

高浓度复合肥在灌溉施肥中对香蕉生长及水肥利用的影响

臧小平^{1,2}, 韩丽娜^{1,2}, 马蔚红^{1,2}, 钟爽^{1,2}, 周兆禧^{1,2}, 刘永霞^{1,2}

(1. 中国热带农业科学院海口实验站, 海南海口 570102; 2. 海南省香蕉遗传改良重点实验室, 海南海口 570102)

摘要: 在海南香蕉主产区进行田间试验, 研究了高浓度复合肥(HCCF)对香蕉生长及水肥利用的影响。结果表明: 在等肥料成本前提下, HCCF处理香蕉比对照(传统施肥)表现出更好的生长势。单株产量 18.32 kg/株, 折合产量 39.0×10^3 kg/hm², 比对照增产 8.0%; 香蕉果指数比对照增加 8 个/株, 果指长、果指围分别比对照增加 11.8% 和 4.6%; 综合经济效益分析, 高浓度复合肥处理比对照纯收益增加; 高浓度复合肥在灌溉施肥中具有广阔的应用前景。

关键词: 灌溉施肥; 香蕉; 高浓度复合肥; 产量; 经济效益

中图分类号: S668.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)01-0078-03

Effect of high concentration compound fertilizer on banana growth and utilization efficiencies of water and nutrient under sprinkling fertigation

ZANG Xiaoping^{1,2}, HAN Lina^{1,2}, MA Weihong^{1,2}, ZHONG Shuang^{1,2}, ZHOU Zhaoxi^{1,2}, LIU Yongxia^{1,2}

(1. Haikou Experiment Station, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou 570102, China;

2. Hainan Provincial Key Laboratory of Banana Genetic Improvement, Haikou 570102, China)

Abstract: In order to select the appropriate high concentration compound fertilizer (HCCF) under sprinkling fertigation, a field experiment was carried out in Hainan to investigate the effects of HCCF on banana growth and yield, and cost analysis was estimated thereafter. The results showed that HCCF increased banana yields over traditional fertilizer management (as CK) by 8% on the basis of equal fertilizer cost, since it enhanced the finger number, finger length and finger girth efficiently, the benefit of HCCF is also higher. In summary, that fertilized banana with HCCF is economical and HCCF has broad application perspective for banana water and nutrients management under sprinkling fertigation.

Key words: fertigation; banana; high concentration compound fertilizer; yield; economic benefit

灌溉施肥是利用微滴灌系统,在灌水的同时,根据作物生长不同阶段对养分的需求和气候等条件,准确地将肥料补加和均匀地施在根系或叶面附近,供植物直接吸收利用。灌溉施肥是定量供给作物水分和养分及维持适宜水分和养分浓度的有效方法^[1]。香蕉是大水大肥作物^[2],传统种植一年内要施肥多次,灌溉也非常频繁。随着集约化香蕉生产发展,近年施肥技术(Fertilization)和灌溉技术(Irrigation)相结合的水肥一体化技术在香蕉上的推广面积增加很快,目前生产上普遍采用的就是喷水带灌溉。与人工浇灌相比,灌水均匀度高,同时可以实现水肥同步供给,水肥利用效率提高,经济效益显著^[3]。喷水带灌溉对肥料的要求是:由于微喷灌系统喷头的出水口直径仅有 1mm,要求提供液肥或速

溶性肥料^[4]。我国主要复合肥料品种由于受原料和生产工艺限制不具备全水溶特性,而液体肥的应用也处于起步阶段。由于肥料研发的滞后及全水溶性肥料价格高昂,尿素、氧化钾、硫酸钾等仍然是灌溉施肥中使用最多的肥料。但由于施肥方案较为复杂,生产上难于掌握,实施起来较为费工费时。因此,选择适于微喷灌的水溶性较好的 NPK 复合肥料是一个相对有效的解决办法,因而成为当前蕉农日益关注的焦点问题之一。本文旨在探索高浓度复合肥在集约化香蕉种植模式下的应用效果,为香蕉科学合理施肥提供技术支持。

1 材料与方法

试验于 2011 年 7 月至 2012 年 8 月在海南省东

收稿日期:2012-10-18; 修回日期:2012-10-26

基金项目:2010 年农业部热作标准化生产示范园:海南东方东河镇香蕉标准化生产示范园项目(10RZNJ-39)

