

Effects of Novel Zeolite Fertilizer on the Harvesting Quality and Yield of Paddy

Chang Chai Ng^{1*}, Sz-Jie Wu^{2*}, Muhammad Asyraf Abdul Aziz¹,
Muhamad Izzuddin Khairuddin¹, 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 21st, 2016; accepted: Jun. 24th, 2016; published: Jun. 27th, 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

Paddy rice is the most important staple food in the world. China is the biggest producer and consumer of paddy in the world as well. In this study, novel silica-containing fertilizers for paddy were used to study the yield and quality of paddy in Malaysia and Chinese Taipei. Compared to conventional chemical fertilizers, trial in Malaysia showed that the recommendation usage of this fertilizer was greatly reduced from 810 kg conventional to 150 kg; the yield was found increased from 6100 kg/ha to 8000 kg/ha, with 33% increment. In the trial in Taiwan, the yields from Jiuru and Kanting, Pingtung County also reported to be 16.7% and 15.7% increment, respectively. Evaluation on the quality of dehusked paddy, performance on thousand-grain weight, water content, ash and total starch, thousand-grain weight increased 5.2% - 7.8%; total starch content has 6.5% higher than conventional fertilizer group. No difference observed on the water content and mineral contents of both treatments. This further explained that qualities of grains were not affected by the reduction of fertilizer. This novel silica-containing fertilizer was especially suitable for tropical and sub-tropical paddy areas and very promising to be further promoted in China paddy plantation.

Keywords

Silica-Containing Fertilizer, Paddy, Thousand-Grain Weight, Yield Increment

*第一作者。

#通讯作者。

新型含硅型沸石肥料对水稻采收质量和产量的效益

吴展才^{1*}, 吴思节^{2*}, Muhammad Asyraf Abdul Aziz¹, Muhamad Izzuddin Khairuddin¹, 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21日; 录用日期: 2016年6月24日; 发布日期: 2016年6月27日

摘 要

水稻为全球最重要的粮食作物, 中国也为全球最大的消费国和生产国。本研究测试一种新型含硅的水稻专用配方, 分别于马来西亚和台湾地区测试水稻产量和质量。在马来西亚的方面, 用量从化学肥料的用量从每公顷810公斤减至本肥料的150公斤, 传统化肥产量为6100公斤/公顷。使用绿丰肥料每公顷收成可高达8000公斤。增产幅度33%。台湾方面, 在屏东的九如乡和崁顶乡使用绿丰®水稻肥的增幅分别达到16.7%和15.7%。分析去壳后糙米质量, 脱壳后千粒重, 绿丰®水稻肥处理者较传统复合肥高出5.2%~7.8%。总淀粉含量方面, 绿丰®水稻肥比对照组高出6.5%, 稻谷水分和矿物质各处理间差异不大。说明了对比大幅减量的绿丰®水稻肥所生产出来的稻米质量, 在水分和灰分的表现和传统肥料者无大差异, 在总淀粉含量更高, 直接说明了水稻对此肥料的利用率更佳, 此配方适用于热带和亚热带水稻环境, 十分合宜于中国境内水稻区推广使用。

关键词

含硅型肥料, 水稻, 千粒重, 增产

1. 引言

根据2014年国际水稻研究组织(IRRI)的统计, 全球水稻栽培面积为1.60亿公顷, 直接养活了全球50%以上的人口。目前全球前三大水稻种植面积的国家分别为印度、中国和印度尼西亚, 从生产效率上而言, 中国为最大的生产国, 也是最大的消费国[1]。但自最近十年以来, 因应天候、土壤的劣变和粮食消费的增长, 粮食依赖进口的幅度也渐增。2015年起, 在中国农业部推动的化肥零增长政策和土壤管理条例(土十条)的影响下, 水稻的增产的需求会面临新一波的考验。因此, 为了平衡达到水稻增产和肥料的使用, 投入高效能增产肥料和不加剧土壤劣变的研究, 对粮食增产有极大的意义。

本研究使用含硅型高效能缓释肥料, 为继包衣性缓控释肥后发展之第三代释释肥料, 主要以沸石为调控肥分的缓释, 同时兼具增加土壤阳离子交换能力之功能, 在热带果树如棕榈、香蕉等已成功应用并取得省肥和产量提升的卓越效果[2]。本文所使用的水稻专用配方, 分别于马来西亚北部玻璃市和台湾屏东使用, 使用数量比起传统化肥, 不但大幅减少, 且增产增质, 本报告也说明, 此配方适用于热带和亚热带水稻环境, 十分合宜于中国境内水稻区推广使用。

