

高 刘,余雪标,李 然,等. 沼液配方肥对香蕉生长、产量及其土壤质量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):121-124.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.032

# 沼液配方肥对香蕉生长、产量及其土壤质量的影响

高 刘,余雪标,李 然,杨青青,崔喜博,李思远,王 牌

(海南大学环境与植物保护学院,海南海口 571000)

**摘要:**以香蕉为材料,进行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生长、产量、叶片生理特征等指标的影响。结果表明,施用沼液配方肥可改善土壤酸碱度、增加土壤养分含量,其中土壤 pH 值提高了 31.32%,土壤有机质含量提高了 16.00%,有效磷含量提高了 252.59%,速效钾含量提高了 236.13%,碱解氮含量提高了 55.98%。在抽蕾期,施用沼液配方肥的香蕉叶片长和叶片宽有一定的增长。香蕉营养期施用沼液配方肥叶片叶绿素含量明显提高,叶片净光合速率有所增强。沼液配方肥处理香蕉果指长增长 14.22%,果指围增加 26.54%,每梳指数增加 9.41%,香蕉株高增加 7.38%,香蕉假茎围增粗 13.80%,香蕉单株产量增产 12.91%。通过多元线性逐步分析得出,施用沼液配方肥后土壤养分与香蕉单株产量、果指长、果指围、假茎围关系的最优方程,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了研究基础。

**关键词:**沼液配方肥;土壤养分;香蕉产量;土壤质量

**中图分类号:** S668.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)07-0121-04

香蕉是芭蕉科芭蕉属植物,被热带地区广泛种植食用。香蕉味道香甜,且营养价值较高,常年可以收获,深受广大消费者和种植农民的喜爱。中国是香蕉种植最早的国家之一,海南省亦是香蕉种植大省。海南省种植区主要分布在乐东、三亚、澄迈、临高、儋州、昌江、东方等市(县)<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2016-09-22

基金项目:海南省科技厅耕地改良项目(编号:MI26377010)。

作者简介:高 刘(1992—),男,江苏扬州人,硕士研究生,主要从事生态学研究。E-mail:726534529@qq.com。

通信作者:余雪标,博士,教授,主要从事森林培育与林业研究。E-mail:yuxuebiao@163.com。

肥的同时还应注意平衡施肥技术并配合其他栽培管理措施,才能更好地实现高产高效。由于土壤基础肥力和管理水平的差异,不同地区的蚕豆适宜施钾量存在差异,应针对不同地力和气候条件开展钾肥运筹研究。

## 3.2 合理钾肥运筹有利于改善鲜食蚕豆营养品质

氨基酸是构成生物体蛋白质并同生命活动有关的最基本的物质,蚕豆含有丰富的氨基酸,提高籽粒氨基酸含量可改善蚕豆籽粒品质<sup>[11]</sup>。蛋白质含量是食用品质的主要指标之一,而可溶性糖和蔗糖则是影响口味的重要因素<sup>[12]</sup>。本研究结果表明,钾肥用量的增加可促进鲜食蚕豆籽粒中氨基酸、可溶性蛋白、可溶性总糖、蔗糖含量的积累。总体来看,施用氧化钾 300 kg/hm<sup>2</sup>,基追比为 3:7 时,扬州青皮鲜食蚕豆具有较好的营养品质。

## 参考文献:

- [1]郭延平,李小宇,杨生华. 甘肃省蚕豆生产现状与产业化发展对策[J]. 杂粮作物,2002,22(6):350-354.
- [2]白淑萍. 春蚕豆的生态位适宜度和生产潜力分析[J]. 开发研

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,不但营养比较全面,而且含有丰富的速效养分,且养分利用率高,其中的维生素、氨基酸及抗生素类物质对作物生长发育有促进作用,可提高作物品质,节约生产成本,同时可以保持和改善土壤质量,减少化肥可能带来的负面作用<sup>[2-3]</sup>。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,因而难以商品化<sup>[4]</sup>。本试验中的沼液配方肥根据国家农业标准,通过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,是全营养、全水溶、无公害的优质肥。配制过程中使用了大量的沼液,使沼液得到了资源化利用,不仅实现了养殖废水的“零排

究,1995(1):47-48.

