

Effects of Novel Slow Release Fertilizer on Banana Foliar Nutrients, Photosynthetic Rate, Chlorophyll Content, Yield and Fruit Quality

Chang Chai Ng^{1*}, Sz-Jie Wu^{2*}, Muhammad Asyraf Abdul Aziz¹, Yu Wea Tan^{1#}

¹Greenfeed Agro Sdn Bhd, Kuala Lumpur

²Department of Horticulture, National Taiwan University, Taipei Taiwan

Email: #ccng@greenfeed.com.my

Received: May 20th, 2016; accepted: Jun. 10th, 2016; published: Jun. 13th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Banana is global important cash crop; in recent years, soil-borne diseases and climate problems have caused its serious reduction in production especially in southern China. This paper described the application of a novel slow release fertilizer and its effects on banana growth and production. The paper studied banana foliar nutrients, photosynthetic rate, chlorophyll content, and yield performance. The results indicated that foliar content of macro-elements nitrogen, phosphate, potassium in Greenfeed[®] group was 12.5%, 10% and 34.8%, respectively, higher than the conventional compound fertilizers. Photosynthesis rate was found 10.5% - 32% higher and chlorophyll content was measured 9.5% - 10% higher than compound fertilizer treatment. Most importantly, the yield on weight of banana was concluded to be 14% - 20% higher than conventional treatment. Quality analysis on the harvested banana did not display much difference on the performance on total soluble solid, total sugar, and noticeably, soluble protein and edible percentage were found higher in Greenfeed[®] treatment group. This novel slow release fertilizer is labor-saving and cost saving; its performances on banana quality were also found better than conventional fertilizer. This novel fertilizer is powered by zeolite, a component with beneficial effects on soil improvement, bringing up the Cations Exchange Capacity (CEC) and utility rate of fertilizers. This novel slow release fertilizer is worth to be further promoted in tropical and subtropical region in China.

*第一作者。

#通讯作者。

Keywords

Novel Slow Release Fertilizer, Banana, Foliar Nutrients, Yield Increase

新型缓释肥料对香蕉叶片营养、光合速率、叶绿素含量、产量和果实质量的效益

吴展才^{1*}, 吴思节^{2*}, Muhammad Asyraf Abdul Aziz¹, 陈宥维^{1#}

¹绿丰农业私人有限公司, 吉隆坡

²台湾大学园艺学系, 台湾 台北

Email: #ccng@greenfeed.com.my

收稿日期: 2016年5月20日; 录用日期: 2016年6月10日; 发布日期: 2016年6月13日

摘要

香蕉为全球重要的经济果树, 近年来因为香蕉土壤性疾病和气候因素, 尤其在中国南方造成减产损失问题严重。本研究探讨新型的缓释肥料在香蕉的生长和产量表现。研究针对香蕉的营养需求制订特别配方, 测试其在香蕉叶片营养、光合速率和产量上的表现。研究结果表明, 在叶片的营养测时, 氮、磷、钾等元素分别较传统化肥的含量高出12.5%, 10%和34.8%。其光合速率比起传统化肥高出10.5%~32%。叶绿素含量方面也有所提升9.5%~10%, 产量方面, 较传统复合肥高出14%~20%。果实质量分析结果在可溶性固形物(%), 总糖量(%)方面无特别差异。可溶性蛋白质和可食率的表现优于传统化肥。使用此缓释肥不仅带来节约人力和施肥的成本, 质量表现上亦比传统化肥有更大的优势。本试验使用第三代以沸石调控缓释效能之缓释肥料, 不但可达成以上效益, 其组成成份沸石也是最佳的土壤改良剂, 对提升土壤阳离子交换能力和肥料的利用率, 和造就本研究有至关重要角色。值得在中国热带和亚热带区域进一步推广使用。

关键词

新型缓释肥, 香蕉, 叶片营养, 增产

1. 引言

香蕉为世界上四大水果之一, 也是为热带和亚热带区域重要的经济果树, 主要的栽培区域, 以赤道南、北纬 30 度, 为世界的“香蕉带”(banana belt) [1]。全球 2015 年的总产量为 7140 万吨, 主要产区是在印度、厄瓜多尔、菲律宾、中国、巴西、印度尼西亚等[2]。

