

DOI: 10.20098/j.cnki.1001-5132.2023.0805

施肥方式对水稻产量品质和病虫害发生情况的影响

陈丁铭¹, 周瑛华², 孙 辉¹, 钟莺莺³, 李雅颖⁴, 曹建君⁵, 吴愉萍^{1*}

(1.宁波市农业农村绿色发展中心, 浙江 宁波 315012; 2.宁波市江北区农业技术推广服务站, 浙江 宁波 315000;
3.宁波海关技术中心, 浙江 宁波 315048; 4.中国科学院城市环境研究所, 浙江 宁波 315000;
5.宁波市江北区兴谷水稻专业合作社, 浙江 宁波 315000)

摘要: 为筛选合适的施肥方案, 以甬优 1540 品种为例, 分析在绿色食品标准之下, 不同的施肥方案对水稻产量、品质以及病虫害发生的影响。结果表明, 未经过施肥处理的稻田产量最低, 在每亩施用纯 N 7.5 kg、P₂O₅ 2.8 kg、K₂O 8.0 kg 的基础上加施 20 kg 海藻肥处理的水稻产量最高, 且品质好、病虫害发生少, 可作为江浙地区绿色食品水稻生产的推荐用肥。

关键词: 绿色食品; 水稻质量; 水稻病虫害; 最佳施用方案

中图分类号: S511

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2024) 04-0069-05

绿色食品是指产自优良生态环境、按照绿色食品标准生产、实行全过程质量控制并获得绿色食品标志使用权的安全、优质食用农产品及相关产品^[1]。随着生活品质的不断改善, 人们对绿色食品的需求量也越来越大^[2]。水稻是全球约半数人口的主食, 同样也是我国重要的粮食作物之一^[3]。宁波市是水稻种植大市, 种植面积约 7.3 万 hm²^[4]。绿色食品水稻在种植的过程中, 肥料的使用需要符合 NY/T 394—2023《绿色食品 肥料使用准则》的规定, 即无机氮素用量不得超过当季作物需求量的一半^[5]。在水稻种植过程中如何既符合绿色食品标准, 又不影响产量和品质, 同时降低病虫害的发生, 对生产高品质大米, 满足人民群众对健康优质农产品需求具有重要的指导意义。本文设置 8 个不同的施肥处理来研究按绿色食品标准施肥对水稻产量、品质和病虫害发生情况的影响, 以期为加强水稻施肥管理、促进绿色食品产业发展提供指导与参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地选在浙江宁波江北区慈城镇白米湾村

(29.9661°N, 121.4647°E), 属于亚热带季风气候, 冬短夏长, 雨量充沛, 日照充足。供试样地土壤为青紫泥田, pH 为 5.88, 有机质质量分数为 36.72 g·kg⁻¹, 全氮为 2.51 g·kg⁻¹, 有效磷为 21.64 mg·kg⁻¹, 速效钾为 254.70 mg·kg⁻¹。

供试水稻品种为甬优 1540。供试肥料为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 16%)、氯化钾(K₂O 60%)、撒可富缓释肥(20-12-14)、六国控释肥(24-12-12)、普通商品有机肥和速酶解原浆海带液有机水溶肥。

1.2 试验处理

本试验设置了 8 个处理(表 1), 分别为 CK, 不施化肥和有机肥; NR, 按照绿色食品标准施用普通化肥; M1, 在 NR 施肥基础上, 加施 20 kg·亩⁻¹(1 亩≈666.67 m²)海藻肥; M2, 在 NR 施肥基础上, 加施 40 kg·亩⁻¹海藻肥; M3, 在 NR 施肥基础上, 加施 60 kg·亩⁻¹海藻肥; M, 在 NR 施肥基础上, 加施 500 kg·亩⁻¹农家肥; SK, 施撒可富缓释肥; LG, 施六国控释肥。每个处理重复 3 组, 共 24 个小区, 每个小区面积 133 m²。除 CK 处理外, 其他处理化学肥料施用折纯量一致, 均为每亩施纯 N 7.5 kg, P₂O₅ 2.8 kg, K₂O 8.0 kg, 化学施用的氮含量是农户