- [3]王佩芝. 春蚕豆优异种质产量鉴定初报[J]. 作物学报,1996(2):254-256.
- [4]吴春芳,夏礼如,尹淑瑜. 设施大棚蚕豆高效栽培技术规程研究[J]. 上海农业科技,2011(6):82-83.
- [5]刘连全,张满堂. 氮磷钾不同组配对蚕豆的效应研究[J]. 湖南农业科学,1991(4):47-48,42.
- [6]周振坚,华勤新,丁有为. 钾肥对蚕豆生长发育的试验研究[J]. 上海农业科技,2000(4):86.
- [7]邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [8]中国科学院上海生命科学研究院植物生态研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [9]王镜岩,朱圣庚,徐长法. 生物化学[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2002.
- [10]袁传友. 影响蚕豆结荚因素的初探[J]. 浙江农业科学,1984(6):312-314.
- [11]陈梦林,方杰元. 生态养殖产业链发展模式探讨[J]. 中国农业科技导报,2004,6(1):49-53.
- [12]丁得亮,崔 晶,张 欣,等. 我国粳稻食味品质研究进展[J]. 江苏农业科学,2010(2):1-4.

放”,变废为宝,还解决了养殖场周边的环境污染问题<sup>[5-6]</sup>。本试验以香蕉为材料,进行该沼液配方肥的肥效试验,研究沼液配方肥对土壤理化性质、香蕉生长和产量的影响,为该沼液配方肥的深度研发和推广及海南省土壤性质的改良提供了研究基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验地概况 香蕉园位于海南省澄迈县,属于热带季风气候,澄迈县常年平均气温在 23.1~24.5℃之间,1 月平均气温为 17.3℃,极端最低气温为 1.1℃,7 月平均气温为 28.4℃,极端最高气温达 40.3℃。年平均降水量 1 750 mm,每年 5—10 月为雨季,最大日降水量为 500 mm,11 月至翌年

表 1 沼液原液和沼液配方肥养分含量

| 类别     | pH 值 | 氮含量(%) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含量(%) | K <sub>2</sub> O 含量(%) | 有机质含量(%) | 密度(g/mL) |
|--------|------|--------|-------------------------------------|------------------------|----------|----------|
| 糖蜜沼液   | 5.05 | 0.64   | 0.44                                | 2.2                    | 30.8     | 1.03     |
| 畜禽粪便沼液 | 7.9  | 1.61   | 0.29                                | 1.69                   | 14.8     | 1.02     |
| 沼液配方肥  | 8.1  | 5.64   | 6.35                                | 10.08                  | 14.89    | 1.22     |
| 检验方法依据 | [8]  | [9]    | [8]                                 | [10]                   | [11]     | [12]     |

1.2 方法

1.2.1 试验设计方案 设 5 个处理类型:以清水浇灌作为对照(处理 1)、施用糖蜜沼液(处理 2)、沼液原液(处理 3)、沼液配方肥(氮:磷:钾=2:1:2)(处理 4)、常规化肥(处理 5),分别对香蕉根部进行浇灌。每株浇灌肥料 80 g,每个处理 3 次重复,香蕉种植行距 2.3 m,株距 2.3 m。采取土砖法采集土壤,每个处理地随机取 3 个点,土壤深度为 30 cm。

1.2.2 测定项目及方法 每个处理随机采集香蕉倒数第 3 张叶片进行香蕉长势状况调查。果实生长参数测量取样方法为在第 3 梳蕉中随机取 3 条进行测量。香蕉抽蕾期,天气晴朗的 09:30—11:30 期间用 LI-6400 型光合作用测定仪测定香蕉叶片光合速率,用丙酮提取比色法<sup>[13]</sup>测定香蕉叶片叶绿素含量(鲜质量)。对采样土壤进行有机质含量、pH 值、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量的测定。用 Mettler Toledo MP120 pH 计测定土壤 pH 值,土壤有机质含量用重铬酸钾容量法<sup>[14]</sup>测定,土壤速效钾含量采用原子吸收分光光度计法<sup>[14]</sup>测定,土壤有效磷含量利用碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法<sup>[14]</sup>测定,土壤解碱氮含量采用碱解扩散法<sup>[14]</sup>测定。

