992-), 男, 海南大学热带农林学院 2014 级硕士研究生, E-mail: 726534529@qq.com

通信作者: 余雪标(1963-), 男, 教授, 博士, 研究方向: 生态学和林业, E-mail: yuxuebiao@163.com

为 84%。土壤为砖红壤 样地本底值见表 1。

表 1 香蕉园土壤本底值

Tab. 1 Soil background values of banana plantation

土层深度 / cm Soil depth	pH	有机质 / ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Organic matter	有效养分 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Available nutrient		
			P_2O_5	K_2O	N
0 ~ 20	4.73 $\pm$ 0.07 a	20.49 $\pm$ 0.10 a	28.21 $\pm$ 0.41 b	45.9 $\pm$ 1.0 a	73.77 $\pm$ 2.06 a
20 ~ 40	4.47 $\pm$ 0.16 b	19.37 $\pm$ 0.20 b	30.67 $\pm$ 0.24 a	43.4 $\pm$ 0.2 b	66.50 $\pm$ 2.98 b
40 ~ 60	4.22 $\pm$ 0.12 c	18.75 $\pm$ 0.15 b	20.99 $\pm$ 1.73 c	28.4 $\pm$ 1.1 c	62.34 $\pm$ 2.98 c

注: 数据为平均值加减标准差 数据后面小写字母表示不同土壤深度下在 0.05 水平下的差异显著性

Note: Values are the mean plus the standard deviation; lower case letters following the figures show difference at $P < 0.05$ in different soil depths

1.2 供试作物 采用香蕉作为供试作物 品种为巴西蕉。

1.3 供试肥料与制备原则 沼液配方肥是自行研发配制 具有高营养、全水溶、无公害的优质肥, 含有大量腐殖酸和有机质 (N 含量 $119.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 P_2O_5 含量 $60.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 K_2O 含量 $120.9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、腐殖酸为 $56.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、有机质为 $146.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、pH 为 8.1)。沼液原液是将儋州某农户养猪场的猪粪便沼液和花生饼等有机物及适量中微量元素混合发酵而成。沼液配方肥根据国家农业标准, 在沼液原液中配入适量的 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 、KCl、 KNO_3 和尿素等化学试剂 集多种肥料性质研发而成。根据香蕉在其生长期对氮磷钾元素的需求 配制沼液配方肥里面氮磷钾的比例分别为 2: 1: 2。

1.4 实验设计方案 设 3 个处理类型 施用沼液配方肥 (N: P: k = 12: 6: 12) 对香蕉根部进行浇灌 (处理 1); 施用沼液原液 (N: P: k = 8: 4: 8) 对香蕉根部进行浇灌 (处理 2); 使用常规化肥 (N: P: K = 15: 15: 15) 溶于水中进行浇灌, 作为对照组 (处理 3)。每个处理 10 株, 每个处理 1 次施用肥料 2 kg, 每个月浇灌 1 次, 每处理 3 次重复, 共计 9 个小区, 各处理施用肥料用量见表 2。香蕉种植行距 2.3 m, 株距 2.3 m, 种植密度为 $1992 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。2014 年 9 月初 采用土钻法采取试验地土壤本底值。2015 年 4 月中旬, 采取小区土壤, 每个小区随机取 3 个点, 土壤深度为 60 cm 按照 0 ~ 20 cm 20 ~ 40 cm 40 ~ 60 cm 自上而下划分 3 层。2015 年 7 月下旬, 每小区随机抽取 3 棵香蕉, 收获果实。

表 2 不同施肥处理的养分用量

Tab. 2 The amount of nutrients in different fertilization treatments

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

处理 Treatment	N	P_2O_5	K_2O
1	597.6	597.6	597.6
2	321.8	161.4	304.1
3	483.7	259.1	481.3