2. 材料与方法

2.1. 供试地点和品种

本试验分别在马来西亚的半岛的北部玻璃市和台湾的屏东市。马来西亚测试面积为 1 公顷，供试的品种为 MARDI Siraj 297。台湾测试面积为 25 公顷，品种为台南 11 号。

2.2. 肥料处理

使用的水稻肥分别绿丰®水稻肥 13-10-20-MgO、绿丰®水稻肥 13-10-20-MgO 添加益菌(含千分之 1 的酵母菌、纳豆杆菌和乳酸菌)、传统化肥为复合肥 12-12-17-2(MgO)和 15-15-15-4(MgO)。

2.2.1. 马来西亚方面

绿丰®水稻肥使用的天数分别为播种后 15, 30 和 55 天, 每次建议用量为每公顷 50 公斤, 三次使用总用量为 150 公斤/公顷。传统化肥的惯行施肥计划为播种后第 15 天使用传统复合肥 12:12:17 每公顷 360 公斤, 第 35 天追加尿素每公顷 100 公斤, 第 55 天和 70 天时分别再行每公顷追肥传统复合肥 175 公斤, 总合使用传统化肥数量为 810 公斤/公顷。

2.2.2. 台湾方面

绿丰®水稻肥使用为插秧后 7, 21 和 50 天, 每次建议用量为每公顷 50 公斤, 三次使用总用量为 150 公斤/公顷。传统化肥为插秧后 7, 21 和 50 天各施用一次, 每次每公顷使用 800 公斤台肥 43 号 (15-15-15-4 氧化镁), 总合使用的数量为 2.4 公吨每公顷。

2.3. 测量项目

2.3.1. 马来西亚方面

测定项目为采收鲜重、总分蘖数、稻身干重、稻穗干重、鲜谷千粒重、株高、叶绿素含量。观察方面, 比较根系发展。

2.3.2. 台湾方面

测定项目为总分蘖数、鲜谷产量、千粒重之外, 总淀粉含量测定淀粉经过水解形成还原糖, 与 DNS 试剂反应而产生颜色的变化, 并且在波长 540 nm 吸光值。称取 0.25 g 糙米(干燥后去壳)样品, 加入 100 mL 蒸馏水与 10 mL 6 N HCl, 加热回流 1 小时, 进行水解。冷却后以 NaOH 溶液调整 pH 至 7.0, 加蒸馏水定量至 250 mL, 进行抽气过滤, 滤液为检测液。取 2 mL 检液于试管中, 另外, 准备 5 支试管, 各别加入 0、0.2、0.4、0.6、0.8 及 1 mL 0.2% 葡萄糖标准液, 加入醋酸缓冲液使各试管总体积为 3 mL。各加 2 mL DNS 试剂, 震荡混合均匀, 沸水浴加热 10 分钟, 再加入 5 mL 蒸馏水, 最后, 使用微量盘分光光谱仪 (VersaMax®, Molecular Devices) 测定 OD540 之吸光值。本试验进行五重复。淀粉含量计算如下:

$$\text{淀粉}(\%) = A/2 \text{ mL} \times 250 \text{ mL} \times 1/B \times 0.9 \times 100\%$$

A: 由标准曲线得知 2 mL 检液所含葡萄糖的量(g)。

B: 糙米重量(g)。

2.3.3. 水分

使用水分测定仪(Shimadzu, MOC63U)量测。

2.3.4. 灰分(矿物质)

使用称重法, 将糙米磨成粉后放入坩锅, 将坩锅放入灰化炉以 600℃ 灰化维持 2 小时取出称重。

3. 结果

3.1. 马来西亚

比较田间生长，一般复合肥组(CF)在第 75 天的株高为 109.2 公分(图 1)。含益菌的绿丰®水稻肥(GF + EM)和不含益菌的绿丰®水稻肥(GF)分别为 114.7 公分和 119.2 公分。不同肥料对叶绿素含量，CF 组在第 60 天后开始落后其他 2 组处理。到了 75 天，GF + EM 表现最佳。而 CF 组仅测得值为 37.6，落后其他二组的 GF + EM 的 41.3 和的 GF 41(图 2)。比较根系的发展，使用绿丰®水稻肥者的根系发展比较健壮，直接也和对营养的吸收和提升产量有正相关(图 3)。

