

林挺锐, 孙郑, 卢日辉, 等. 新型植物源有机药肥对水稻的肥效及防虫效果 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(2): 58-64.
LIN Tingrui, SUN Zheng, LU Rihui, et al. Effects of new organic fertilizers with botanical pesticide components on rice growth and insecticidal efficiency[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(2): 58-64.

新型植物源有机药肥对水稻的肥效及防虫效果

林挺锐¹, 孙 郑², 卢日辉², 刘可星¹, 徐汉虹²

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学 植物保护学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】研究新型植物源有机药肥(烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥)在水稻上的肥效以及对水稻害虫的防治效果,促进水稻栽培过程中化肥、农药双减的实现。【方法】水稻田间试验设计3个处理:常规施肥(对照)、烟渣有机药肥+80%常规施肥、茶皂素有机药肥+80%常规施肥。测定水稻产量,分析水稻稻谷、秸秆养分吸收以及土壤速效养分含量,并在水稻分蘖期调查有机药肥对稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* 的防治效果。【结果】与常规施肥相比,烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥的部分替代施用分别提高水稻产量 22.29% 和 18.58%,稻谷 N、P 和秸秆 K 吸收量显著提高,水稻收获后的大田土壤速效养分含量无显著差异。植物源有机药肥对稻纵卷叶螟和白背飞虱有明显的防治效果,其中烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥对稻纵卷叶螟的防效分别达到 81.27% 和 51.09%,对白背飞虱的虫口减退率分别为 55.74% 和 37.70%。【结论】施用新型植物源有机药肥能部分替代化肥并减少化学农药的使用,增加水稻产量,减少虫害,促进农业可持续生产。

关键词: 植物源有机药肥; 植物源活性杀虫成分; 水稻; 肥效; 防治效果
中图分类号: S511 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-411X(2021)02-0058-07

Effects of new organic fertilizers with botanical pesticide components on rice growth and insecticidal efficiency

LIN Tingrui¹, SUN Zheng², LU Rihui², LIU Kexing¹, XU Hanhong²

(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: 【Objective】To study the effects of new organic fertilizers with botanical pesticide components (tobacco residue organic fertilizer and tea saponin organic fertilizer) on rice growth and pest control efficiency, and promote the double reduction of chemical fertilizers and pesticides in rice cultivation. 【Method】Three treatments were designed as following: Conventional fertilization (control), tobacco residue organic fertilizer plus 80% conventional fertilization, tea saponin organic fertilizer plus 80% conventional fertilization. The rice yields were recorded. Nutrient uptake of rice and straw and soil available nutrients content were analyzed after rice harvest. The control effects of new organic fertilizers on rice leaf roller (*Cnaphalocrocis medinalis*) and white-backed planthopper (*Sogatella furcifera*) were evaluated at rice tillering stage. 【Result】Compared with conventional fertilization, the partial substitution application of tobacco residue organic fertilizer and tea saponin organic fertilizer increased rice yield by 22.29% and 18.58% respectively, and the N and P uptake of rice grain

and K uptake of straw increased significantly. But there were no significant difference in the soil available nutrient contents after rice harvest. The control efficiencies of tobacco residue organic fertilizer and tea saponin organic fertilizer on rice leaf roller and white-backed planthopper were obvious. The rice leaf roller control effects were 81.27% and 51.09% respectively, and the decline rate of white-backed planthopper were 55.74% and 37.70% respectively. 【Conclusion】 The application of botanical organic fertilizers with botanical pesticide components can partially replace chemical fertilizers and reduce the application of chemical pesticides, which is important for increasing yield, reducing rice pests, and promoting sustainable agricultural production.