1.5 测定项目及方法 测定采样土壤的有机质、pH、碱解氮、有效磷和速效钾含量。摘取香蕉果实并测定蛋白质、还原糖和维生素 C。使用 pH 计 (Mettler Toledo MP 120) 测量 (其中土水比为 1: 1) 土壤 pH, 采用碱解扩散法测定土壤解碱氮^[8], 重铬酸钾容量法测定土壤有机质^[8], 采用原子吸收分光光度计法测定土壤速效钾^[8], 碳酸氢钠提取 - 钼锑抗比色法测定土壤有效磷^[8], 采用考马斯亮蓝结合法测定香蕉果实中蛋白质^[9], 利用蒽酮比色法测定香蕉果实中可溶性糖^[9], 采用 2, 6 - 二氯酚靛酚滴定法测定香蕉果实中维生素 C^[9]。香蕉果实的生长参数测量的取样方法为在第 3 梳蕉中随机取 3 条进行测量。

1.6 统计方法 采用 SAS9.0 软件的方差分析方法和 Microsoft Excel 2007 软件统计分析方法对实验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对香蕉果实生长和产量的影响 从表 3 可以看出, 处理 1 的果指长和果指围明显高于其

他处理。经方差分析,处理 1 的果指长和果指围与处理 3 的果指长和果指围差异显著,每梳果指数差异不显著。处理 1 相比于处理 3,果指长增长 5.59%、果指围增粗 11.01% 和每梳个数增加 3.21%。香蕉单株产量由高到低依次为处理 1>处理 2>处理 3。处理 1 的单株产量与处理 2、处理 3 相比均达到了差异显著性,比处理 2 提高了 3.27%,比处理 3 提高了 4.09%。由此可见,施用沼液配方肥(处理 1)比施用常规化肥(处理 3)更有利香蕉果实的生长和产量的提高。

表 3 不同处理对香蕉果实外形和产量的影响
Tab.3 Effect of different treatments on the shape and yield of banana

处理 Treatment	果指长/cm Finger length	果指围/cm Finger girth	每梳果指数/条 Finger per hand	单株产量/(kg·株 ⁻¹) Yield per plant
1	20.40±0.34 Aa	12.30±0.23 Aa	16.74±0.31 Aa	29.04±0.36 Aa
2	19.86±0.36A Bab	11.74±0.31 ABb	16.32±0.43 Aa	28.12±0.35 Bb
3	19.32±0.70 Bb	11.08±0.41 Cc	16.22±0.24 Aa	27.90±0.51 Bc

注:数据为平均值加标准差,数据后面的大小写字母分别表示同一深度土壤之间在 0.01 水平和 0.05 水平上的差异显著性,以下同

Note: Values are the mean plus the standard deviation; the upper and lower case letters following the figures represent difference at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively, in the same soil depth, similarly here in after

2.2 不同处理对香蕉品质的影响 维生素 C 是香蕉营养品质的一个重要指标,维生素 C 含量的高低和人类健康有着极为密切的关系。由表 4 可以看出,香蕉的蛋白质、可溶性糖和维生素 C 的含量由低到高都是处理 3<处理 2<处理 1。相比于处理 3,处理 1 蛋白质、含糖量和维生素 C 分别增加 10.67%、6.66% 和 3.32%。处理 2 与处理 3 相比,蛋白质增加 9.82%,可溶性糖含量增加 3.77%,维生素 C 增加 1.40%。可以看出,施用沼液配方的香蕉品质都要优于施用沼液原液和常规化肥的。3 个指标中,增加程度最高的是蛋白质,其次是可溶性糖,增幅最低的是维生素 C。原因可能是沼液配方肥促进香蕉中蛋白质合成的效果要优于其他。方差分析结果表明,在蛋白质指标上,处理 1 与处理 2 相比差异不显著,与处理 3 相比差异极显著。处理 1 分别与处理 2、处理 3 的可溶性含糖量都是极显著差异,可见沼液配方对可溶性糖含量影响较明显。处理 1 的维生素 C 含量与处理 3 相比差异显著。说明,沼液配方肥对香蕉品质有提高作用。