1.2.3 试验处理方法 分别采用 Office 2007 软件和 SAS 9.0 软件对数据进行统计分析。

表 2 不同处理香蕉园土壤养分含量

| 处理 | pH 值         | 有机质含量<br>(g/kg) | 有效养分含量(mg/kg) |              |               |
|----|--------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|
|    |              |                 | 有效磷           | 速效钾          | 碱解氮           |
| 1  | 4.47±0.11Dd  | 19.54±0.14Cc    | 26.62±0.75De  | 3.93±0.07Ee  | 67.54±2.66Dd  |
| 2  | 4.79±0.09Cc  | 24.67±0.46Aa    | 85.46±0.83Bb  | 11.12±0.21Bb | 83.12±1.01Cc  |
| 3  | 5.77±0.05ABa | 22.37±0.60Bb    | 82.45±0.23Cd  | 10.11±0.09Dd | 96.34±0.63Bb  |
| 4  | 5.87±0.03Aa  | 22.66±0.77Bb    | 93.86±0.87Aa  | 13.21±0.11Aa | 105.35±1.15Aa |
| 5  | 5.59±0.07Bb  | 21.87±0.23Bb    | 83.81±0.25BCc | 10.50±0.04Cc | 94.42±3.27Bb  |

注:用 Duncan’s 新复极差法进行多重比较,同列数据后不同大、小写字母分别代表在 0.01、0.05 水平上差异显著。表 3、表 4 同。

2.2 不同处理对香蕉果实生长和产量的影响

在香蕉的生长过程中,香蕉的果指长、果指围、每梳果指数都是重要的参数指标。从表 3 可以看出,处理 4 的果指长

4 月为旱季,年平均湿度为 84%。

1.1.2 供试作物 本试验供试作物为香蕉,品种为巴西蕉,约在 20 世纪 90 年代由外资企业从巴西引入。

1.1.3 供试肥料与制备原则 糖蜜沼液来源于临高龙津糖业有限公司,该糖厂以甘蔗为主要原材料生产白糖,将产糖剩余残渣继续发酵为糖蜜沼液。常规化肥为当地商店购买的复合肥。畜禽粪便沼液是将动物有机液体沼液和花生饼等有机物与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,在畜禽粪便沼液中配入适量的化学元素肥料,集多种肥料性质研发而成,是全营养、全水溶、无公害的优质肥,沼液原液和沼液配方肥养分含量见表 1。因为香蕉是典型的喜钾作物,需氮量较大,需磷量很少,因此配制沼液配方肥时氮、磷、钾的比例分别为 12%、6%、12%<sup>[7]</sup>。

2 结果与分析

2.1 不同处理对香蕉园土壤养分的影响

由表 2 可以看出,处理 4 的 pH 值、有效磷含量、速效钾含量、碱解氮含量都明显高于其他 4 个处理,其中有效磷、速效钾、碱解氮含量与其他 4 个处理相比都有极显著差异,pH 值、有机质、有效磷、速效钾、碱解氮含量分别比处理 1 提高了 31.32%、16.00%、252.59%、236.13%、55.98%。施用常规化肥后,土壤养分含量也有提高,但提高程度明显低于施用沼液配方肥。处理 4 相比于处理 5,pH 值提高了 5.01%,有机质含量提高了 3.61%,速效磷含量提高了 12.00%,速效钾含量提高了 25.81%,碱解氮含量提高了 11.58%,每项指标均有或多或少的提高,可见施用沼液配方肥(处理 4)对土壤养分含量的提高优于施用常规化肥(处理 5)。香蕉生长适宜土壤 pH 值为 6.0~6.5,其中处理 4 的 pH 值为 5.87,最接近该区间。土壤有机质含量最高的为处理 2,其原因可能是处理 2 所施用的糖蜜发酵沼液中机质含量较高,影响了香蕉园土壤的有机质含量。施用沼液配方肥,明显提高了土壤养分含量,增加了土壤肥力,为香蕉生长提供了有利保障。

和果指围明显高于其他处理,每梳果指数也略多于其他处理。处理 4 的果指长、果指围、每梳果指数分别比处理 1 增长了 14.22%、26.54%、9.41%。经方差分析,处理 4 的果指长与