Key words: organic fertilizer with botanical pesticide component; botanical bioactive component; rice; fertilizer effect; control efficiency

随着农业的发展, 化肥和化学农药作为必不可少的农业投入品被过量施用、盲目施用, 并且带来了地力下降、农业生产成本增加、农产品残留超标、作物药害、环境污染等问题^[1]。为此, 我国农业部制定了农业生产中化肥和农药零增长的行动方案, 以推进化肥和农药施用量双减计划的实施。寻找合适的技术和产品, 减少化肥与农药的用量, 是解决该问题的方向。而化肥、农药使用技术的要求不尽相同, 对化肥与农药减量施用的研究也有各自的技术方法^[2]。将促进植物生长的肥料和保护植物生长的农药结合在一起制成药肥, 既能实现肥效和药效的提高, 又具有相互增效、促进生长、省时省工、节约成本等优点^[3], 是实现减施化肥与农药的重要技术途径之一。目前, 农业生产中应用较多的是将化学农药、化肥按一定工艺混合成具有农药、化肥双重功能的制剂。许多研究报道指出, 肥料与杀虫剂、除草剂、杀菌剂等化学农药通过合理配施对害虫的毒杀与防治、杂草的防治、病害的抑制有明显的效果, 还能促进农作物生长, 增加产量^[4-6]。由化肥与农药混配的药肥具有两者的特性, 能互作增效, 但是也必然会同时存在着两者的一些缺点, 比如施用此类药肥对土壤的结构、肥力改良作用不大, 存在污染、残留等问题^[7]。

在降低环境污染, 促进农业可持续发展过程中, 有机肥和植物源农药分别发挥着重要的作用。有机肥替代化肥的应用研究均表明, 有机肥的有机质含量高、养分全面, 施用后有利于土壤肥力的保持, 提高农产品质量^[8-10]。在开发新型植物源农药的研究中发现, 药用植物中存在大量的具有杀虫、抑菌等功效的生物活性化合物^[11]。这些植物活性物质制成的植物源农药具有高效、低毒、对环境友好等优点^[12]。在此基础上, 以工农业生产的废弃物或植物残渣经无害化处理后, 与具有生物活性的植物类物料组配成具有营养、防虫抗病双重功效的植物源有机药肥^[13], 不仅可以作为有机肥替代化肥, 还因

其含有植物源活性成分, 而具有杀虫功效, 能减少害虫的发生。基于植物源有机药肥在作物控害增产效果上的明显优点, 其在辣椒、黄瓜、马铃薯、花生等瓜果蔬菜类经济作物种植上得到了较多的研究^[14-17]。水稻作为我国重要的粮食作物, 因其种植面积广和对化肥和农药依赖度高而产生的生态环境和食品安全问题迫切需要解决^[17], 植物源有机药肥作为化肥与化学农药的绿色替代品在此能发挥巨大的作用并产生更大的生态效益。目前, 仅有报道水稻种植过程中施用植物源有机药肥提高了水稻经济性状和水稻产量等肥效方面的研究^[18], 对于水稻害虫防治方面的药效研究则鲜见报道。本研究通过水稻大田试验, 用 2 种分别含生物活性成分烟碱和茶皂素的植物源有机药肥 (烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥) 替代部分化肥, 分析其在水稻上的肥效与药效, 以期在水稻生产中实现化肥、农药双减目标提供技术支持, 推动农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 供试材料

水稻品种为‘华航 11’, 由华南农业大学航天航空育种国家工程技术研究中心提供。

常规施肥所用的尿素 (N 质量分数为 46%)、氯化钾 (K_2O 质量分数为 60%) 以及蓝芭田复合肥 (N、 K_2O 、 P_2O_5 质量配比为 15:6:8) 均为商品肥料。

供试的烟渣有机药肥是由烟叶废弃物和枯枝落叶按照体积比 1:1 堆制而成, 其含有的植物活性成分是烟碱等; 茶皂素有机药肥是含 0.5%(w) 茶皂素的枯枝落叶腐熟堆肥。以上 2 种有机药肥均由华南农业大学自主研发, 广州市绿风生物技术有限公司生产, 2 种肥料的基本性质如表 1 所示。