中国 2015 年香蕉总产量为 1000 万吨, 总栽培面积为 500 万亩, 主要的产区为广西 170 万亩、云南 160 万亩、广东 100 万亩和海南 50 万亩等。香蕉在肥料的需要量很大, 每株香蕉投入在 12~20 元不等[3], 降低成本、提高产量、增加收入对农民是因应之道。中国产区的香蕉在 2014~2015 年间遭受了大幅的变化。主要原因是 2014 年因广东、广西和海南主产区受台风影响, 故香蕉收购价格飙升一倍, 从每斤 2 元到 4 元。但也因此, 两广的蕉农大肆扩种达 2 万公顷, 香蕉产量大丰收景象, 使得市场供大于求, 因而直接导致了香蕉价格大幅滑落至每斤 0.6 元[4]。而在菲律宾, 2014 年的香蕉产量达 888 万吨[5], 但 2015

年严重的厄尔尼诺现象对香蕉产量造成巨大影响,全国有达到 8400 公顷的香蕉种植地遭遇旱灾面颗粒无收[5]。2016 年 4 月厄瓜多尔遭受世纪强震,也势必对该国农业生产带来极大变量。

基于上述由风灾、旱灾等天然因素,或因产期调节失能导致的谷贱伤农之局面,如何选择高性价比,达到节省人工和成本,并对土壤有长远好处的农业资材,为重要的课题。本试验所使用的缓释肥料,为第三代缓释肥料,有别于常见包衣型的剂型,以沸石材料为调控缓释机理,增加土壤阳离子交换效能,可完全分解,无任何化学包衣材料残存,为新型态的沸石吸附型缓释肥料,应用在果树作物上,同时具有提高产量、节约成本、节省人工等效果。

2. 材料与方法

2.1. 供试地点

本试验在马来西亚的半岛的柔佛州的北部、南部,和东马的砂劳越州民都鲁市(Bintulu)农场和实验田区进行。供试的品种为卡文迪什(Cavendish)、马斯(Mas)。栽培密度(株/公顷)为柔北 1100 株/公顷,柔南区 800 株/公顷。砂州实验每 40 株/小区。每地点每种肥料处理各取 10 株为代表测量搜集数据。

2.2. 肥料处理

绿丰®肥料的外观为单粒平均 16 公克橄榄球形状,使用的处理(GF)配方为 12:16:6:2 + TE(开花前)和 12:12:17:2 + TE,用量为每半年使用一次。平均撰 2~3 处于树冠最外缘正下方土壤埋入 15~20 公分。幼苗定植后第一次使用 160 公克(约 10 粒),第 6、12、18 和 24 个月时每次使用约 352 公克(约 22 粒)。使用后不再施其他任何肥料。每株平均总用量为 1.22 公斤。一般复合肥料处理(CF)配方为 15:15:15,每三个月使用一次,作表面撒施,每次每株 1.2 公斤。平均下来每株复合肥总用量为 8 公斤。

2.3. 测定项目

本试验测定香蕉的生理表现、叶片营养和采收产量,以评估肥料的表现。

2.3.1. 叶片叶绿素含量

使用叶绿素测定仪(SPAD 502 Minolta Chlorophyll Meter)量测。

2.3.2. 光合速率

使用 LICOR 6400 Portable Photosynthesis System,测定的叶片龄为 6、12、18 和 24 个月,测定的部位如图 1 所示。

2.3.3. 叶片营养分析

于第 10 个月时测定其大量元素氮、磷、钾、镁、硼元素。氮素使用燃烧法(combustion method),仪器为 Elemental analyzer (Elementar, 德国);磷、钾、镁使用原子吸收亮度计(Atomic Absorption Spectrometer, PE AA400)配合 UV-Vis 分光亮度计(PE Lambda 45)。