处理 3 差异不显著,但与其他处理均差异极显著;处理 4 的果指围与其他 4 个处理都差异显著;每梳果指数与处理 1 呈差异极显著性,但是与其他处理无差异显著性。处理 4 比处理 5 果指长增长 5.59%、果指围增粗 11.01%、每梳果指数增加 3.21%。香蕉单株产量由高到低依次为处理 4 > 处理 3 > 处

理 5 > 处理 2 > 处理 1。处理 4 的单株产量与其他各处理的单株产量差异极显著,比处理 1 提高了 12.91%;处理 4 的单株产量与处理 5 相比,两者之间有极显著差异性,提高了 4%。由此可见,施用沼液配方肥(处理 4)比施用常规化肥(处理 5)更有利于香蕉果实的生长和产量的提高。

表 3 不同处理对香蕉果实生长和产量的影响

| 处理 | 果指长 (cm)         | 果指围 (cm)        | 每梳果指数 (个)      | 单株产量 (kg/株)     |
|----|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1  | 17.86 ± 0.46Cc   | 9.72 ± 0.31Dd   | 15.30 ± 0.45Bb | 25.72 ± 0.36Cd  |
| 2  | 19.32 ± 0.37Bb   | 11.24 ± 0.30BCc | 16.22 ± 0.54Aa | 27.68 ± 0.38Bbc |
| 3  | 19.86 ± 0.36ABab | 11.74 ± 0.31ABb | 16.32 ± 0.43Aa | 28.12 ± 0.35Bb  |
| 4  | 20.40 ± 0.34Aa   | 12.30 ± 0.23Aa  | 16.74 ± 0.31Aa | 29.04 ± 0.36Aa  |
| 5  | 19.32 ± 0.70Bb   | 11.08 ± 0.41Cc  | 16.22 ± 0.24Aa | 27.90 ± 0.51Bc  |

2.3 抽蕾期不同处理对香蕉生长势的影响

香蕉生长状况的好坏直接影响香蕉产量的高低和品质的优劣<sup>[15]</sup>。在抽蕾期对香蕉的生长势进行调查表明,处理 4 的香蕉株高、叶片长、叶片宽、假茎围都高于其他处理,与处理 1 相比株高增高 7.38%、叶片长增长 9.51%、叶片宽增宽 14.88%、假茎围增粗 13.80%,都达到了极显著差异水平

( $P < 0.01$ )(表 4)。其中处理 4 香蕉的假茎围与其他处理都有极显著差异,且不同处理之间都有显著差异性。处理 4 与处理 5 相比,除了香蕉株高无显著性差异外,其他 3 个指标都差异极显著,香蕉株高、假茎围、叶片长、叶片宽分别提高了 1.81%、8.72%、3.76%、7.17%。可见施用沼液配方肥有利于香蕉的生长,从而提高香蕉的产量和品质。

表 4 抽蕾期不同处理香蕉的生长势

| 处理 | 株高 (cm)          | 叶片长 (cm)         | 叶片宽 (cm)        | 假茎围 (cm)       |
|----|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 1  | 197.22 ± 9.03Bb  | 179.40 ± 5.21Cc  | 68.96 ± 1.72Cc  | 49.28 ± 0.82De |
| 2  | 208.46 ± 5.06ABa | 190.50 ± 3.21ABb | 75.52 ± 2.40ABb | 53.16 ± 0.71Bc |
| 3  | 209.50 ± 5.68Aa  | 195.78 ± 2.40ABa | 75.80 ± 2.82ABb | 54.46 ± 1.29Bb |
| 4  | 211.78 ± 4.50Aa  | 196.46 ± 2.83Aa  | 79.22 ± 0.61Aa  | 56.08 ± 0.60Aa |
| 5  | 208.02 ± 5.61ABa | 189.34 ± 3.63Bb  | 73.92 ± 2.19Bb  | 51.58 ± 0.79Cd |