水稻田间试验在华南农业大学增城教学科研基地 (北纬 $N23^{\circ}14'22.02''$ 东经 $E113^{\circ}37'56.62''$) 进行, 试验地的土壤养分状况为: 碱解氮 67.39 mg/kg、有效磷 6.83 mg/kg、速效钾 44.12 mg/kg。

表 1 供试有机药肥基本成分

Table 1 Basic composition of tested organic fertilizers

w/%

有机药肥种类 Type of organic fertilizer	有机质 Organic matter	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
烟渣有机药肥 Tobacco residue organic fertilizer	54.18	1.84	1.64	9.79
茶皂素有机药肥 Tea saponin organic fertilizer	45.83	1.32	1.03	0.76

1.2 试验设计与方法

试验设 3 个处理, 每处理 3 次重复, 每个试验小区为 1 个重复, 小区面积为 90 m²。具体处理如下: 1) 常规施肥 (对照); 2) 烟渣有机药肥+80% (w) 常规施肥 (以下简称烟渣有机药肥); 3) 茶皂素有机药肥+80% (w) 常规施肥 (以下简称茶皂素有机药肥)。

2018 年 8 月 9 日犁耙田并同时施入有机药肥, 施用量均为 3 000 kg/hm², 充分犁耙均匀。8 月 12 日移栽秧苗。常规施肥的情况如下: 水稻移栽后 7 d 第 1 次追肥 (返青期), 尿素 225 kg/hm², 氯化钾 120 kg/hm²; 移栽后 21 d 第 2 次追肥 (分蘖期), 尿素 150 kg/hm², 氯化钾 105 kg/hm²; 第 3 次追肥 (攻穗肥) 在 10 月 3 日, 蓝芭田复合肥 60 kg/hm²。在每次追肥中, 2 个有机药肥处理的常规施肥量减少 20% (w)。在水稻分蘖期进行药效调查, 之后按农民经验进行病虫害管理。11 月 2 日, 各处理小区随机抽取 3 点采集 1 m² 的水稻 (避免边际效应), 自然风干后, 进行称质量测产, 同时取秸秆样、土壤样, 用于养分的分析。

稻谷、秸秆以及土壤样品的养分测定方法如下: 全氮用凯氏定氮法测定, 全磷用钼锑抗比色法测定, 全钾用火焰光度计法测定, 碱解氮用碱解扩散法测定, 有效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定, 速效钾用乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[19]。

1.3 药效调查

根据中华人民共和国国家标准《农药田间药效试验准则》^[20-21] 的方法, 对稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 和水稻白背飞虱 *Sogatella furcifera* 的发生情况进行田间调查。采用平行跳跃式取样, 每小区五点取样, 每点 20 穴, 在水稻分蘖期调查记录各小区稻纵卷叶螟、白背飞虱虫量、卷叶数, 计算防治效果。

1.3.1 防治稻纵卷叶螟药效计算方法 防治稻纵卷叶螟药效按下式计算:

$$\text{卷叶率} = \frac{\text{调查卷叶数}}{\text{调查总叶数}} \times 100\%,$$

(1)

$$\text{防治效果} = \frac{J_{\text{ck}} - J_{\text{t}}}{J_{\text{ck}}} \times 100\%,$$

(2)

式中: J_{ck} 为空白对照区卷叶率, J_{t} 为有机药肥处理区卷叶率。

1.3.2 防治水稻白背飞虱药效计算方法 防治水稻白背飞虱药效按下式计算:

$$\text{虫口减退率} = \frac{\text{施药前虫数} - \text{施药后虫数}}{\text{施药前虫数}} \times 100\%.$$

(3)