表 4 不同处理对香蕉品质的影响
Tab.4 Effect of different treatments on the fruit quality of banana

处理 Treatments	蛋白质/(mg·mL ⁻¹) Protein	可溶性糖/% Soluble sugar	维生素 C/(mg·g ⁻¹) Vitamin C
1	15.56±0.51 Aa	21.78±0.17 Aa	83.49±1.17 Aa
2	15.44±0.42 Aa	21.19±0.20 Bb	81.94±0.30 ABb
3	14.06±0.25 Bb	20.42±0.09 Cc	80.81±0.53 Bb

2.3 不同处理对土壤有机质含量的影响 由表 5 可见,土壤有机质含量随着土壤深度增加而降低。在不同深度土壤中,处理 1 的有机质含量均为最高。在 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 土层中,处理 1 比处理 3 分别增加了 3.88%、2.98%、3.93%。在 0~20 cm 土层,处理 1 中的有机质比处理 2 的增加 1.38%;在 20~40 cm 土层,处理 1 中的有机质比处理 2 的增加 1.86%;在 40~60 cm 土层,处理 1 中的有机质比处理 2 的增加 0.60%。经方差分析,在 0~20 cm 土层中,处理 1、处理 2 的有机质含量与处理 3 相比有差异极显著性。在 20~40 cm 和 40~60 cm 土层中,处理 1、处理 2 与处理 3 存在显著差异。因此,推测施用沼液配方肥以后,表层和深层土壤中所含有机质会得到提高,从而增强土壤肥力,有利于香蕉的良好生长。

表 5 不同处理土壤的有机质含量

Tab. 5 Soil organic matter content in different treatments

处理 Treatments	土层深度/cm Soil depth		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
1	24.85 ± 0.41 Aa	22.24 ± 1.04 Aa	20.90 ± 0.94 Aa
2	24.51 ± 1.31 Aa	21.94 ± 0.37 Aa	20.78 ± 0.12 Aa
3	23.92 ± 0.33 Bb	21.58 ± 0.32 Ab	20.11 ± 0.26 Bb

2.4 不同处理对土壤有效磷含量的影响 从表 6 看出,在 0 ~ 20 cm 土层中,土壤中有有效磷的含量由高到低分别为处理 1 > 处理 2 > 处理 3,3 个处理土壤中的有效磷含量随土壤深度降低而减少。在 0 ~ 20、20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 3 个土层中,处理 1 与处理 3 相比,其有效磷含量都有较明显的增长,分别增长 18.64%、15.15% 和 5.59%。其中,在 0 ~ 20 和 20 ~ 40 cm 土壤深度中,处理 1 与处理 2、3 存在极显著差异。处理 2 与处理 3 相比,其每个土层有效磷含量都略高:在 0 ~ 20 cm 土层,处理 2 比处理 3 中有有效磷含量增加 2.14%;在 20 ~ 40 cm 土层,处理 2 比处理 3 中有有效磷增加 1.20%;在 40 ~ 60 cm 土层,处理 2 比处理 3 中有机质增加 1.53%。处理 2 与处理 3 相比在 0 ~ 20 cm 土层中差异显著,但是在 20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 土层中差异不显著。实验结果表明,施用沼液原液对表层土壤有效磷含量影响要高于常规化肥,因此可以认为沼液配方肥可更有效提高土壤有效磷含量,改善土壤养分含量。

表 6 不同处理土壤的有效磷含量

Tab. 6 Available soil phosphorus content in different treatments

处理 Treatments	土层深度/cm Soil depth		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
1	110.63 ± 1.15 Aa	99.37 ± 6.52 Aa	71.59 ± 4.64 Aa
2	95.24 ± 0.98 Bb	87.33 ± 0.32 Bb	68.84 ± 0.57 Aa
3	93.25 ± 0.79 Bc	86.29 ± 0.37 Bb	67.80 ± 0.55 Aa