2.4 不同处理对香蕉叶片叶绿素含量和净光合速率的影响

由图 1、图 2 可知,香蕉叶片叶绿素含量在 5 个处理中,处理 4 含量最高;净光合速率由高到低依次为处理 4 > 处理 5 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 1。方差分析结果表明,处理 4 叶绿素含量与其他各处理的差异均达到了显著水平;处理 4 净光合速率与处理 5 无显著差异性,相比于处理 1、处理 3 差异显著。处理 4 相比余处理 1,叶绿素含量提高了 12.60%,净光合速率提高了 40.94%。表明施用沼液配方肥,提高了叶片叶绿素含量、净光合速率,促使香蕉生物量提高,进一步影响了香蕉的生长和产量。

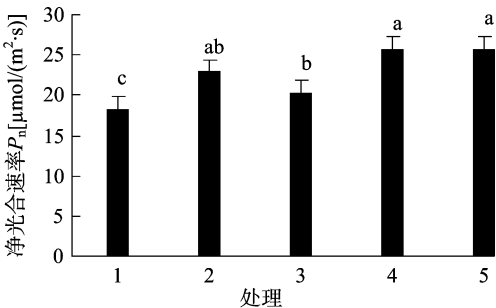


图 2 不同处理营养期叶片净光合速率

( $x_4$ , mg/kg)、pH 值( $x_5$ )为自变量,以香蕉单株产量( $y_1$ , kg/株)、抽蕾期假茎围( $y_2$ , cm)、果指长( $y_3$ , cm)、果指围( $y_4$ , cm)为因变量分别进行逐步回归分析,得到最优方程(表 5)。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;香蕉假茎围、果指长、果指围只与土壤有机质、碱解氮、速效钾含量有关。因为香蕉是典型的喜钾作物,且需氮量较大,而需磷量很少<sup>[7]</sup>,所以得出的最优多元线性方程都与土壤碱解氮、速效钾含量有关。该线性方程与刘恩科等研究所得方程<sup>[16]</sup>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  $\hat{y}_i$  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( $y_1$ )、抽蕾期假茎围( $y_2$ )、果指长( $y_3$ )、果指围( $y_4$ )平均相对误差分别为 15.89%、20.11%、21.32%、13.56%,都是在可接受范围之内,所以得出的方程是有效且可靠的。

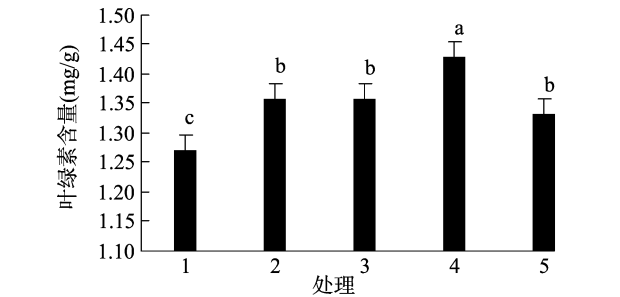


图 1 不同处理营养期叶片叶绿素含量

2.5 土壤养分与香蕉产量、假茎围、果指长、果指围的回归分析

为了探讨施用沼液配方肥后土壤养分与香蕉产量、假茎围、果指长、果指围的关系,以土壤有机质含量( $x_1$ , g/kg)、碱解氮含量( $x_2$ , mg/kg)、有效磷含量( $x_3$ , mg/kg)、速效钾含量

表 5 土壤养分与香蕉产量、假茎围、果指长和果指围最优回归方程

| 香蕉指标   | 回归方程  |
|--------|---|
| 单株产量   | $y_1 = 18.39968 + 0.34848x_1 + 0.24978x_2 - 0.04817x_3 + 2.134289x_4 - 2.488882x_5$ |
| 抽蕾期假茎围 | $y_2 = 5.96187 + 1.12434x_1 + 0.2331x_2 + 1.254289x_4$                              |
| 果指长    | $y_3 = 7.04143 + 0.2619x_1 + 0.07048x_2 + 2.833239x_4$                              |
| 果指围    | $y_4 = -1.13298 + 0.025562x_1 + 0.07241x_2 + 2.236681x_4$                           |