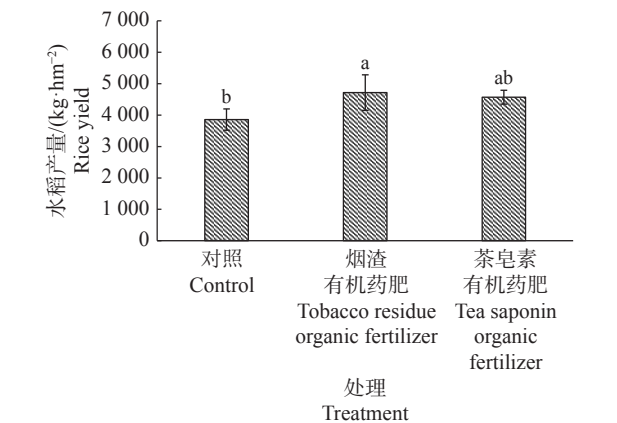
1.4 数据分析与处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 软件进行处理并绘制图表, 采用 SPSS 22.0 软件进行数据间多重比较 (Duncan's 法)。

2 结果与分析

2.1 有机药肥对水稻产量的影响

田间条件下, 不同施肥处理对水稻产量的影响如图 1 所示。与对照相比, 烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥处理分别提高水稻产量 22.29% 和 18.58%, 其中, 烟渣有机药肥处理与对照的差异达到显著水平, 有机药肥处理间的产量则差异不显著。由以上结果可知, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥对水稻均有增产的效果, 而且施用烟渣有机药肥的增产效果更明显。



柱子上的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, Duncan's 法)
Different lowercase letters on bars indicate significant differences ($P<0.05$, Duncan's method)

图 1 不同处理的水稻产量

Fig. 1 Rice yields of different treatments

2.2 有机药肥对水稻养分吸收的影响

由表 2 可知, 在田间条件下, 烟渣有机药肥处理和茶皂素有机药肥处理的水稻稻谷 N、P、K 吸收

表 2 不同处理的水稻养分吸收量¹⁾

Table 2 Nutrient uptake of rice in different treatments

kg·hm⁻²

处理 Treatment	稻谷 Rice grain			秸秆 Straw		
	N	P	K	N	P	K
对照 Control	75.65±12.2b	17.47±1.59b	18.07±2.66b	31.87±13.57a	4.68±1.75a	78.23±10.92b
烟渣有机药肥 Tobacco residue organic fertilizer	94.83±6.73a	23.43±2.26a	23.33±2.33a	49.80±2.64a	7.88±2.43a	97.30±1.75a
茶皂素有机药肥 Tea saponin organic fertilizer	93.81±2.38a	21.39±0.96a	20.66±0.13ab	44.42±7.87a	7.33±1.00a	96.45±5.35a

1) 表中数据为平均值±标准误,n=3; 同列数据后的不同小写字母表示差异显著(P<0.05, Duncan’s法)

1) The data in the table are means ± standard errors, n=3; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences (P<0.05, Duncan’s method)

量均大于对照, 且烟渣有机药肥大于茶皂素有机药肥处理, 但差异不显著; 与对照相比, 2 种有机药肥处理水稻稻谷的 N、P 吸收差异达到显著水平, 且烟渣有机药肥处理的 K 吸收也达显著水平。从不同处理的水稻秸秆养分吸收量来看, 2 种有机药肥处理的水稻秸秆 K 吸收量与对照相比均有提高且差异显著, N、P 吸收量虽有提高但无显著差异, 同时烟渣有机药肥处理比茶皂素有机药肥处理的水稻秸秆 N、P、K 吸收量高, 但差异不显著。以上结果表明, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥后, 能提高水稻稻谷和秸秆养分吸收量, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥对增加水稻稻谷 N、P 吸收量和秸秆 K 吸收量有显著作用, 且施用烟渣有机药肥对

增加水稻稻谷的 K 吸收量也有显著作用。

2.3 水稻收获后土壤速效养分含量的变化

不同处理的水稻田土壤速效养分含量变化如表 3 所示。烟渣有机药肥处理的土壤速效养分含量均高于茶皂素有机药肥处理和对照, 但差异不显著, 烟渣有机药肥处理对提高土壤速效 K 含量有显著作用。茶皂素有机药肥处理的土壤速效 N 和 K 含量高于对照, 而土壤速效 P 含量低于对照, 但是差异不显著。整体而言, 有机肥部分替代化肥, 收获后水稻土壤的速效养分与常规施肥差异不明显。可见, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥, 在减少化肥施用量的同时水稻土的肥力没有降低。