收稿日期: 2023-08-10。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市科技计划项目(202002N3079)。

第一作者: 陈丁铭, 硕士, 主要研究方向: 农业资源利用与农产品安全生产。E-mail: cdm18854887560@163.com

*通信作者: 吴愉萍, 博士/正高级农艺师, 主要研究方向: 农业资源利用与农产品质量安全。E-mail: a_angelfish@163.com

表 1 不同处理施肥方式

编号	处理	每小区用肥方式
CK	对照, 不施化肥和有机肥	不施化肥和有机肥
NR	按照绿色食品标准使用普通化肥	基肥: 6 月初, 尿素 0.82 kg、过磷酸钙 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 6 月下旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.98 kg、氯化钾 1.87 kg
M1	在 NR 施肥处理上, 增施 20 kg·亩 ⁻¹ 海藻肥	基肥: 6 月初, 海藻肥 4 kg、尿素 0.82 kg、过磷酸钙 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 6 月下旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.98 kg、氯化钾 1.87 kg
M2	在 NR 施肥处理上, 增施 40 kg·亩 ⁻¹ 海藻肥	基肥: 6 月初, 海藻肥 8 kg、尿素 0.82 kg、过磷酸钙 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 6 月下旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.98 kg、氯化钾 1.87 kg
M3	在 NR 施肥处理上, 增施 60 kg·亩 ⁻¹ 海藻肥	基肥: 6 月初, 海藻肥 12 kg、尿素 0.82 kg、过磷酸钙 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 6 月下旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.98 kg、氯化钾 1.87 kg
M	在 NR 施肥处理上, 增施 500 kg·亩 ⁻¹ 农家肥	基肥: 6 月初, 农家肥 100 kg、尿素 0.82 kg、过磷酸钙 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 6 月下旬, 尿素 0.73 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.98 kg、氯化钾 1.87 kg
SK	施用撒可富缓释肥, 折算成氮磷钾含量与 NR 处理一致	基肥: 6 月初, 撒可富缓释肥 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.62 kg、氯化钾 0.4 kg 7 月中旬, 尿素 0.64 kg、氯化钾 1.2 kg
LG	施用六国控释肥, 折算成氮磷钾含量与 NR 处理一致	基肥: 6 月初, 六国控释肥 4.6 kg 追肥: 6 月中旬, 尿素 0.38 kg、氯化钾 0.56 kg 7 月中旬, 尿素 0.38 kg、氯化钾 1.2 kg

生产普通水稻时用肥量的一半, 符合绿色食品标准的规定. 其他所有农艺措施一致.

1.3 数据采集与分析

每个小区水稻收割后, 单独包装烘干称重, 计算各处理水稻产量. 不同处理大米的品质检测指标为蛋白质、谷氨酸、脂肪、膳食纤维和直链淀粉含量. 蛋白质检测方法为 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》第一法; 谷氨酸检测方法为 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》; 脂肪检测方法为 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪

的测定》; 膳食纤维检测方法为 GB 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》; 直链淀粉检测方法为 GB/T 15683—2008/ISO 6647-1:2007《大米 直链淀粉含量的测定》.