3 结论与讨论

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,土壤有机质含量的高低是评价土壤肥力高低的一项重要指标。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慢慢分解,最终转变为土壤有机质,所以向土壤中施用沼液肥能够促进有机质分解,增加土壤有机质含量,长期施用能够显著提高土壤肥力<sup>[17-19]</sup>。氮、磷、钾元素是土壤中的常量元素,是表征土壤肥力的重要指标。本研究表明,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 值得到显著提高,该研究结果与蔡茂等的研究结果<sup>[20-21]</sup>有不同之处,其原因是沼液配方肥 pH 值偏高,自身呈碱性,不同于蔡茂等试验所用的酸性沼液<sup>[20-21]</sup>。土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量在施用沼液配方肥后,都有不同程度的提高,这研究结果与岑汤校等的研究结果<sup>[22-23]</sup>基本一致。其中,施用沼液配方肥处理的增长程度要优于施用糖蜜发酵沼液、畜禽粪便发酵沼液、常规化肥。因为沼液配方肥是在畜禽粪便沼液中配入适量的化学元素肥料,集多种肥料性质研发而成,它所含的有机质、氮磷钾养分高于沼液原液和常规化肥。因此,施用沼液配方肥能显著提高土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾含量,从而改善土壤养分平衡,增强土壤肥力。

施用沼液配方肥后,香蕉在抽蕾期的叶片长、叶片宽有一定的增长。在香蕉营养期间,叶片叶绿素含量、净光合速率都是施用沼液配方肥的处理最高。该研究结果与杨苞梅等的研究结果<sup>[24]</sup>相一致。因此得出,施用沼液配方肥能有效地促使香蕉叶片叶绿素含量的增加,提高叶片净光合速率,从而提高香蕉叶片的光合作用能力。在香蕉的生长过程中,香蕉的果指长、果指围、每梳果指数都是重要的参数指标。香蕉生长状况的好坏直接影响香蕉产量的高低和品质的优劣<sup>[15]</sup>。施用沼液配方肥后,香蕉的每项指标均有增长,香蕉的果指长增长 14.22%、果指围增加 26.54%、每梳果指数增加 9.41%、香蕉株高增高 7.38%、香蕉假茎围增粗 13.80%,从而使香蕉单株产量增加 12.91%。该研究结果与臧小平等的研究结果<sup>[15,25]</sup>基本一致。因所施用的沼液配方肥根据香蕉喜氮喜钾配制而成,所以施用沼液配方肥之后,对香蕉的生长和产量的影响明显优于施用其他肥料。土壤养分得到提高,香蕉更好地吸收土壤中的养分,从而使自身生长更加有利,提高产量。

施用沼液配方肥对土壤理化性质有明显的改良作用,提高香蕉株高、叶片长宽、果实长粗、产量等指标较为显著。目前,海南省土壤肥力下降、酸碱化严重,对作物施用沼液配方

肥不仅提高了作物产量,而且能提高土壤肥力、改善土壤酸碱度。本研究为沼液配方肥的深度研发和推广及海南省土壤性质的改良提供参考依据。

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,俞林三. 沼液沼渣的深加工与利用[C]//中国农村能源行业协会. 沼气发展战略和对策研讨会文集:2010 年卷. 北京,2010:141-149.

[4]樊小林,梁有良,王孝强,等. 香蕉营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,2007.

[5]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.

[6]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.

[7]方天翰. 复混肥料生产技术手册[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[8]有机肥料:NY 525—2012[S]. 北京:中国农业出版社,2012.

[9]土壤全氮测定法(半微量开氏法):NY/T 53—1987[S].

[10]肥料钾含量的测定:NY/T 2540—2014[S]. 北京:中国农业出版社,2014.

[11]水溶肥料有机质含量的测定:NY/T 1976—2010[S]. 北京:中国农业出版社,2010.

[12]液体肥料密度的测定:NY/T 887—2010[S]. 北京:中国农业出版社,2010.

[13]张宪政,陈凤玉,王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.

[14]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[15]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.

[16]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.

[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]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.

[19]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.

[20]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.

[21]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.

[22]岑汤校,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.

[23]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,2008,18(6):61-63.

[24]杨苞梅,李进权,姚丽贤,等. 钾钙镁营养对香蕉生长和叶片生理特性的影响[J]. 中国土壤与肥料,2010(1):29-32.

[25]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.