表 3 水稻收获后土壤速效养分含量¹⁾

Table 3 Content of soil available nutrients after rice harvest

w/(mg·kg⁻¹)

处理 Treatment	N	P	K
对照 Control	73.01±4.88a	7.45±0.54a	44.63±0.88b
烟渣有机药肥 Tobacco residue organic fertilizer	85.59±12.48a	7.48±0.96a	48.89±1.64a
茶皂素有机药肥 Tea saponin organic fertilizer	77.72±6.37a	6.32±1.54a	48.72±3.11ab

1) 表中数据为平均值±标准误,n=3; 同列数据后的不同小写字母表示差异显著(P<0.05, Duncan’s法)

1) The data in the table are means ± standard errors, n=3; Different lowercase letters in the same column indicate significant differences (P<0.05, Duncan’s method)

2.4 有机药肥的药效调查结果

在水稻分蘖期对稻纵卷叶螟的调查结果见表 4。施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥的水稻比对照水稻的卷叶率分别减少 3.34% 和 2.10%, 对稻纵卷叶螟的防治效果分别达到 81.27% 和 51.09%。由此可知, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥对稻纵卷叶螟具有较好的防治效果, 而且施用烟渣有机药肥的防治效果更明显。

田间条件下有机药肥对白背飞虱的防治效果

见表 5, 施用烟渣有机药肥与茶皂素有机药肥的小区平均虫数均小于对照, 其中, 施用烟渣有机药肥处理的小区平均虫数与对照差异显著, 2 种有机药肥处理之间无明显差异。施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥水稻的虫口减退率分别达到 55.74% 和 37.70%。可见, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥均能提高对白背飞虱的防治效果, 能明显减少白背飞虱的虫数, 施用烟渣有机药肥对白背飞虱的防治效果更好。

表 4 有机药肥对稻纵卷叶螟的防治效果
Table 4 Control effect of organic fertilizer on rice leaf roller

处理 Treatment	调查总叶数 Investigated leaf number	卷叶数 Roll leaf number	卷叶率 ¹⁾ /%	防治效果/% Control effect
对照 Control	535	22	4.11a	
烟渣有机药肥 Tobacco residue organic fertilizer	519	4	0.77b	81.27
茶皂素有机药肥 Tea saponin organic fertilizer	498	10	2.01ab	51.09

1) 该列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$, Duncan's法)
1) Different lowercase letters in this column indicate significant differences ($P<0.05$, Duncan's method)

表 5 有机药肥对白背飞虱的防治效果
Table 5 Control effect of organic fertilizer on white-backed planthopper

处理 Treatment	五点平均虫数 ¹⁾ The average number of pest at five points	虫口减退率/% Decrease rate of white-backed planthopper
对照 Control	2.44±2.06b	
烟渣有机药肥 Tobacco residue organic fertilizer	1.08±1.41a	55.74
茶皂素有机药肥 Tea saponin organic fertilizer	1.52±1.45ab	37.70

1) 该列数据为平均值±标准误, $n=3$; 该列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$, Duncan's法)
1) The data in this column are means $\pm$ standard errors, $n=3$; Different lowercase letters in this column indicate significant differences ($P<0.05$, Duncan's method)