在水稻病虫害高发季节跟踪调查不同处理水稻稻曲病、稻飞虱和二化螟发生情况. 稻曲病发病分级标准为: 0 级, 无病粒; 1 级, 每穗 1 个曲球或染病谷粒; 3 级, 每穗 2 个曲球或染病谷粒; 5 级, 每穗 3~5 个曲球或染病谷粒; 7 级, 每穗 6~9 个曲球或染病谷粒; 9 级, 每穗 10 个及以上曲球或染病谷粒. 每个小区调查 30 丛水稻, 记录每丛病穗数、总穗

数, 计算穗病率和病情指数, 病情指数 = $100 \times \Sigma$ (各级病穗数 $\times$ 各级代表值) / (调查总穗数 $\times$ 9)。稻飞虱采用盘拍法调查, 调查时把搪瓷盘放在水稻下部, 用力向搪瓷盘方向拍打 3 下, 使稻飞虱掉入搪瓷盘中。每个小区跳跃式调查 3 点, 每点调查一穴。二化螟每小区采用 6 点平行取样法, 每点 5 丛, 共 30 丛, 统计被害丛数。

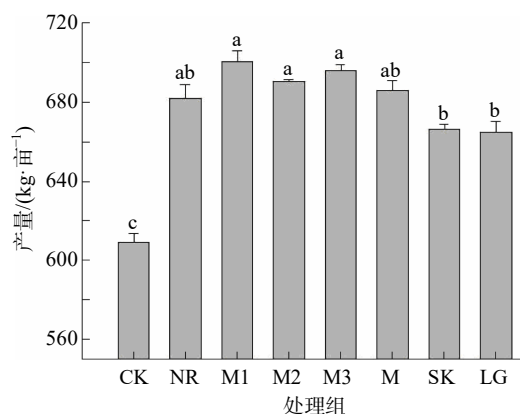
采用 DPS 数据处理系统进行数据分析, SigmaPlot 14 制图。

2 结果分析

2.1 不同施肥处理对水稻产量的影响

由图 1 可知, M1 处理水稻产量最高, 达到了 $700.7 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$, CK 处理水稻产量最低, 只有 $608.9 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$ 。M1、M2、M3 处理水稻产量均显著高于 SK 和 LG 处理。甬优 1540 平均产量在 $646.3 \sim 714.8 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$ 之间^[6], 本试验按照绿色食品标准施肥, 所有处理产量均在 $665.2 \sim 700.7 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$ 之间, 化学氮肥减半并不影响水稻产量。M1 处理相对 NR 处理产量提高了 2.7% ($18.5 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$), 施用海藻肥能够增加水稻产量。海藻肥处理(M1、M2 和 M3)水稻产量显著高于缓释肥处理(SK 和 LG), 平均增产 $29.9 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$ 。缓控释肥在绿色食品水稻生产中

增产作用不明显。海藻肥与化学肥料相比, 富含高浓度活性氨基酸、多肽、天然植物激素前体物和甜菜碱, 能提高作物产量和品质^[7]。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

图 1 不同施肥方式对水稻产量的影响

2.2 不同施肥处理对大米品质的影响

不同施肥处理大米蛋白质质量分数分布在 7.45%~8.17%, 无显著变化(图 2(a))。NR、M1、M2、M3 和 M 处理中谷氨酸显著高于 CK 处理(图 2(b)), 说明肥料不足会影响大米中营养物质的合成。谷氨酸影响米饭滋味, 一般含量越高, 甜味和鲜味越足^[8]。脂肪(2.93%~3.67%)和膳食纤维(0.87%~0.91%)在不同施肥处理中也没有显著差异(图 3(a)、3(b))。

