

田间噻嗪酮与黄绿绿僵菌对褐飞虱的协同防治^{*}

耿博闻^{1,2}, 张润杰¹

(1. 中山大学生物防治国家重点实验室, 广东 广州 510275;
2. 暨南大学水生生物研究所, 广东 广州 510632)

摘 要: 在广州郊区稻田中用黄绿绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Bosenberg et Strand 和低用量农药噻嗪酮 (buprofezin) 对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 进行了协同防治作用药效试验。试验共设低用量噻嗪酮、高用量噻嗪酮、黄绿绿僵菌、1 低用量噻嗪酮和黄绿绿僵菌混施、清水对照共 5 个喷雾处理, 每处理 3 个重复小区 (4 m×5 m), 随机区组排列。在处理前 1 天、处理后的第 2、6、11、16、21 d 分别调查褐飞虱每丛的飞虱数。结果表明, 低用量噻嗪酮与黄绿绿僵菌混施可以有效的控制田间稻飞虱的种群密度, 对成虫的防效在第 16 天、对若虫第 21 天时达到 95% 以上, 其相对防效和虫口减退率都有明显升高并表现出明显的协同作用, 这种协同作用对褐飞虱成虫的防治效果优于对褐飞虱若虫的防治效果。

关键词: 黄绿绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Bosenberg et Strand; 噻嗪酮; 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål; 协同作用

中图分类号: S435.11 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2005) 03-0078-04

稻飞虱属同翅目, 飞虱科, 是我国水稻第一大类害虫。其中, 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 分布全国水稻各产区, 尤以长江以南各省区发生较多, 且为害逐年加重, 地域不断扩大。受害稻株丛基部为黑褐色, 渐渐全株枯黄, 对水稻产量影响很大。褐飞虱大发生的 1991 年, 为害损失达 25 亿 kg, 直接经济损失达人民币 50 亿元^[1]。由于持续施用农药所造成的稻飞虱再猖獗、抗药性和农药污染等副作用, 生物防治稻飞虱的研究与应用日益显示出其重要性^[2]。昆虫病原真菌有较强的专一性, 且对环境无污染, 是用于防治稻飞虱的一个理想选择, 这方面国内外已有一些报道^[3-5]。噻嗪酮 (buprofezin, 商品名扑虱灵) 是一种具有良好选择性的高效、长效、对环境安全的新型昆虫生长调节剂, 对褐飞虱、白背稻虱 *Sogatella furcifera* 等同翅目昆虫具有良好的控制作用。它通过抑制昆虫几丁质合成酶的活性, 阻碍几丁质合成, 使昆虫的蜕皮和化蛹过程受阻, 活动减缓, 取食减少, 甚至死亡^[6]。黄绿绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* 目前主要用于蝗虫的防治^[7,8], 也能在田间感染褐飞虱^[5,9]。真菌杀虫剂和一些化学合成农药联合施用对害虫具有协同防治作用, 其机理是农药通过削弱昆虫的外骨骼, 使真菌杀虫剂更易侵入虫体, 这样昆虫对疾病的感染更加敏感^[9]。由于真菌杀虫剂的有效成份是

活体孢子, 对昆虫寄主的侵染致死存在着潜伏期^[10]而表现为杀虫作用较慢, 在真菌制剂中添加低剂量生物学相容的高效低毒低残留化学杀虫剂, 可起到缩短潜伏期和增强侵染力的增效作用^[11]。本文研究了黄绿绿僵菌与低浓度农药噻嗪酮混施防治稻飞虱中的协同防治作用, 现将结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试菌粉生产及菌剂配制 黄绿绿僵菌从自然感病褐飞虱虫尸上分离而得。按照 Magalhães 和 Frazão 1995 的方法利用低质陈米为原料进行固相发酵产孢。孢子粉用含 *w* 为 0.02% Tween 80 的蒸馏水制成悬浮液, 并稀释成活性孢子浓度为 2.1×10^9 孢子/mL 的菌液备用。

1.1.2 供试药剂 扑虱灵 (噻嗪酮) 可湿性粉剂 (WP), 常州农药厂生产。配置成 250 mg/L 和 25 mg/L 的溶液备用。

1.2 调查方法

1.2.1 试验设计方法 试验于 2003 年 5—6 月在广州北郊区岑村稻田进行。水稻品种为丰优 128, 将大田划分为 15 个面积为 20 m² 的小区进行试验, 每个小区之间留 4~6 行水稻作为缓冲保护行。试验设 5 个处理, 分别为 ①对照 (CK); 4 L 清水喷