3 讨论与结论

3.1 植物源有机药肥对水稻的产量与养分吸收量的影响

植物源有机药肥的施用能提高稻谷、秸秆养分吸收量,对水稻品质的提高有促进作用,与常规施肥相比,植物源有机药肥对水稻增产效果显著,施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥分别使水稻增产 22.29% 和 18.58%。有研究显示,对不同农作物施用植物源有机药肥,对产量、养分与品质有提高和促进作用,毕军等^[17]研制发明的植物源药肥使花生品质、花生荚果产量有显著提高,增强植株抗逆性;吴传万等^[15]将植物源药肥施用于黄瓜,使黄瓜显著增产增收,较常规施用化肥处理增产 11.9%。在植物源有机药肥对水稻增产效果研究方面,王亚维等^[18]在水稻常规施肥的情况下,增施有机药肥(以烟叶末和沼渣为配料)750 kg/hm²,提高了水稻经济性状和水稻产量。这是由于植物源有机药肥直接来源于植物材料,本身属于有机质,通常富含 N、P、K 等大量及微量元素,因而在作物上施用后,能提高根系生理活性,改善叶片光合作用,促进干物质积累,增强对病虫害的抗性,因此表现出促进生长、改良品质的效果^[22]。

本研究还发现,不同有机药肥在水稻上施用的

效果也有差异,这是由于水稻生长受到养分供应状况的制约,植物源有机药肥自身的养分含量不同,导致对水稻的养分供给量不同。烟渣有机药肥的养分含量比茶皂素有机药肥高,在相同施用量下,烟渣有机药肥的有机质、N、P₂O₅ 和 K₂O 含量比茶皂素有机药肥分别高 15.41%、28.26%、30.20% 和 92.23%,养分含量更高对农作物的生长与养分吸收具有更好的促进效果,因此增产效果更加显著。通过不同有机药肥的施用,了解其原料、养分的差异性,能帮助我们制定更加科学、合理的施肥方案。

有机肥与无机肥配施是科学增产的方法,维持作物产量需要适当的替代比例,若有机肥施用超过一定比例可能会降低水稻产量。目前,有研究发现,用有机肥完全替代化肥会导致农作物少量的减产,而有机肥部分替代则会起增产效果^[23]。也有研究发现,有机肥最佳替代比例是 15%~30% 或 20%~40%^[24-25]。本研究的有机肥替代比例是 20%,属于最佳替代范围内,既保证了养分的速效性,又减轻了施肥的环境负荷^[26]。因此,通过对施用植物源有机药肥与化肥的比较,能为植物源有机药肥的施用量与施用方式提供一个既能促进农作物增产又能减少有机肥和化肥的投入量、降低成本的方案。

3.2 植物源有机药肥对大田土壤速效养分的影响

本研究施用植物源有机药肥对土壤的速效养分的损耗较少,这对土壤肥力的保持,促进农业生

产的可持续发展具有重要意义。这是由于植物源有机药肥能改良、培肥土壤, 平衡土壤养分, 例如将印楝素提取后的印楝渣制成有机肥料应用于秋葵 *Abelmoschus esculentus* 种植上, 能够改良土壤、平衡土壤养分、调节土壤有益微生物菌群^[27]; 苦豆子 *Sophora alopecuroides* 和牛心朴子 *Cynanchum komarovii* 残渣混配而成的药肥也具有相似功能^[13]。现有研究发现, 施用有机肥短期内对土壤 N、P、K 速效养分提升作用不明显^[28], 长期施用则会促使 N、P、K 速效态养分得到明显增加^[29]。本研究施用植物源有机药肥在土壤的改良上与有机肥表现出相同的效果, 今后需要在土壤结构、微生物活性、养分转化等方面进行长期深入的研究, 希望植物源有机药肥在土壤保护与农业可持续发展方面能发挥重要作用。