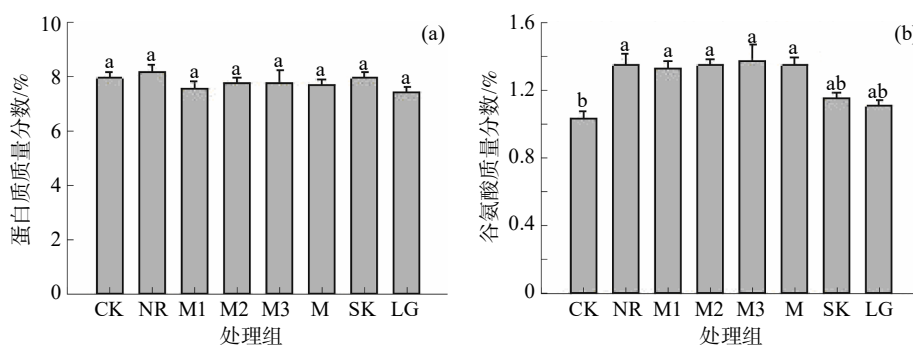


图 2 不同施肥处理的大米蛋白质和谷氨酸质量分数

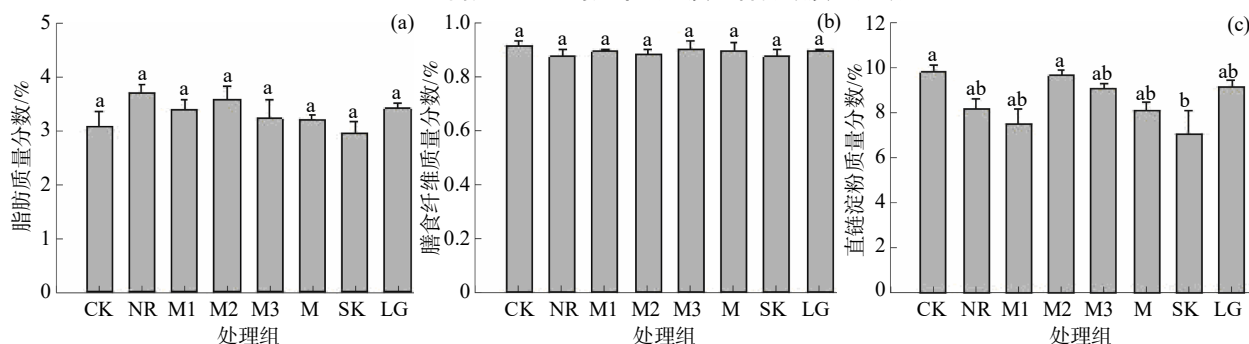


图 3 不同施肥处理的大米脂肪、膳食纤维和直链淀粉质量分数

直链淀粉质量分数分布在 7.0%~9.78%之间, CK、M2、M3 和 LG 处理中较高, 在 9%以上; CK(9.78%)和 M2(9.63%)处理中直链淀粉质量分数要显著高于 SK 处理(7%)(图 3(c)). 不同施肥处理会影响大米的品质, 养分充足的大米中谷氨酸含量更高. CK、M2、M3 和 LG 处理直链淀粉含量相对较高, 直链淀粉含量越高, 米饭口感越偏硬^[9].

2.3 不同施肥处理对水稻病虫害的影响

水稻经过不同的施肥处理之后, 稻曲病的穗病率和病情指数在各处理间差异不显著(图 4).

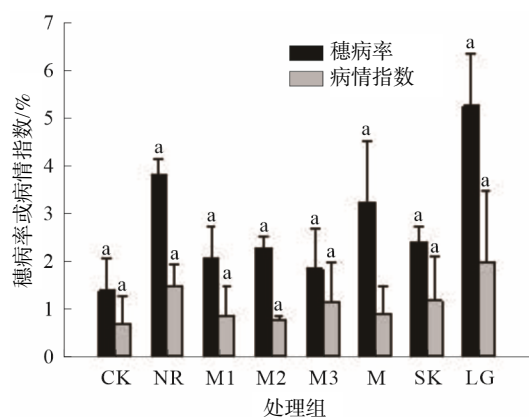


图4 不同施肥处理的水稻稻曲病穗病率或病情指数

在虫害方面, 经过不同施肥方式处理的水稻在后期稻飞虱的危害情况存在显著差异. M处理的稻飞虱发生情况显著高于 CK、M1、SK 和 LG 处理(图 5).