2.5 不同处理对土壤速效钾含量的影响 由表 7 可以看出,在不同深度土层中,各处理中土壤速效钾含量最高为处理 1。在 0 ~ 60 cm 土层中,土壤深度越深,速效钾含量越低,土壤速效钾含量随土壤深度逐渐递减。在 0 ~ 20、20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 土层中,处理 1 比处理 3 速效钾含量分别增加了 25.20%、39.20%、28.40%,处理 2 比处理 3 速效钾含量分别增加了 1.26%、7.61%、2.99%。其中,处理 1 的增长程度明显优于处理 2,可能是沼液配方肥中钾含量高于沼液原液。方差分析结果表明,在不同土层,处理 1 与处理 2、处理 3 均有显著差异性,而且处理 1 速效钾含量明显高于其他处理,因此,施用沼液配方肥比施用沼液原液和常规化肥更有利于土壤速效钾含量的提高。

表 7 不同处理土壤的速效钾含量

Tab. 7 Available potassium content in different soil treatments

处理 Treatments	土层深度/cm Soil depth		
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60
1	155.1 ± 1.1 Aa	136.1 ± 0.7 Aa	105.0 ± 3.5 Aa
2	125.4 ± 1.3 Bb	105.2 ± 0.7 Bb	84.2 ± 2.5 Bb
3	123.9 ± 1.7 Bb	97.8 ± 2.7 Cc	81.8 ± 1.2 Bb

2.6 不同处理对土壤碱解氮含量的影响 由表 8 可以看出,土壤碱解氮变化规律和速效钾、有效磷、有机质变化规律基本一致。3 个土层中,土壤碱解氮含量最高为处理 1,最低为处理 3,处理 2 和处理 3 土壤碱解氮含量较接近,两者无显著差异性。不同处理的土壤表层碱解氮含量明显高于深层含量。在 0 ~ 20、20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 3 个土层中,处理 1 比处理 3 土壤碱解氮含量分别增加了 15.76%、2.25% 和 17.07%,处

理 2 比处理 3 土壤碱解氮含量分别增加了 2.68%、1.06% 和 2.30%。在 0~20 和 40~60 cm 土层中,处理 1 碱解氮含量明显高于处理 2、3,并且处理 1 与处理 2、3 存在差异显著性。由此可见,沼液配方肥不但对表层土壤的碱解氮含量有所增加,而且对深层土壤的碱解氮含量也有一定影响。结果表明,沼液配方肥更有利于土壤中碱解氮含量的提高,有利于改善土壤性质、增强土壤肥力和提高作物品质。

表 8 不同处理的土壤碱解氮的含量
Tab. 8 Soil alkali hydrolyzable nitrogen content in different treatments

处理 Treatments	土层深度/cm Soil depth		
	0~20	20~40	40~60
1	127.71±0.53 Aa	97.38±1.87 Aa	90.96±1.58 Aa
2	113.28±1.07 Bb	96.25±2.61 Aa	79.49±1.82 Bb
3	110.33±4.85 Bb	95.24±2.27 Aa	77.70±6.57 Bb

2.7 不同处理对土壤 pH 的影响 由表 9 可以看出,在同一土层中,处理 1、2 的 pH 都高于对照组,其中处理 1 的 pH 最高。土壤 pH 随土壤深度增加而减小。方差分析结果表明,在 0~20 和 20~40 cm 土层中,处理 1、2 与处理 3 相比,pH 存在极显著差异,处理 1 与处理 2 无显著差异。在 40~60 cm 土层中,3 个处理均无显著差异性。在 0~20、20~40 和 40~60 cm 3 个土层中,处理 1 与处理 3 相比,pH 分别增加了 0.42、0.37 和 0.05。可见,沼液配方肥和沼液原液都对土壤的 pH 有一定的影响,使酸性土壤得到碱化,且处理 1 比处理 3 对土壤酸碱的影响更大,对土壤酸碱度增加有明显作用,土壤 pH 接近于中性。由此,可以推论出施用沼液配方肥可以提高土壤酸碱度,可有效防止土壤的酸化。