3.3 植物源有机药肥的药效研究

以水稻种植过程中常见的 2 种害虫稻纵卷叶螟和白背飞虱作为药肥的防治对象, 在水稻生产上主要是喷施不同化学杀虫剂来防治这 2 种水稻害虫。参考不同化学杀虫剂在稻纵卷叶螟和白背飞虱的药效试验结果^[30-32], 化学杀虫剂施用后对稻纵卷叶螟的防治效果在 25%~90% 之间, 平均在 80% 以上, 对白背飞虱防治效果均在 90% 以上。其他植物源农药在水稻应用上, 叶龚灵等^[33] 在田间试验中喷施不同浓度的藜芦碱和印楝素, 对水稻纵卷叶螟的防治效果在 56.20%~68.66%。在对白背飞虱的防治研究上, 喷施 ϕ 为 1%~5% 的印楝素后, 对白背飞虱的防治效果在 62.1%~93.2%^[34]。本研究中的 2 种植物源有机药肥分别含有生物活性成分烟碱和茶皂素, 施用后对稻纵卷叶螟的防治效果分别为 81.27% 和 51.09%, 对白背飞虱的防治效果 (虫口减退率) 分别为 55.74% 和 37.70%, 施用烟渣有机药肥对水稻害虫的防治效果优于茶皂素药肥。从化学农药对稻纵卷叶螟和白背飞虱的防治效果可看出其高效性, 且由于其易于制造与配制而被广泛使用^[13], 但是植物源农药和植物源有机药肥具有以下优点是化学农药不具备的: 环境相容性好、生物活性多样、对高等动物及害虫天敌安全、药效较为缓和、持效期较长^[12]。与喷施其他植物源农药相比, 施用烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥对稻纵卷叶螟的防治效果相似, 对白背飞虱的防治效果则稍微偏低。这是由于烟渣有机药肥和茶皂素有机药肥中活性成分浓度低于其他植物源农药, 且与其他植物源农药的施用方式不同也会造成结果的差异, 但它们对水稻害虫均有明显的防治效果。因此, 在施用植物

源有机药肥后, 可以减少普通化学农药的施用量, 起到保护环境的作用。

3.4 结论

在本试验条件下, 新型植物源有机药肥的部分替代常规肥施用均明显提高了水稻的产量, 提高了稻谷养分吸收量, 且能保持土壤肥力。对水稻害虫稻纵卷叶螟和白背飞虱的防治有明显效果, 能减少化学农药施用量, 减少环境污染。其中, 烟渣有机药肥替代施用后的肥效与药效均优于茶皂素有机药肥, 这可能与植物源有机药肥自身养分含量和生物活性成分 (烟碱和茶皂素) 含量有关。用植物源有机药肥部分替代化肥施用于水稻, 为水稻栽培过程实现化肥农药的双减提供了新的技术途径, 有利于农业可持续发展。

参考文献:

[1] 金书秦, 张惠. 化肥、农药零增长行动实施状况评估[J]. *中国发展观察*, 2017(13): 35-39.

[2] 李国防. 药肥研究进展[J]. *河南化工*, 2018, 35(7): 12-15.

[3] 蓝亿亿, 茶正早. 药肥的研究进展[J]. *陕西农业科学*, 2007(6): 105-108.

[4] 汤其林, 蒋正琦, 宋荣华, 等. 内吸式杀虫剂与氮素化肥混施对水稻的增产效益[J]. *农业现代化研究*, 1995(6): 392-395.

[5] 谭放军, 周艳, 万强. 除草杀虫药肥在水稻上的应用效果[J]. *湖南农业科学*, 2015(2): 31-33.

[6] 刘俭, 张亮, 邹云红, 等. 龙亢农场水稻全生育期药肥双减试验[J]. *园艺与种苗*, 2019(1): 46-47.

[7] 张洪昌, 丁云梅, 金汇源. 生态环保复合药肥的研制与生产[J]. *磷肥与复肥*, 2006(6): 39-41.

[8] BRONICK C J, LAL R. Soil structure and management: A review[J]. *Geoderma*, 2005, 124(1): 3-22.

[9] 徐明岗, 李冬初, 李菊梅, 等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(10): 3133-3139.

[10] HUANG S, RUI W, PENG X, et al. Organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a subtropical paddy soil[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2010, 86(1): 153-160.

[11] 郭宇俊, 韩俊艳, 李志强, 等. 植物源农药的研究与应用[J]. *黑龙江农业科学*, 2019(4): 131-133.