作者简介:臧小平(1969-),男,湖南益阳人,副研究员,主要从事热带作物营养及施肥技术方面的研究。

通讯作者:马蔚红(1968-),女,云南昭通人,副研究员,主要从事热带果树栽培研究。

方市东河镇金香林公司香蕉基地进行。供试土壤为花岗岩发育的砖红壤土,质地砂粘土。土壤基本性状为:有机质 14.4 g/kg,全氮 0.82 g/kg,全磷 0.34 g/kg,全钾 4.48 g/kg,碱解氮 50.45 mg/kg,有效磷 51.96 mg/kg,速效钾 146.72 mg/kg,交换性钙 1.96 cmol/kg,交换性镁 0.62 cmol/kg,pH 6.0。供试香蕉品种为巴西(Musa AAA Cavendish cv. Baxi)。矩形宽窄行种植模式,株距 2.0 m,宽行行距 3.0 m,窄行行距 1.70 m。香蕉种植面积约 0.3 hm²,于 2011 年 7 月 12 日定植,2012 年 7-8 月收获。

试验设置 2 个施肥处理:对照(CK)和高浓度复合肥(HCCF)。高浓度复合肥选用山西天脊煤化工集团有限公司生产的“天脊”牌复合肥料。两处理肥料成本相等,均为 7.3 元/株。以单株香蕉作重复,每处理随机选取 6 株为固定调查株。香蕉每株用肥量为:CK:尿素 500 g,分 11 次施入;氯化钾 1 320 g,分 9 次施入;硫酸镁 330 g,分 5 次施入;HCCF:生长前期用高氮复合肥 420 g,分 4 次施入,中后期用高钾复合肥 1 200 g,分 7 次施入。另外每处理施生物有机肥 3 kg(有机质 34.4%,NPK 含量 5.5%),定植时作为基肥一次施下。考虑到连作蕉园土壤速效磷逐年积累,含量较高,试验中 CK 不再补平磷,HCCF 也选用含 P 相对较低产品。试验用肥料氮肥为尿素(46-0-0)、钾肥为白色氯化钾(0-0-60)。HCCF 分别为高氮复合肥(N-P₂O₅-K₂O:22-9-9,不溶物:15.07%)和高钾复合肥(N-P₂O₅-K₂O:16-6-20,不溶物:12.16%)。所有处理中除生物有机肥土施外,其余 N、K、Mg 及 HCCF 均随灌溉系统进行施肥。HCCF 施肥方法:准备一个大桶,倒入复合肥,加水溶解,不断搅拌,静置 15 min,将上清液倒入肥料池,重复上述过程 3 次。病虫害及其它管理:按香蕉种植常规方法进行。

灌溉系统由过滤系统、管道系统、施肥系统组成。水泵规格为功率 7.5 kW,扬程 22 m,流量为 70 m³/h。过滤系统采用西班牙阿速德 3 寸 120 目叠片式过滤器,施肥采用泵吸肥法,即利用离心泵吸水管内形成的负压将溶肥池中已溶解的肥料溶液吸入系统,通过过滤器过滤,进入主管道并被清水稀释,流向田间支管灌溉施肥。管道系统由干管(直径 63 mm)、支管(直径 32 mm)以及喷水带组成,喷水带流量为 30 L/(h·m)。试验所需的灌溉施肥设备如水泵、过滤器、水表、PVC 管材、喷水带及相关配件等均为市售产品。

试验开始时测定试验地土壤养分本底值。在香蕉生长过程中完整记录各处理每次灌水量、施肥量及用工情况等。在香蕉抽蕾期,测量株高(从地面至顶部两

叶叶柄交叉点的距离)、茎围(近地面处的假茎周长)、青叶数、倒 3 叶叶长、叶宽;现蕾后记录抽蕾期(种植至现蕾时间)和统计小区抽蕾率。在香蕉生长期选取倒 3 叶用 KONICA MINOLTA 叶绿素仪(SPAD-502 plus)进行叶绿素含量测定。香蕉收获时,调查香蕉的产量、分别测量香蕉各梳果指数。土壤各项理化指标测定用常规方法分析。所有试验数据统计分析、作图采用 Microsoft Office Excel 2003 及 SPSS16 软件。