表 9 不同处理土壤 pH 值
Tab. 9 Soil pH in different treatments

处理 Treatments	土层深度/cm Soil depth		
	0~20	20~40	40~60
1	6.48±0.05 Aa	6.00±0.08 Aa	5.14±0.07 Aa
2	6.41±0.05 Aa	5.77±0.12 ABb	5.13±0.09 Aa
3	6.06±0.12 Bb	5.63±0.07 Bb	5.09±0.04 Aa

2.8 土壤养分与香蕉产量和果实品质的回归分析 为了探讨施用沼液配方肥后土壤养分与香蕉产量、果实蛋白质、可溶性糖和维生素 C 含量的关系,以土壤有机质含量(x_1)、碱解氮含量(x_2)、有效磷(x_3)、速效钾(x_4)和 pH(x_5)为自变量,以香蕉产量(y_1)、蛋白质(y_2)、可溶性糖(y_3)和维生素 C(y_4)为因变量分别进行逐步回归分析,得到最优方程(表 10)。结果表明,香蕉单株产量与土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量和酸碱度有关系,香蕉果实蛋白质与土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾相关,果实可溶性糖含量与土壤速效磷和速效钾含量有关系,果实维生素 C 与土壤有机质、碱解氮和酸碱度相关。该线性方程与刘恩科^[12]、刘延涛^[13]等人研究所得方程相类似。将土壤理化性质数据代入上述方程,求出香蕉 4 个指标的理论值,方程的误差可用实测值 y 和理论值 $\hat{y}$ 平均相对误差表示,公式为: $E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}$ 。根据上述公式,求得香蕉产量(y_1)、蛋白质(y_2)、可溶性糖(y_3)和维生素 C(y_4)平均相对误差为 15.89%、13.53%、27.87% 和 28.57%,香蕉产量和果实蛋白质所得回归方程误差相对较小,而果实可溶性糖含量和维生素 C 误差略大,但是都在可接受范围之内,因此得出的回归方程是可信的。

表 10 土壤养分与香蕉产量和果实品质的最优回归方程

Tab. 10 The optimal regression equation of the soil nutrients with yield and fruit quality of banana

香蕉指标 Banana index	回归方程 Regression equation
单株产量 Yield per plant	$y_1 = 18.399\ 68 + 0.348\ 48x_1 + 0.249\ 78x_2 - 0.048\ 17x_3 + 2.134\ 289x_4 - 2.488\ 882x_5$
蛋白质 Protein	$y_2 = 5.123\ 2 + 0.277\ 82x_1 + 0.059\ 51x_2 + 0.030\ 83x_3 - 0.379\ 72x_4$
可溶性糖 Soluble sugar	$y_3 = 20.048\ 15 + 0.063\ 88x_3 - 0.374\ 69x_4$
维生素 C Vitamin C	$y_4 = 66.363\ 19 + 0.298\ 08x_1 - 0.091\ 36x_2 + 3.295\ 72x_5$

注: x_1 为有机质 x_2 为碱解氮 x_3 为有效磷 x_4 为速效钾 x_5 为 pH

Note: x_1 : organic matter; x_2 : available nitrogen; x_3 : available phosphorus; x_4 : available potassium; x_5 : pH

3 讨 论

研究结果表明,施用沼液配方肥后,香蕉果实外形的每项指标均有增长,香蕉的果指长增长 5.59%、果指围增加 11.01%、每梳指数增加 3.21%,香蕉单株产量增产 4.09%。这与臧小平^[17]、刘朝晖^[18]的研究结果相一致。沼液配方肥是根据香蕉喜氮喜钾的特点配制而成的,且沼液配方肥中含量大量的腐殖酸和少量的微量元素,更有利于香蕉的生长。因此,施用沼液配方肥之后,土壤养分得到提高,香蕉可以更好地吸收土壤中的养分,香蕉的生长和产量明显优于施用其他肥料。