[12] 张兴, 马志卿, 冯俊涛, 等. 植物源农药研究进展[J]. *中国生物防治学报*, 2015, 31(5): 685-698.

[13] 毕军, 夏光利, 毕研文, 等. 植物源药肥的研究及开发应用前景[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(3): 272-274.

[14] 王亚维, 张国洲, 肖卫平, 等. 有机药肥对辣椒的控害增产效果[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(32): 12588-12613.

[15] 吴传万, 杜小凤, 顾大路, 等. 植物源药肥对温室黄瓜生长发育和土壤环境的影响[J]. *江苏农业学报*, 2014, 30(1): 92-99.

[16] 史桂芳, 毕军, 夏光利, 等. 植物源药肥对马铃薯及土壤

- 理化性质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 115-120.
- [17] 毕军, 夏光利, 朱国梁, 等. 植物源药肥对花生生长、害虫防效及土壤微生物活性的影响[J]. 土壤通报, 2008(5): 1097-1101.
- [18] 王亚维, 张国洲, 罗来锦. 有机药肥在水稻田的施用效果[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(31): 12306-12347.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [20] 中华人民共和国农业部. 农药田间药效试验准则: 杀虫剂防治稻纵卷叶螟: GB/T 17980.2—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [21] 中华人民共和国农业部. 农药田间药效试验准则: 杀虫剂防治水稻飞虱: GB/T 17980.4—2000[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [22] 刘艳, 高遐虹, 姚允聪. 不同植物源有机肥对沙质土壤黄金梨幼树营养效应的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2546-2553.
- [23] ZHANG X, FANG Q, ZHANG T, et al. Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures in crop production in China: A meta-analysis[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(2): 888-900.
- [24] 孟琳, 张小莉, 蒋小芳, 等. 有机肥料氮替代部分化肥氮对稻谷产量的影响及替代率[J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 532-542.
- [25] 周江明. 有机-无机肥配施对水稻产量、品质及氮素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(1): 234-240.
- [26] NI B, LIU M, LÜ S, et al. Multifunctional slow-release organic-inorganic compound fertilizer[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(23): 12373-12378.
- [27] AYITO E O, IREN O B, JOHN K, et al. Effects of neem-based organic fertilizer, NPK and their combinations on soil properties and growth of okra (*Abelmoschus esculentus*) in a degraded ultisol of Calabar, Nigeria[J]. *International Journal of Plant & Soil Science*, 2018, 24(5): 1-10.
- [28] 荣勤雷, 梁国庆, 周卫, 等. 不同有机肥对黄泥田土壤培肥效果及土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1168-1177.
- [29] 李继明, 黄庆海, 袁天佑, 等. 长期施用绿肥对红壤稻田水稻产量和土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 563-570.
- [30] 叶高潮, 蒋长根, 安淑刚, 等. 3 种杀虫剂防治稻纵卷叶螟药效研究[J]. 现代农业科技, 2018(6): 106-109.
- [31] 宋珠文, 吴文聪, 卜媚, 等. 不同杀虫剂防治水稻稻纵卷叶螟效果试验研究[J]. 农业科技通讯, 2017(10): 66-69.
- [32] 况虹敏, 叶小丽, 甘建登, 等. 几种药剂对早稻白背飞虱田间药效试验报告[J]. 农民致富之友, 2015(22): 162-163.
- [33] 叶龚灵, 朱昕, 司宏明, 等. 两种植物源新型农药防治有机水稻纵卷叶螟的应用效果初报[J]. 农技服务, 2014, 31(10): 65.
- [34] XIE Y S, FIELDS P G. Repellency and toxicity of azadirachtin and neem concentrates to three stored-product beetles[J]. *Journal of Economic Entomology*, 1995(4): 1024-1031.
- [35] LENGAI G M W, MUTHOMI J W, MBEGA E R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production[J/OL]. *Scientific African*, 2020, 7: e00239. [2020-09-15]. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>.

【责任编辑 李晓卉】