2.3.4. 产量

比较母株和吸芽株的结果采收的重量。

2.3.5. 果品质量分析

(1) 果实可溶性固形物测定:以手持曲折式糖度计(Hand Hold Brix Refractometer)测定。

(2) 果实总糖量测定:以酚-硫酸法测定。以不同葡萄糖为标准品和浓硫酸(95%~98%)反应制作检量线,以检量线求得样品粗多醣含量(mg/ml)。

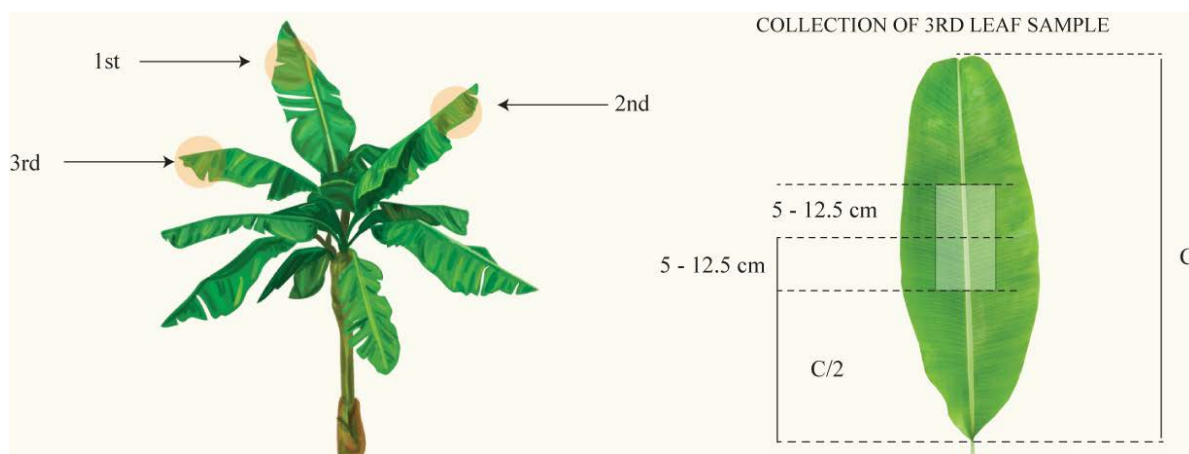


Figure 1. Foliar test on banana leaf

图 1. 叶片营养分析测定的部位

(3) 果实可溶性蛋白质测定：以考马西蓝(Commassie Brilliant Blue)法测定。反应物以分光光度计测定 595 nm 下反应物之吸光值得求。

(4) 可食率：果、皮分别称重后，可食肉部份以百分比表示。

3. 结果

3.1. 柔佛州北部

本区域栽培的品系为卡文迪什(Cavendish)。使用绿丰®缓释肥的处理，光合速率较复合肥高(图 2)，平均每个时期的测定值，均较复合肥者高出约 32%。叶绿素表现方面，使用测定仪量测的结果也表明绿丰®肥料的表现较优(图 3)，平均高出百分之 10.7%。测定植株的营养状况，在氮、磷、钾、镁、硼的元素分析测得的值(表 1)分别较复合肥组高出 12.5%，10%，34.8%，12.1%和 16.8%。以上的数据也明确的反应在产量上(表 2)，绿丰®处理产量可达到 45 公吨/公顷，而复合肥组别则为 37.4 公吨/公顷。前者比后者的增幅可达 20.6%

3.2. 柔佛州南部

本区域测试的品种为 Mas，本品系为煮食蕉，多用以加工、烹饪等。本区域测试的面积约为 1 公顷，绿丰®和复合肥各 0.5 公顷。本区域叶片营养分析比较如表 3 所示，五种元素的含量均较复合肥高。在产量方面(表 4)，依此调查的结果，可得知使用绿丰®处理者，Mas 栽培种的产量每公顷产量可达 20.9 公吨，而使用一般复合肥者仅有 17.3 公吨，足足较本新型肥料少了 20%的产量。

3.3. 砂劳越民都鲁

本区域栽培的品系为卡文迪什(Cavendish)。本区另的栽培行株距为 3 米 × 3 米。调查结果为使用绿丰®处理的光合速率较复合肥高(图 4)约平均 10.5%。叶绿素含量的调查结果(图 5)也显示约 9.5%高于复合肥。光合速率的平均增幅表现虽然不若在柔北者高，但是个别的绝对值仍是相对较高的，如绿丰®处理的柔佛北部为平均 $18.38 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ，而本部份同样处理的可达到 $21 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ ，可能原因和后者的栽培密度较小有关。叶片营养分析，在氮、磷、钾、镁、硼的元素分析测得的值(表 5)分别较复合肥组分别增幅为 11.1%、15%、39%、11.7%、28.7%。以上的数据也可明确的反应在产量上，比起复合肥，绿丰®处理的产量增幅可达 14.7% (表 6)。