肥料总用量从每公顷 810 公斤减至 150 公斤，即绿丰®水稻肥在用量不到传统化肥 20%的情况下，一般化肥产量为 6100 公斤/公顷。使用绿丰肥料每公顷收成可高达 8000 公斤。增产幅度 33%。使用绿丰®水稻肥的总分蘖数为 28.9，而传统复合肥为 23.3，增幅为 24%。在千粒重的表现，有添加综合益菌的绿丰®水稻肥表现最佳，达到 23 公克。依次为不添加益菌的绿丰®水稻肥 21.6 公克和一般复合肥的 21.1 (表 1)。植株和稻谷的干重方面，使用绿丰®水稻肥的配方均比一般复合肥高，显示肥料的利用性较高，反映在地上部干物质的生合成，尤其是添加益菌的绿丰®水稻肥，其在植株和稻谷的干重的表现最佳，干谷重方面较一般复合肥高出 13%左右(表 1)。

3.2. 台湾

台湾方面试验于年初 2 月 1 日插秧，因插秧后遭遇寒流和初穗时期缺水，整体环境不佳。于 5 月 18 日采收统计，在屏东的九如乡和崁顶乡使用绿丰®水稻肥的增幅分别达到 16.7%和 15.7% (表 2)。脱壳后千粒重，绿丰®水稻肥较传统复合肥高出 5.2%~7.8% (表 3)。水分和糙米(去壳后)矿物质各处理间差异不大，表示各肥料对水稻的水分和矿物质(灰分)影响不大。淀粉含量方面，使用绿丰®水稻肥的九如乡和崁顶乡，其含量都在 64%左右，对比使用传统化肥者仅有 60.5%，高出约 6.5% (表 3)。

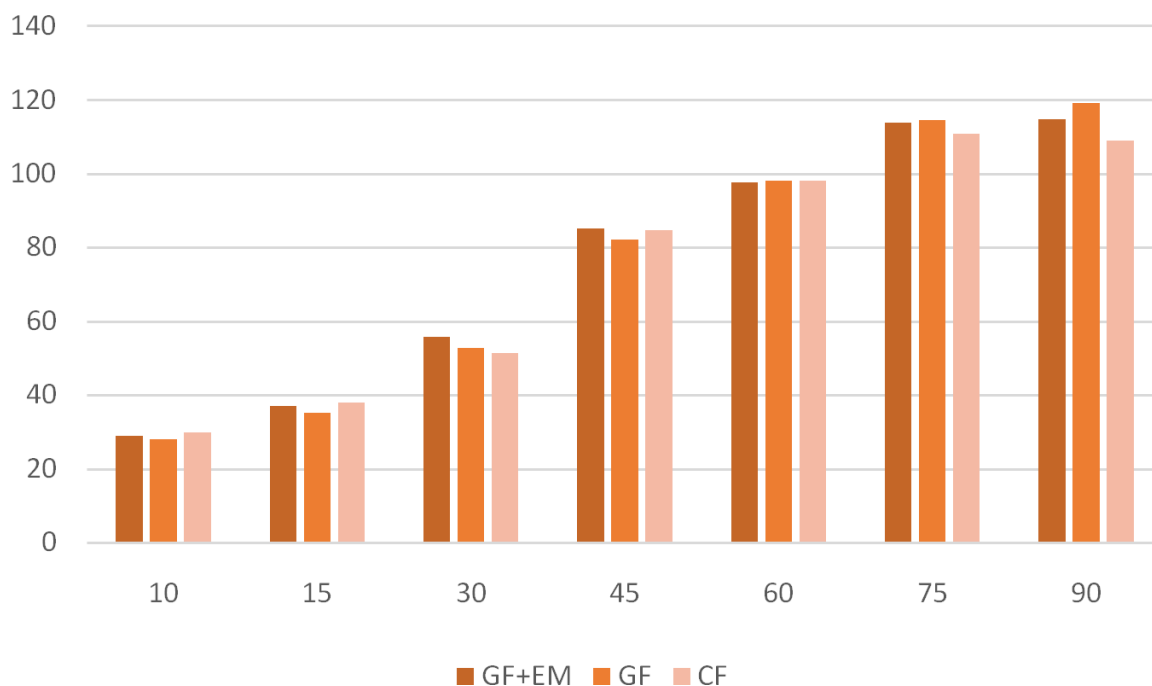


Figure 1. Treatments of fertilizer on plant height (cm)