本研究结果表明,施用沼液配方肥后,香蕉果实蛋白质增加 10.67%、还原糖含量增加 6.66%、维生素 C 增加 3.32%,这与覃舟^[11]研究结果基本一致。施用沼液配方肥后香蕉品质相比于施用沼液原液和常规化肥得到明显提高,原因可能是施用沼液配方肥后,土壤养分得到改善,土壤肥力得到增强,这样更有利于香蕉吸收和利用土壤的养分。沼液配方肥含有游离物质,香蕉可以更有效率吸收与利用沼液配方肥中的养分,使得香蕉果实中蛋白质、可溶性含糖量和维生素 C 含量相比于常规施肥下的香蕉营养含量均有增加,提高了香蕉的品质。土壤有机质是土壤的重要组成部分,是土壤肥力的物质基础,土壤含有多少有机质是评价土壤肥力高低的一项重要指标^[10]。现有研究发现,沼液中含有的难以降解和未完全降解的有机物进入土壤后,经过一定的时间在众多微生物作用下缓慢分解,最终转变成土壤有机质。因此,向土壤中施用沼液肥能够增加土壤有机质含量^[16-18],长期施用能够显著提高土壤肥力^[19-20]。氮、磷、钾 3 元素是土壤中常量元素,是表现土壤肥力的重要指标。本研究结果表明,对土壤施用沼液原液和沼液配方肥,土壤酸碱度得到改善,土壤 pH 得到显著提高,这与蔡茂^[21]、杨乐^[22]的研究结果有不同之处。其原因是沼液配方肥 pH 偏高,自身是碱性,不同于蔡茂^[21]、杨乐^[22]试验所用的酸性沼液。土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量在施用沼液配方肥试验后,都有不同程度的增长,这与岑汤校^[23]、沙长青^[24]的研究结果基本一致。其中,施用沼液配方肥的处理增长程度要优于施用沼液原液和常规化肥。因为沼液配方肥是将动物有机液体沼液和花生饼等有机物及适量中微量元素混合发酵,配入适量的化学元素肥料,集多种肥料性质研发而成的,其所含有机质、氮磷钾养分高于沼液原液和常规化肥。施用沼液配方肥后,与施用常规化肥相比,不同土层土壤有机质增加 2.98%~3.93%、碱解氮增加 2.25%~17.07%、有效磷增加 5.59%~18.64%、速效钾增加 25.20%~39.20%。相比于土壤本底值,土壤有机质增加 11.48%~21.28%、碱解氮增加 45.91%~73.12%、有效磷增加 224.02%~292.14%、速效钾 213.30%~238.01%。因此,施用沼液配方肥对土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量有显著的提高,从而改善土壤养分平衡,增强土壤肥力。

目前,海南土壤肥力下降、酸化严重。对作物施用沼液配方肥不仅能提高作物果实品质,而且能提高土壤肥力,改善土壤酸碱度。虽然施用沼液配方肥的养分含量低于常规化肥,但是施用沼液肥的香蕉产量得到增产、果实品质得到提高、土壤养分得到改善。这样不仅实现了肥料的减施,还改善土壤养分含量,修复土壤,提高香蕉的产量、果实的品质。本研究可为沼液配方肥的深度研发和推广及海南土壤性质的改良提供参考。

参考文献:

- [1] 王璐. 广西香蕉产业竞争力提升策略研究——基于波特钻石模型的视角[D]. 南宁: 广西大学, 2010.