2 结果与分析

2.1 HCCF 对香蕉生长势的影响

香蕉生长状况的好坏将直接影响到香蕉产量的高低和品质的优劣。在抽蕾期对香蕉生长势的调查结果(表 1)表明,除叶片长度外,HCCF 处理的香蕉株高、假茎围、青叶数、叶宽均高于 CK。氮是影响香蕉株高最大的元素^[5],而围茎反映香蕉对钾的吸收效率^[6],在一定土壤供钾能力下,钾氮比对香蕉生长影响更大^[7]。在生长前期(植后 3 个月),HCCF 处理钾氮比(K₂O/N)为 0.92,而对照为 2.43,在氮钾施肥量均为对照占优的前提下,显然 HCCF 处理植株更好地吸收利用 N、K,促进香蕉营养生长,而更多的青叶数也为后期香蕉发育打下了较好的基础。

表 1 HCCF 对抽蕾期香蕉长势的影响 cm

处理	株高	假茎围	青叶数	叶长	叶宽
CK	262.5	75.5	8.0	262.5	88.0
HCCF	273.2	78.3	9.3	256.3	88.3

叶片是香蕉氮素营养状况最灵敏的指示器官,通过测定 SPAD 值可以了解香蕉植株的氮素营养状况,也为植株生长状况提供参考。一般情况下,作物追施氮肥后 3~5 d 就可以用 SPAD-502 叶绿素计测出叶片“绿色度”的变化。在香蕉生长期各处理 SPAD 值的测定结果表明(表 2),各处理 SPAD 值随着香蕉的生长均呈现上升趋势。从定植后 5~8 个月,HCCF 处理 SPAD 值均高于 CK;这表明,在喷水带灌溉施肥条件下,通过施用高浓度复合肥,有效地促进了植株生长。就 HCCF 与 CK 处理间增长幅度比较,以定植后 5-7 月增长幅度较大,至定植后 8 个月时,两处理间 SPAD 值变化差异为最小,植株开始进入发育期。

表 2 HCCF 对香蕉叶片 SPAD 值的影响

处理	2011-12-18	2012-01-19	2012-02-22	2012-03-25
CK	47.2	49.5	56.9	63.7
HCCF	49.3	55.4	59.8	65.3

2.2 HCCF 对香蕉果实生长及产量的影响

在香蕉生产中,香蕉果指长、果指围及果指数是构成香蕉产量的重要参数。从表 3 数据可以看出,试验中 HCCF 处理果指长、果指围与对照比较,分别增加 11.8% 和 4.6%。香蕉各梳果指比对照多 1~2 个,果指数总数比对照增加 8 个/株,果指数平均增加 8.4%(表 3)。香蕉果指数早在花芽分化时就已确定,而花芽分化及成花数与钾营养及钾氮比有关^[9-10]。HCCF 处理植株更好地表现出水肥利用效能,从而促进香蕉生长,并有助于花芽分化进行。

表 3 HCCF 对香蕉果实生长的影响 cm, (个果指/梳)

处理	果指长	果指围	不同梳位果指数						
			1	2	3	4	5	6	7
CK	20.27	12.43	21	20	19	19	18	17	16
HCCF	22.67	13.00	23	22	20	20	19	18	16

从香蕉产量的统计结果来看(表 4),HCCF 处理香蕉单株产量 18.32 kg/株(不含果轴),折合产量 39.0×10^3 kg/hm²,增产 8.0%。可以看出,HCCF 处理中香蕉产量的增加源于果指数增加。

2.3 经济效益分析

就生产成本而言,与常规灌溉施肥处理相比,喷水带灌溉处理是一种更为节约的方式^[8]。从表 5、表 6 数据看,就生产成本而言,与 CK 处理相比,HCCF

处理生产成本略低,其中的节约成本主要来自人工部分的支出,相对于对照 25 次的施肥管理,HCCF 仅为 11 次。产投比是影响肥料推广使用的又一决定因素,它主要受肥料和香蕉价格影响。试验中 HCCF 处理和对照肥料成本均为 7.3 元/株,肥料投入在海南香蕉种植区属中等投入水平。在产值方面,受 2011 年 9 月底-10 月初“纳沙”、“尼格”两场台风对试验香蕉的前期生长产生一定影响,致产量有所下降,2 个处理的香蕉产量均维持在中等偏低的水平。其中以 CK 处理所获利润最低,每公顷净亏损 2 443 元。HCCF 处理所获利润与 CK 比较,经济效益也因产量的增加及生产成本的减少而明显增加,净增量为 5180 元/hm²。因受 2012 年整体香蕉市场价格低迷影响,试验地香蕉产出也偏低,从而导致纯收益下降。整体而言,与 CK 相比较,HCCF 处理在小幅度减少生产成本的基础上,产量出现了较大幅度的上升。因此,在充分发挥设施功能的前提下,合理选择适于香蕉生长的肥料组合,真正实现水肥一体化高效耦合作用,就能获得更高的纯收益,从而提高经济效益。