图 1. 不同肥料对水稻株高的表现

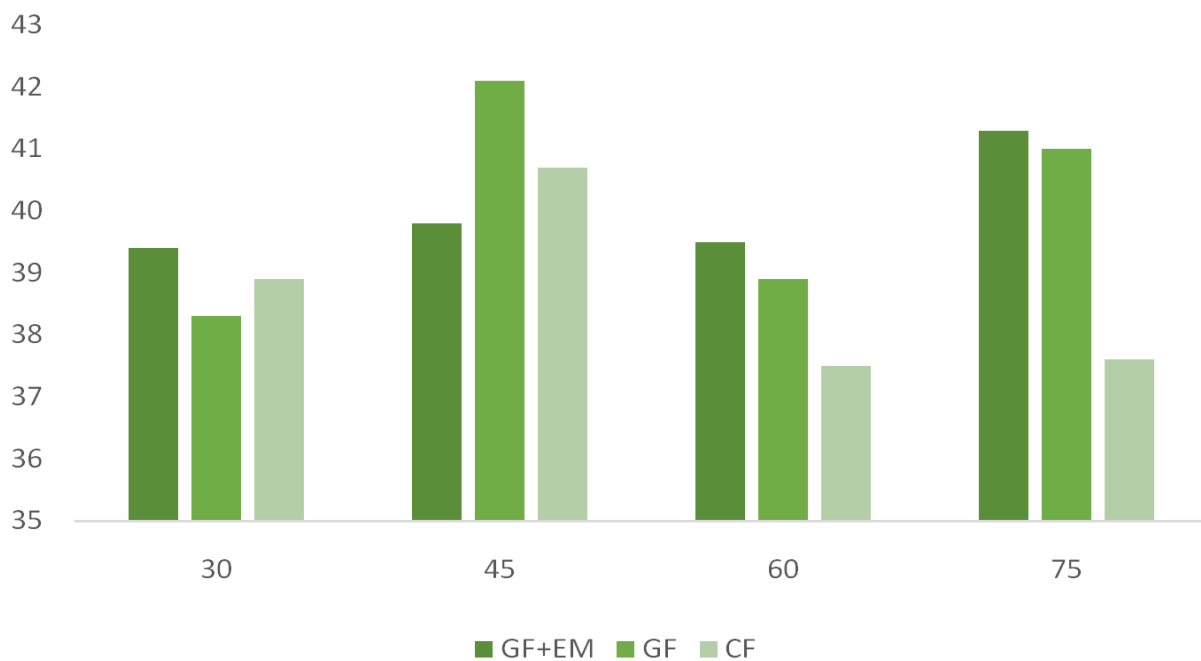


Figure 2. Treatments of fertilizer on chlorophyll (SPAD)

图 2. 不同肥料对叶片叶绿素的 SPAD 表现



Figure 3. Greenfeed® paddy fertilizer (left) and conventional compound fertilizer (right). The left side displayed better root development

图 3. 左侧为使用绿丰®水稻肥，根系发展较为健壮；右侧为使用一般复合肥

4. 讨论

本报告乃第一篇以沸石复合肥用作水稻试验,并实践增产的报告。过去,Ng 等人曾以此系列产品用作香蕉质量和产量的研究,结果表明,在生理表现、产量和经济效益上都十分突出,尤其在产量方面,相较传统化肥实现了增产 14%~20%效益[2]。

水稻在生长和生育时期,对于氮和硅元素有极大的需求[3],尤其在化肥使用多年的农耕土地上,土壤有效硅的可利用性大幅减少,故研究可补充水稻所需之含硅型肥料,在实现在增产以满足粮食需求上有重要意义。施用含硅的肥料,能促进水稻生长发育[4]-[6],增强根系发育、增加茎秆坚硬度,抗倒伏和抗病能力等[7] [8]。土壤中、微量元素的含量对水稻粗蛋白和淀粉的升幅有显着影响。王等人[9]以化肥和牛粪的处理,对比对照组(不施肥)粗蛋白淀粉提升 1.41%。本报告中表 3 说明了对比大幅减量的绿丰®水稻肥所生产出来的稻米质量,在水分和矿物质(灰分)的表现和传统肥料者无大差异,显示肥料大幅减量,并不影响糙米矿物元素含量,但在总淀粉质方面有 6.5%的提升,因肥料所提升的利用率和作物的光合作用率等直接因素,也因此造就所累积的光合产品更高。