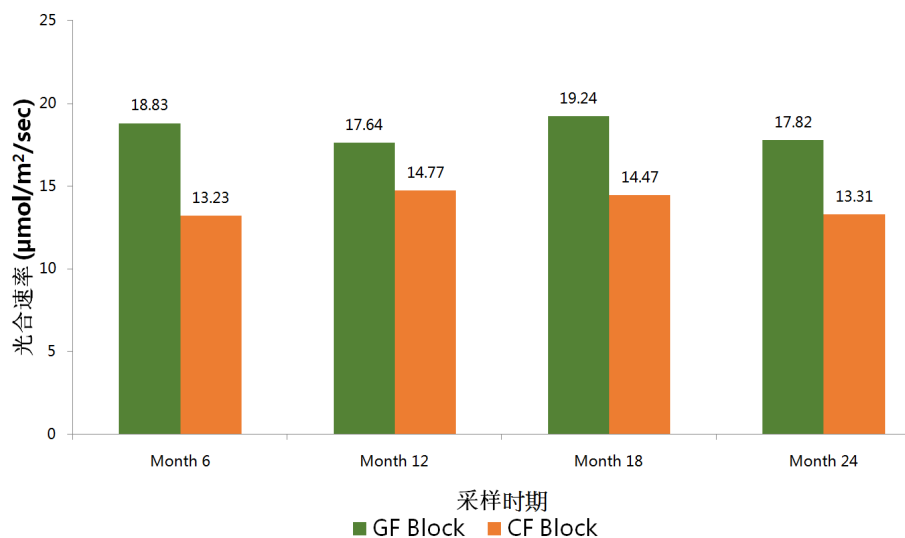


Figure 2. Photosynthetic rate of banana from northern Johor, Malaysia

图 2. 马来西亚柔佛州北部试验区香蕉叶片测定光合速率

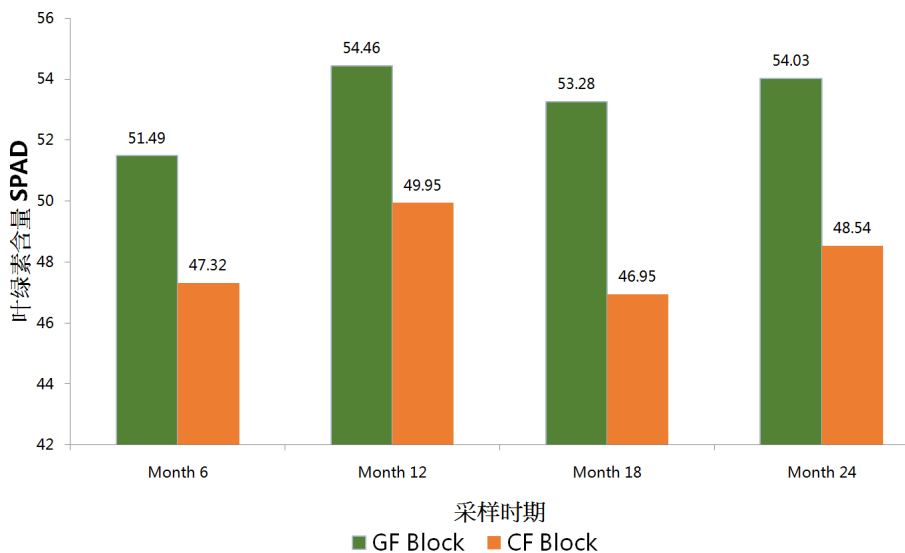


Figure 3. Chlorophyll content of banana from northern Johor, Malaysia

图 3. 马来西亚柔佛州北部试验区香蕉叶片叶绿素含量

Table 1. Foliar analysis of banana leaf from northern Johor, Malaysia

表 1. 马来西亚柔北区叶片营养分析

处理组	氮(N)%	磷(P)%	钾(K)%	镁(Mg)%	硼(B) ppm
绿丰®(GF)	3.33	0.22	3.52	0.37	49.63
一般复合肥(CF)	2.96	0.20	2.61	0.33	42.48