- [2] 骆林平, 张妙仙, 单胜道. 沼液肥料及其利用研究现状[J]. 浙江农业科学, 2009(5): 977-978, 983.
- [3] 孙金世, 张天瑞, 俞临三. 沼液沼渣的深加工与利用[C]//沼液发展战略和对策研讨会文集. 出版者不详, 2010: 141-149.
- [4] 邹长明, 林正, 余海兵, 等. 沼肥研究与开发前景[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(23): 81-82.
- [5] 崔明, 周卫卫, 余雪标, 等. 施用沼液配方肥对瓜栗生长的影响[J]. 热带作物学报, 2012, 33(12): 176-2179.
- [6] 方天翰. 复混肥料生产技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [7] 范蓓蓓. 浓缩沼液的配方有机液体肥开发研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 白宝璋. 植物生理学: 实验教程[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
- [10] 覃文能, 魏世清, 李金怀, 等. 施用沼肥对桉树生长的影响[J]. 林业科技开发, 2011, 25(6): 111-113.
- [11] 覃舟. 施用沼液对紫甘蓝产量、营养品质及土壤质量的影响[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 83-86.
- [12] 刘恩科, 赵秉强, 胡昌浩, 等. 长期施氮、磷、钾化肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 789-794.
- [13] 刘延涛, 樊小林, 王南南, 等. 控释配方肥中不同控释养分比例对香蕉产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 38(8): 165-171.
- [14] 臧小平, 邓兰生, 郑良永, 等. 不同灌溉施肥方式对香蕉生长和产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 484-487.
- [15] 刘朝晖, 范稚莲, 何龙飞, 等. 不同灌溉方式对香蕉产量和品质的影响[J]. 广西农业科学, 2009, 40(11): 1470-1472.
- [16] 海南省农业厅土肥站. 海南土壤[M]. 海口: 海南出版社, 1993.
- [17] 李文涛. 沼液对土壤改良作用研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [18] 范蓓蓓, 倪亮, 石伟勇. 浓缩沼液配方肥对小白菜生长及土壤特性的影响[J]. 土壤, 2015, 47(5): 868-873.
- [19] Garg R N, Pathak H. Use of flash and biogas slurry for improving wheat yield and physical properties of soil[J]. Environmental Monitoring Assessment, 2005, 107: 1-9.
- [20] 陈超, 阮志勇, 吴进, 等. 规模化沼气工程沼液综合处理与利用的研究进展[J]. 中国沼气, 2013, 31(1): 25-28.
- [21] 蔡茂, 余雪标, 周卫卫, 等. 沼液排放对土壤质量的影响[J]. 热带生物学报, 2014, 5(1): 52-56.
- [22] 杨乐, 王开勇, 庞伟, 等. 新疆绿洲连续五年施用沼液对农田土壤质量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(5): 17-21.
- [23] 汤校, 张硕, 胡宇峰. 单季稻不同用量沼液的肥效试验[J]. 中国土壤与肥料, 2012(2): 83-85.
- [24] 沙长青, 谷军, 张晓彦. 沼肥对土壤理化性质的影响[J]. 生物技术, 2008(6): 61-63.

Effects of Biogas Formulated Manure on Yield and Quality of Banana and Soil Quality

GAO Liu, YU Xuebiao, LI Ran, YANG Qingqing, CUI Xibo, LI Siyuan, WANG Pai

(School of Environment and Plant Protection, Hainan University, Haikou, Hainan 571000, China)

Abstract: Biogas slurry was used to prepare a formulated manure to apply to the banana to determine its effect on yield, fruit quality and soil properties of banana in Hainan. The results showed that the biogas slurry formulated manure improved the yield and fruit quality of banana, the laterite soil, the pH of acid soil, and the soil nutrient content. Compared with the conventional fertilizers, this formulated manure increased the fruit length by 5.59%, the finger girth by 11.01%, the number of hands by 3.21%, the yield per plant by 4.09%, the protein content of banana fruit by 10.67%, the soluble sugar content by 6.66%, the vitamin C by 3.32%, the soil organic matter content by 2.98% - 3.93%, the alkaline hydrolyzable nitrogen content by 2.25% - 17.07%, the available phosphorus by 5.59% - 18.64%, and the available potassium by 25.20% - 39.20%. The formulated manure improved not only the crop yield and fruit quality, but also the soil regime of the banana plantation. This study provides reference for further development and promotion of biogas slurry manure and its use in improving soil properties in Hainan.

Keywords: Banana (*Musa nana* Lour.); biogas slurry formulated manure; soil quality; fruit quality