以下讨论绿丰®水稻肥供应水稻的营养需求。马来西亚试验传统化肥使用量为每公顷 810 公斤化学肥料(710 公斤 12-12-17 复合肥 + 100 公斤尿素),相当于氮素 131.2 公斤($710 \times 12\% + 100 \times 46\%$),而绿丰®水稻肥所提供的氮素为 20 公斤($150 \text{ 公斤} \times 13\%$)。将可利用率(流失率)考虑进来时,由于传统化肥的氮素利用率为 30%~35%,且沸石和碳铵的吸附能力可达到 82%以上[10],有沸石为基底的绿丰®水稻肥,可达到 82%的吸附(利用率),因此往返一来,绿丰®水稻肥可提供的 16 公斤的氮素会有传统化肥 46 公斤氮的表现,关键点在于沸石除了控制氮的缓释外,也会加成其他元素的表现效率并重新调理土壤中的 CEC 状态。即从破桶理论的论调而言,最差的元素表现决定了水稻肥料的综合表现。另外,从农业的田间观

Table 1. Investigated items in Malaysia site (mean $\pm$ SD, n = 9)

表 1. 马来西亚水稻采收调查项目(平均值 $\pm$ 标准偏差, n = 9)

肥料处理	每株稻谷鲜重(g)	总分蘖数	植株干重(g)	稻谷干重(g)	鲜谷千粒重(g)
绿丰®水稻肥(13:10:20:2)	99.9 $\pm$ 6.1	27.4 $\pm$ 3.78	68.8 $\pm$ 5.75	47.9 $\pm$ 4.98	21.6 $\pm$ 1.53
绿丰®水稻肥(13:10:20:2) + 益菌	97.2 $\pm$ 3.72	28.9 $\pm$ 0.72	72.6 $\pm$ 2.82	51.9 $\pm$ 3.76	23.0 $\pm$ 1.37
一般复合肥	93.8 $\pm$ 1.07	23.3 $\pm$ 2.08	55.5 $\pm$ 1.96	45.9 $\pm$ 3.20	21.1 $\pm$ 1.53

Table 2. Investigated yields in Taiwan site (mean $\pm$ SD, n = 9)

表 2. 台湾水稻采收产量(平均值 $\pm$ 标准偏差, n = 9)

	总分蘖数	鲜谷产量(公斤/亩)	产量较传统复合肥增幅
绿丰®水稻肥 - 九如乡	32.4 $\pm$ 4.43	970	16.7%
绿丰®水稻肥 - 炭顶乡	34.1 $\pm$ 3.5	962	15.7%
传统复合肥	27.2 $\pm$ 3.3	831	-

Table 3. Investigated items in Taiwan site (mean $\pm$ SD, n = 9)

表 3. 台湾水稻采收调查项目(平均值 $\pm$ 标准偏差, n = 9)

	脱壳千粒重(g)	水分(%)	糙米矿物质含量(%)	糙米淀粉含量(%)
绿丰®水稻肥 - 九如乡	23.01 g	24.29% $\pm$ 2.38%	3.56% $\pm$ 0.24%	64.44% $\pm$ 0.02%
绿丰®水稻肥 - 炭顶乡	23.59 g	24.58% $\pm$ 1.66%	3.58% $\pm$ 0.40%	64.24% $\pm$ 0.25%
传统复合肥	21.87 g	23.77% $\pm$ 1.14%	3.54% $\pm$ 0.52%	60.50% $\pm$ 0.45%

察,田间稻株强壮直立,光合作用量充足,为沸石中的二氧化硅带来的效益,健康的植株可专心进行光合作用和累积光合产物,不必再耗损能量来抵制病虫害的入侵。是每公顷 150 公斤的稻锭已足以取代目前的传统化肥,且产量更高。因此本报告总结以上数字,使用 150 公斤的绿丰®水稻肥,对比传统化肥的 810 公斤,不但节省 4.4 倍,产量尚可以提升 31%。不折不扣达到增产、省肥的预期目标。但本试验中未进行剂量效益试验,无法说明 150 公斤/公顷是最高产的用量,有待更多后续研究。