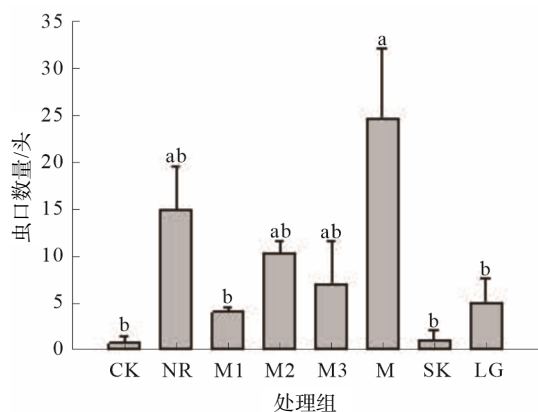


图5 不同施肥处理的水稻稻飞虱暴发情况

二化螟的发生情况在 M 处理中最为严重, 被害丛数最多, 但是各处理间不存在显著性差异(图 6). 有机肥的施用使本试验中水稻稻飞虱和二化螟的发生情况变严重. 而钟平生等^[10]、蒋明星等^[11]、齐琳等^[12]的研究均表明, 施用有机肥不利于稻飞

虱的生长, 因为有机肥不仅能促进水稻健壮生产, 还含有硅等微量元素, 能提高水稻抗性^[13]. 本试验结果的不一致可能与不同处理本身化肥减半有关. 化肥的减量导致了养分不足. 有机肥的添加补充了养分, 使得水稻适口性更好, 这也与稻飞虱喜欢在施用氮肥的水稻植株上取食和产卵, 在高含氮量植株上的取食速率加快、蜜露分泌增多、口针刺探次数少、若虫存活率高、卵巢大和生殖力强、种群暴发频率高的研究结果^[14]一致. 肥料对二化螟发生情况的影响与对稻飞虱的影响类似, 二化螟发生危害随着氮肥用量的增加而加重^[15-16].

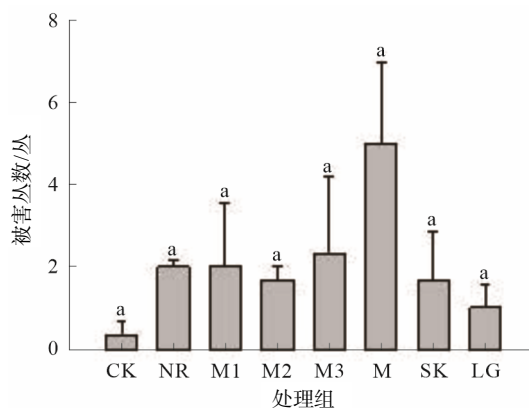


图6 不同施肥处理的水稻二化螟暴发情况

3 结语

按照绿色食品标准, 化学氮肥减半施用生产水稻甬优 1540, 第一年产量基本没有影响. 在化肥减半的基础上增施海藻肥或有机肥能够增加水稻的产量, 每亩增施 20 kg 海藻肥, 增产最为明显, 达到了 $700.7 \text{ kg} \cdot \text{亩}^{-1}$, 比仅施化肥处理增产了 2.7%, 施加海藻肥可作为绿色食品水稻生产的一项辅助施肥措施.

不同施肥处理中大米蛋白质、脂肪、膳食纤维含量没有显著变化, NR、M1、M2、M3 和 M 处理中谷氨酸的含量则显著高于 CK 处理, 说明肥料不足会影响大米中营养物质的合成, 进而影响大米的口感.

水稻经过不同的施肥处理之后, 稻曲病的发生率和病情指数不存在显著性差异. 但是 M 处理的稻飞虱和二化螟的发生情况最为严重. 在养分没有过量的前提下, 施用有机肥可能促进了植物叶片中氮的累积, 从而导致水稻更有利于昆虫的

繁衍,增加水稻虫害发生的可能。

每亩使用 N 7.5 kg、P₂O₅ 2.8 kg、K₂O 8.0 kg、海藻肥 20 kg 的施肥策略符合江浙地区绿色食品水稻的生产要求,可有效提高大米的产量和品质,同时减少病虫害的发生,促进水稻种植可持续发展。