Table 2. Yield from northern Johor, Malaysia

表 2. 马来西亚柔北区产量统计

处理组	栽培密度(株/公顷)	平均产量(公斤/株)		总产量(公斤/株)
		母株	吸芽株	
绿丰®(GF)	1,100	22	19	41
一般复合肥(CF)	1,100	18	16	34

Table 3. Foliar analysis of banana leaf from southern Johor, Malaysia
表 3. 马来西亚柔南区叶片营养分析

处理组	氮(N)%	磷(P)%	钾(K)%	镁(Mg)%	硼(B) ppm
绿丰®(GF)	3.36	0.22	3.49	0.39	56.93
一般复合肥(CF)	2.95	0.20	2.57	0.34	37.93

Table 4. Yield from southern Johor, Malaysia
表 4. 马来西亚柔南区产量统计

处理组	栽培密度(株/公顷)	总产量/区(公斤/区)	平均产量(公斤/株)
绿丰®(GF)	800	10,456	13.07
一般复合肥(CF)	800	8,648	10.81

Table 5. Foliar analysis of banana leaf from Sarawak, Malaysia
表 5. 马来西亚砂劳越州民都鲁试验区叶片营养分析

处理组	氮(N)%	磷(P)%	钾(K)%	镁(Mg)%	硼(B) ppm
绿丰®(GF)	3.31	0.23	3.61	0.38	51.45
一般复合肥(CF)	2.97	0.20	2.58	0.34	39.98

Table 6. Yield from Sarawak, Malaysia
表 6. 马来西亚砂劳越州民都鲁试验区产量统计

处理组	栽培密度/区(株/区)	总产量/区(公斤/区)	平均产量(公斤/株)
绿丰®(GF)	40	1528.6	38.22
一般复合肥(CF)	40	1332.9	33.32

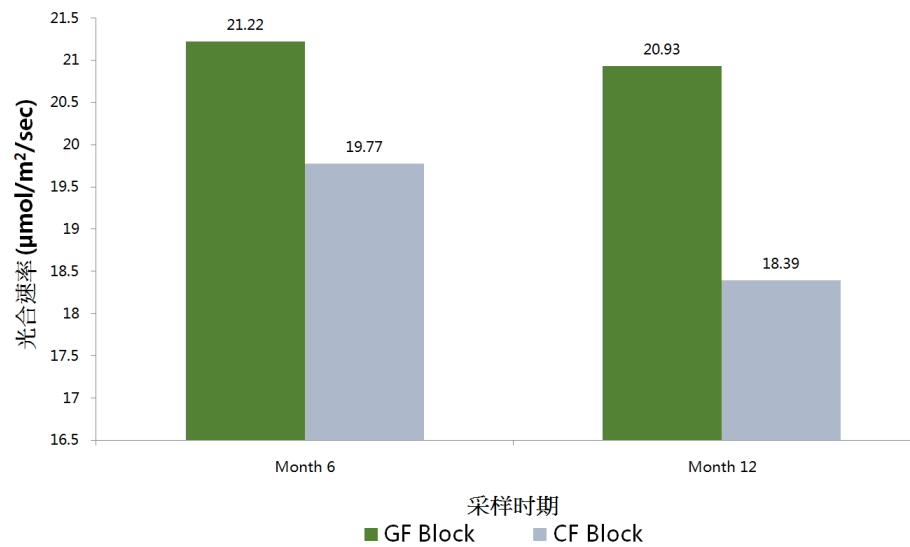


Figure 4. Photosynthetic rate (SPAD) of banana from Sarawak, Malaysia
图 4. 马来西亚砂劳越州民都鲁试验区香蕉叶片测定光合速率