水稻对氮素的吸收取决于根系的生理机制[11],尤其是水稻根系的纵向分布,与对氮素吸收的关系十分密切[12]。纵向侧生根系在重量上只占根系的很小一部分,但其长度却占根系总长度的 50%以上,这表明分枝发达的细小根系是提高氮素效率的重要途径。图 3 显示左方根系在长度、健壮度等各方面都优于对照组,直对对氮素等的吸收起了至关重要的作用。到 75 天时的量测叶绿素含量,以含有益菌的绿丰®水稻肥最高。主要原因是,根系吸收的氮素运输至地上部进行同化作用,当根系吸收氮素的能力越强,叶片中氮素还原和同化作用的酶活力越高[13]。从而促进二氧化碳同化作用和地上部干物质生产,以致产量增产。惯行水稻化肥的施肥方案为基肥 25 公斤复合肥、一追(插秧后 20~25 天)和二追(插秧后 40~45 天)各使用 15 公斤尿素、灌浆期再补尿素或复合肥 5~10 公斤。换算使用的化肥量为 60~65 公斤/亩,以现行的肥料成本计算约为人民币 120~135 元/亩。绿丰®水稻肥每亩的建议用量为 10 公斤,对比传统化肥可省 6~6.5 倍的用量,且人工方面每期水稻只需作 3 次施肥,对比传统 4~5 次的人工,可节省 25%的人工成本。对化肥减量和农作人力短缺的中国农村来说,具有相当大的应用诱因。

5. 结论

水稻为全球最主要的粮食作物。使用高效能的肥料不但可达成增产增质的目的,也可以大幅减少过量施肥对环境的危害,达到可持续发展的农业。本含硅型的绿丰®水稻复合肥,除提供大量素和中微量元素外,含硅的沸石成分可同时改善土壤的离子交换能力,直接放大肥料的吸收效益。在使用量仅有一般化学肥料 7%~18%的情况下,马来西亚和台湾的试验同时表明均可达到 33%和 15%以上的增产。另分析稻谷质量,绿丰®水稻肥的总淀粉含量对比传统化肥有 6.5%的提升,名副其实的达到增产、增质、省工和减少化肥使用量的目的。

参考文献 (References)

- [1] 基因农业[EB/OL]. <http://www.agrogene.cn/info-2498.shtml>
- [2] Ng, C.C., Wu, S.J., Aziz, M.A. and Tan, Y.W. (2016) Effects of Novel Slow Release Fertilizer on Banana Foliar Nutrients, Photosynthetic Rate, Chlorophyll Content, Yield and Fruit Quality. *Hans Journal of Agricultural Sciences*, 6, 49-56. <http://dx.doi.org/10.12677/HJAS.2016.63008>
- [3] 丁能飞, 郭彬, 李建强, 林义成, 刘琛, 李华, 李凝玉, 傅庆林. 氮硅互作对水稻营养和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(12): 127-130.
- [4] 马同生, 张永春, 陈兴华, 等. 水稻与小麦吸收硅规律与硅肥应用[J]. 植物营养与肥料学报, 1994(1): 104-107.
- [5] 张国良, 戴其根, 周青, 等. 硅肥对水稻群体质量及产量影响研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(3): 114-117.
- [6] 杨建堂, 高尔明, 霍晓婷, 等. 沿黄稻区水稻硅素吸收、分配特点研究[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(1): 37-39.
- [7] 刘鸣达, 张玉龙. 水稻土硅素肥力的研究现状与展望[J]. 土壤通报, 2001, 32(4): 187-192.
- [8] 张玉龙, 王喜艳, 刘鸣达, 等. 植物硅素营养与土壤硅素肥力研究现状和展望[J]. 土壤学报, 2004, 35(6): 785-788.
- [9] 王飞, 林诚, 李清华, 何春梅, 李昱, 林新坚. 长期不同施肥对南方黄泥田水稻子粒品质性状与土壤肥力因子的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 283-290.
- [10] 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.
- [11] 江立庚, 曹卫星. 水稻高效利用氮素的生理机制及有效途径. 中国水稻科学, 2002, 16(3): 261-264.

-
- [12] Ladha, J.K., Kirk, G.J.D. and Bennet, J. (1998) Opportunities for Increased Nitrogen-Use Efficiency from Improved Lowland Rice Germplasm. *Field Crops Research*, **56**, 41-71. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00123-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00123-8)
- [13] Yang, X.E. and Sun, X. (1992) Varietal Difference of Rice Plants in Response to N and Its Mechanisms. *Acta Pedologica Sinica*, **29**, 73-79.

再次投稿您将享受以下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>