表 4 HCCF 对香蕉产量的影响 kg/株, t/hm², %

处理	单株产量	产量	比 CK 增产
CK	16.97	36.10	
HCCF	18.32	39.00	8.00

表 5 不同处理的香蕉生产成本

元/hm²

处理	灌溉设备	肥料	人工	农药	电费	地租	种苗	其它(基础建设分摊等)	合计	比 CK 增加
CK	1680	15549	9052	6396	2870	11250	2556	10650	60203	
HCCF	1680	15549	8512	6396	2870	11250	2556	10650	59663	-540

注:表内为 2012 年当时市场价。普通尿素 2 800 元/t,氯化钾 3 700 元/t,硫酸镁 1 300 元/t,生物有机肥 1 500 元/t,人工 60 元/(d·人)。

表 6 HCCF 对香蕉种植经济效益的影响 元/hm²

处理	产出	成本	纯收益	比 CK 增收
CK	57760	60203	-2443	
HCCF	62400	59663	2737	5180

注:表内以 2012 年当时市场价计,香蕉按收购价 1.6 元/kg 计。

3 结 语

作物的生长特性决定了在肥料管理上必须采用精确施肥,即将肥料按作物阶段营养的需求规律,适时适量地供应给作物。如果养分供应不平衡,就将影响作物产量和品质。从本试验结果可以看出,在喷水带灌溉施肥条件下,在香蕉生长前期(植后 3 个月)适当降低钾氮比,施用高氮型复合肥;在生长中后期再提高钾氮比,施用高钾型复合肥,能更利于

香蕉的生长发育。

本试验在肥料成本相等的前提下,HCCF 处理取得了较好的增产效果和经济效益。由于受 2012 年整体香蕉市场价格低迷影响,香蕉产出相对较低。随着香蕉价格的回升,HCCF 模式将因产量更高而提升产出,从而获得更好的纯收益。

由于肥料研发的滞后及全水溶性肥料价格昂贵,目前生产上应用于灌溉施肥系统中最多的依然是各种单质肥料。但施肥方案复杂、配方盲目、操作繁琐等成为蕉农生产上难于掌握的突出问题。本文田间验证了高浓度复合肥料在灌溉施肥中大大减少了施肥次数,同时,香蕉产量出现较大幅度的提高。在此基础上,可进一步考虑高浓度复合肥料在滴灌

(下转第 83 页)

化效果比较理想。稠油废水中的 pH 值是判断结垢与腐蚀的重要因素之一。水样检测表明其 pH 值波动不大,都稳定在 4~8 的范围内。而传统的除硅后经过深度软化后的废水运行 3 个月后,出水的硬度都在 40 ppb 左右。可见,中试试验去除硬度的效果要好。表 2 为中试试验部分水质检测指标情况。

表 2 中试试验部分水质检测指标情况 $\text{m}^3, \text{mg/L}, \text{ppb}$

日期	运行 时间	单日 过水 量	pH 值		DO		钙镁离子总和以 Ca 计		
			外输水 箱出口	锅炉 进口	锅炉 进口	外输水 箱出口	进口	进口	进口
2012-09-01	1	198	6.88	7.21	0.91	bdl	bdl	bdl	
2012-09-02	2	158	6.97	7.20	2.08	bdl	bdl	9.6	
2012-09-03	3	158	6.99	6.93	2.01	6.0	bdl	bdl	
2012-09-04	4	16	6.85	6.97	2.11	bdl	bdl	bdl	
2012-09-05	5	189	6.93	7.07	2.15	bdl	bdl	8.9	
2012-09-06	6	205	6.67	7.17	1.98	bdl	bdl	bdl	
2012-09-07	7	192	7.03	7.14	1.10	bdl	8.3	bdl	
2012-09-08	8	197	7.11	7.00	1.05	bdl	bdl	bdl	
2012-09-09	9	218	7.24	6.98	0.96	bdl	bdl	bdl	
2012-09-10	10	184	6.97	7.21	1.00	bdl	bdl	bdl	