果实质量分析结果如表 7 所示。绿丰®和一般化肥的比较，在可溶性固形物(%)、总糖量(%)方面无特别差异。可溶性蛋白质和可食率的表现发现明显优于传统化肥。在可食率方面，对比一般复合肥有约 1.5%~2%的增幅(表 7)。

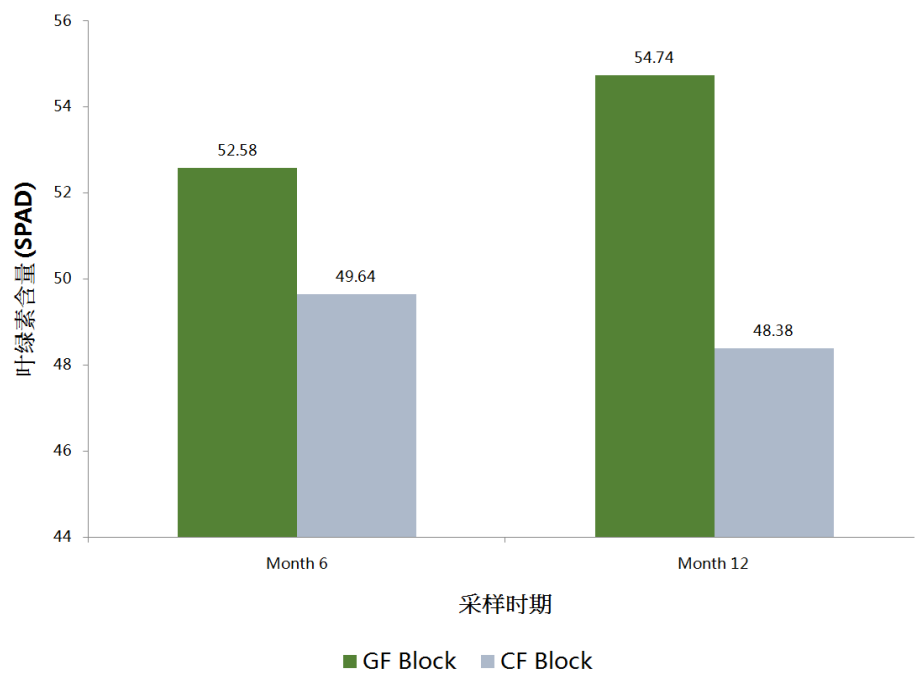


Figure 5. Chlorophyll content (SPAD) of banana from Sarawak, Malaysia
图 5. 马来西亚砂劳越州民都鲁试验区香蕉叶片叶绿素含量

Table 7. Fruit quality analysis (n = 10)

表 7. 香蕉果品质量分析(n = 10)

处理组	可溶性固形物(%)	总糖量(%)	可溶性蛋白质(mg/g)	可食率(%)
绿丰®(GF)柔北组	19.28 ± 0.58	15.98 ± 0.34	1.13 ± 0.21	64.13 ± 5.66
绿丰®(GF)砂劳越组	18.98 ± 0.58	16.78 ± 0.34	1.55 ± 0.71	64.73 ± 5.66

4. 讨论

香蕉在结果后对肥料的需求量十分高，绿丰®肥料处理为每半年使用一次。全生长期共需施肥 4 次，总量 1.2 公斤。相较传统复合肥，每三个月施肥一次，总用量为 7~8 公斤，农民在施肥工事、搬运工事、经销在仓库成本、货运成本，乃至销售成本上都可节省一大截。