参考文献:

- [1] 赵建坤, 杨远通, 李显军, 等. 绿色食品对农业绿色发展的贡献研究[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(9):185-189.
- [2] 汪文俊, 郭宁, 李威, 等. 我国绿色食品发展现状与前景[J]. 南方农机, 2017, 48(24):191.
- [3] 李晏军. 中国杂交水稻技术发展研究(1964~2010)[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [4] 翟婧, 吴水祥, 赵丽稳, 等. 宁波市水稻白叶枯病重发原因分析与防控对策思考[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(8):85-88.
- [5] 吴愉萍, 连瑛, 王明湖, 等. 按照绿色食品标准施肥对土壤养分和草莓产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(6):1116-1118.
- [6] 蔡克锋, 马荣荣, 王晓燕, 等. 广适性籼粳杂交水稻甬优 1540 的选育与应用[J]. 中国稻米, 2018, 24(3):118-119.
- [7] 谭习羽, 程雄, 黄淑芬, 等. 海藻肥在水稻上最新应用进展[J]. 农学学报, 2018, 8(10):23-27.
- [8] 张栋昊, 蔡妍培, 劳菲, 等. 大米蛋白质与米饭食味品质关联性研究进展[J]. 食品科学, 2023, 44(9):270-277.
- [9] 马佳佳, 乔中英, 黄桂丽, 等. 苏香梗大米的风味特征和品质分析[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(5):166-174.
- [10] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 有机肥对稻飞虱种群及其天敌的影响[J]. 华东昆虫学报, 2005, 14(2):136-140.
- [11] 蒋明星, 程家安. 不同施肥水平对水稻上白背飞虱种群的影响[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(3):81-85.
- [12] 齐琳, 刘桂良, 陈宇博, 等. 有机肥对稻飞虱发生及水稻产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2012, 53(6):866-867.
- [13] 罗守进, 林璐璐. 稻飞虱灾变与环境的关系[J]. 农业灾害研究, 2012, 2(5):65-78.
- [14] 吕仲贤, HEONG K L, 俞晓平, 等. 稻株含氮量和密度对褐飞虱存活、发育和生殖特性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(8):1838-1843.
- [15] 黄志农, 马国辉, 曾晓玲, 等. 肥料运筹对杂交水稻二化螟发生危害的影响[J]. 杂交水稻, 2010, 25(5):76-79.
- [16] 葛洪滨, 李保同, 石庆华, 等. 不同肥料种类及施用量对绿色稻米生产的病虫害发生的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1):195-199.

Effect of fertilizer application methods on rice yield quality and pest and disease incidence

CHEN Dingming¹, ZHOU Yinghua², SUN Hui¹, ZHONG Yingying³, LI Yaying⁴, CAO Jianjun⁵, WU Yuping¹

(1.Ningbo Agricultural Rural Green Development Centre, Ningbo 315012, China;

2.Ningbo Jiangbei District Agricultural Technology Extension Service Station, Ningbo 315000, China;

3.Ningbo Customs Technology Centre, Ningbo 315048, China;

4.Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Ningbo 315000, China;

5.Ningbo Jiangbei District Xinggu Rice Professional Cooperative, Ningbo 315000, China)

Abstract: In order to identify the optimal condition for fertilizer application, the effects of different fertilizer application on yield and quality of rice and the occurrence of pests and diseases under the green food standard were analyzed in the present study. The Yongyou 1540 variety was used. The results showed that the lowest yield was found in the unfertilized rice field, and the highest yield was found in the rice treated with 0.03 kg·m⁻² of seaweed fertilizer, 45.53 kg of pure N, 17.00 kg of P₂O₅, and 48.57 kg of K₂O per acre. This condition resulted in better quality, fewer pests and diseases. This condition is recommended for the use of fertilizer in green food rice production in nearby regions.

Keywords: green food; rice quality; rice pests and diseases; optimal application option

(责任编辑 韩 超)