表 2 中 bdl 为结果未检出,由表 2 可见试验运行比较稳定,钙镁离子的去除效果显著。

3 结 语

本实验针对在除硅工艺中的存在的问题进行了改进,通过小试试验进行研究,得出了两种新型的树脂,新型大孔弱酸树脂和新型的螯合树脂,并将其应用到稠油废水深度软化的中试试验中,试验表明,此方案大大降低了钙镁离子,对防止锅炉的结垢现象取得了很好的效果。从运行成本上看,与常规的除

(上接第 80 页)

施肥系统中的应用:设计自动搅肥系统(即建立一带搅拌机的施肥池)+三级过滤系统。可以预期,在水肥利用效能更为理想的滴灌设施载体条件下,高浓度复合肥料取得更为理想的应用效果。在节水灌溉施肥中针对性推广水溶性较好的高浓度复合肥料,是解决当前香蕉施肥操作复杂、肥料配比不科学、肥料利用率不高、产业效益不佳的有效途径。

参考文献:

- [1] Neilsen D, Parchomchuk P, Nelsen G H, et al. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1998, 123(4): 706-713.
- [2] 谭宏伟. 香蕉施肥管理[M]. 北京:中国农业出版社,

硅工艺比较,本工艺成本节约了 40% 以上,既解决了稠油废水难处理的问题又带来了很好的社会效益和经济效益,因此,高含硅稠油废水深度软化中试试验具有重要的研究价值,可以推广到其它油田稠油废水的处理中。

参考文献:

- [1] 张伟,王景峰,李官贤,等. 辽河油田稠油废水生物治理初步研究[J]. 工业水处理, 2004, 24(3): 37-39.
- [2] 雷乐成,陈琳,何锋. 油田稠油废水处理新工艺[J]. 中国给水排水, 2002, 18(11): 69-70.
- [3] 雷乐成,陈琳. 油田稠油污水深度处理回用热采锅炉的软化处理技术[J]. 离子交换与吸附, 2002, 18(4): 355-360.
- [4] 张艳芳. 油田深度处理污水硬度的分析方法优选及改进[J]. 精细石油化工进展, 2008, 9(10): 53-54.
- [5] 王洪,李海波. 稠油废水预处理工艺[J]. 环境工程, 2007, 25(6): 26-27.
- [6] 王鑫,郭书海,李凤梅,等. 稠油废水生物处理主要影响因素分析[J]. 环境科学研究, 2006, 19(4): 42-46.
- [7] 李金林,于鹭. 稠油废水回用热采锅炉供水工艺与工程实践[J]. 工业水处理, 2006, 26(5): 87-90.
- [8] 裘湛,黄翔峰,闻岳,等. 稠油废水回用热采锅炉除硅试验研究[J]. 环境工程, 2005, 23(4): 83-88.
- [9] 闻岳,章非娟,余志荣. 稠油废水处理再生后回用于热采锅炉的研究[J]. 工业给排水, 2004, 30(1): 43-45.
- [10] 孙绳昆,宋英男. 稠油废水处理回用于热采锅炉用水[J]. 中国给水排水, 2000, 16(10): 52-54.
- [11] 王鸽,边田镇,孙万里. 超稠油污水深度处理工艺技术[J]. 油气田环境保护, 2009, 19(S1): 32-38.
- [12] 2010.
- [13] 洗昌清,王振兴,刘丽艳,等. 海南省香蕉微喷灌技术示范研究[J]. 中国农村水利水电, 2003(12): 61-62.
- [14] 穆荣哲,汤建伟,张宝林. 全水溶性高浓度 NPK 复合肥料的工艺研究[J]. 化工矿物与加工, 2006(1): 16-17.
- [15] 庄伊美. 香蕉营养与施肥[J]. 福建果树, 1990(1): 36-43.
- [16] 符春涛. 钾肥对香蕉的效应[J]. 海南农业科技, 1998(4): 9-12.
- [17] 姚丽贤,周修冲,蔡永发. 香蕉适宜氮、钾肥施用比例研究[J]. 广东农业科学, 2004(1): 35-36.
- [18] 邓兰生,颜自能,龚林,等. 滴灌与喷水带灌溉对香蕉生长及水肥利用的影响[J]. 节水灌溉, 2010(8): 45-48.
- [19] 潘瑞炽. 植物生理学(第五版)[M]. 广州:高等教育出版社, 2004.
- [10] 朱治强. 香蕉植株的养分吸收积累与花芽分化的关系研究[D]. 儋州:华南热带农业大学. 2003.