本肥料的核心技术乃使用活化沸石作缓效剂，沸石的主要功能为扮演阳离子交换功能(CEC)，肥分可在土壤中被植物利用外，土壤的物性也间接被改良，CEC 能力提升，原本被固定的养分如磷肥被释出，减少复合肥因淋洗或被径流水带走而污染地下水或河川的环境问题。肥料在施用过程中流失严重，流失量可高达 50%以上，对土地、地下水，河川等的污染十分具有杀伤力。沸石对 N、K₂O、P₂O₅有良好的吸附和阳离子交换性能。与化肥混合施用，或甩其制成复混肥，可以减少有流失量达 20%以上[6]，并能改良土壤性能。沸石具有很强的离子吸附和交换能力，天然沸石混掺化肥后，在不同的作物如小麦、玉米和水稻中对尿素氮的利用率分别可提高 5.5%，10.3%和 6.3% [7] [8]。本新型肥料使用天然沸石之外，尚进行活化程序，进而提高了沸石的 CEC 能力，故香蕉叶片中测得之氮、磷、钾的成分有较一般复合肥有所提升。前人曾以斜发沸石为材料探讨其对钾离子的吸附能力，研究结果表明，单位质量斜发沸石对 K⁺的最大吸附量为 44.530 mg/g，理论上将吸附的 K⁺全部解吸出来需要 74.4 天[9]，说明该斜发沸石对 K⁺有很好的缓释效果[9]。也印证了使用本肥料每半年施用一次的长效性，于叶片中可分析到较传统化肥更高的含钾百分比。在增产方面，沸石添加应用在其他大田作物如大豆的增产，可达 1.2%~20% [10]，本报

告为少数应用在果树上且具有明显效果的文章。归咎于在光合速率和叶绿素含量等直接反应在生长上的效益,本研究在香蕉上增产表现 14%~20%,相当符合前人应用在大田作物上的增产效能。绿丰®和一般化肥的比较,在可溶性固形物(%)、总糖量(%)方面无特别差异。可见大幅节约一般化肥用量的情况下,绿丰对影响产品重要的质量指针无甚大影响。另外,可溶性蛋白质和可食率的表现发现明显优于传统化肥。足见绿丰®肥料所提供香蕉的氮元素是足以支撑作物所需。在可食率方面,显而易见此结果和产量有直接相关,绿丰®提供的增产幅度,也反应在可食率上,对比一般复合肥有约 1.5%~2%的增幅(表 7)。

5. 结论

香蕉在结果后期对养分的需求量十分高,因应各种天然或非天然的因素,香蕉的质量和价格近年来亦呈现大幅度的波动。本研究探讨新型缓释肥料在三处不同区域的表现得知,在生理表现、产量和经济效益上都具有令人满意的结果。尤其在产量方面,较传统复合肥高出 14%~20%。且不影响果品质量。此第三代缓释肥料,以沸石材料为调控缓释机理,不仅可增进农民的收益、也可大量节约人力成本、更大的优势在于直接提升土壤阳离子交换能力和肥料的利用率,面对恶劣的天候环境或是节节上升的栽培成本,都具有一定的优势。中国南方沿海为亚热带气候,本成果预计在风土条件都十分相近的中国南方亚热带区域有进一步推广试用的参考性。

基金项目

本研究部份经费获勇源文教基金会支持,谨申谢意。

参考文献 (References)

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Banana Facts and Figures [EB/OL]. <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/bananafacts/en/#.VxSVoPI97IU>, 2016.
- [2] 刘亚琪. 世界香蕉产量及市场前景怎样[EB/OL]. www.nyzy.com, 2016.
- [3] 中国香蕉网[EB/OL]. <http://www.banana.agri.cn>, 2016.
- [4] 中国香蕉产业发展现状及竞争力分析[EB/OL]. <http://www.chnbanana.com/2015/1022/20478.html>, 2015-10-22.
- [5] 何应对, 刘永霞, 舒海燕, 韩丽娜, 王必尊. 不同耕作措施对香蕉产量和效益的影响[J]. 热带农业科学, 2015, 35(7): 10-18.
- [6] 刘伯元, 张寿稳, 董胜, 林刚. 沸石化肥——一种可以减少化肥流失的肥料[J]. 磷肥与复肥, 1996(6): 54-56.
- [7] 周宝库. 天然沸石农业利用研究 II 天然沸石对提高化肥利用率的影响[J]. 黑龙江农业科学, 1998(2): 5-7.
- [8] 佟丽华. 沸石对提高化肥氮素利用效果的研究[J]. 内蒙古农业科技, 2006(2): 38-40.
- [9] 刘爱平, 冯启明, 王维清, 和丽丽, 刘岁海. 斜发沸石对钾肥的吸附性能及缓释效果[J]. 非金属矿, 2011, 34(3): 58-60.
- [10] 逢焕成, 梁业森, 吴江. 大豆施用肥料增效剂的应用效果[J]. 土壤肥料, 2005(4): 22-24.