* 收稿日期: 2004—03—01

基金项目: 国家重大基础研究“973”资助项目 (G2000016210)

作者简介: 耿博闻 (1960 年生), 男, 博士; 通讯联系人: 张润杰; E-mail: ls11@zsu.edu.cn

雾；②噻嗪酮低用量（Bu1）：4 L 25 mg/L 的噻嗪酮喷雾，用量相当于常规用量的 9%；③菌液（Met）：4 L 喷雾，相当于 4.2×10^{12} ng/hm²，为常规用量；④噻嗪酮低用量+菌液（Bu1+Met）：先用 4 L 25 mg/L 的噻嗪酮喷雾，待叶面药液干燥后，再喷施菌液 4 L。⑤噻嗪酮高用量（Bu2）：4 L 250 mg/L 的噻嗪酮喷雾，为常规用量。每个处理 3 个重复，实验小区采用完全随机区组，东西走向分区排列。试验期间不使用其它杀虫剂，田间管理与其它稻田一致。

1.2.2 调查取样方法 在水稻分蘖末期对稻田节肢动物群落进行抽样调查，当虫口密度达到每簇 15 头以上时开始喷药防治。采取平行线取样法，每次每小区调查 10 个点，施药前一天调查 1 次，施药后 2, 6, 11, 16, 21 d 各调查 1 次，共 6 次。每次每点用盘拍法调查 3 丛，分别记录每丛褐飞虱若虫和成虫的数量并校正^[12]。

1.3 数据处理与分析

对每次抽样调查数据按处理统计虫口密度（飞虱数/百丛）、并计算相对防效（%）和虫口减退率（%）如下：

相对防效=1- $\frac{\text{处理前对照虫量} \times \text{处理后处理虫量}}{\text{处理后对照虫量} \times \text{处理前处理虫量}} \times 100\%$

虫口减退率=1- $\frac{\text{处理前对照虫量} \times \text{处理后处理虫量}}{\text{处理前处理虫量}} \times 100\%$

处理间各统计量通过方差分析和 Turkey 检验

进行比较，并用 DPS 软件完成^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同处理下褐飞虱的种群密度的变化

经过 6 次调查取样，不同处理下褐飞虱的种群密度的变化如表 1 所示。CK 小区的褐飞虱若虫的种群密度从开始时的 782 头/百丛 上升到 21 d 后的 2164 头/百丛，增长了约 2.8 倍。而成虫的种群密度从 518 头/百丛上升到 1721 头/百丛，增长了 3 倍多。施药后 Met 和 Bu1+Met 小区的褐飞虱种群密度都持续的下降，21 d 后成虫分别下降到 3.6 头/百丛和 0 头/百丛；若虫分别下降到 252 头/百丛和 64 头/百丛，与 CK 相比差异显著。Bu1 和 Bu2 小区的褐飞虱若虫的种群密度在施药后的第 2、第 6 天是上升的，但在第 11~21 天种群密度下降，和对照相比差异显著。田茂仁等^[14]也观察到过类似的结果。褐飞虱成虫在 Bu1 小区种群密度一直上升，在第 6 天调查时达到最高，但此后上升的幅度逐渐减小，与 CK 相比较有显著差异，到第 21 天时已和未施药前的基数大体相当。褐飞虱成虫在 Bu2 小区的种群密度在施药后的第 2、第 6 天是上升的，但第 11 天已下降到低于施药前的基数，第 21 天已下降到施药前基数的 8%左右，与对照相比差异显著。

表 1 对稻田褐飞虱施用黄绿绿僵菌或噻嗪酮或混合施用 后种群密度的比较(头 /100 丛)¹⁾

Tab 1 Comparison of the number of *Nilaparvata lugens* every 100 hills after spraying Buprofezin or *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* or both(heads /100hills)

天 数	处理				
	CK	Bu1	Bu2	Met	Met+ Bu1
若虫					
— 1	782.0±102.3a	846.1±82.5a	693.2±216.7a	729.8±28.4a	805.9±123.8a
2	892.2±116.8a	886.7±98.5a	871.6±125.7a	777.8±57.1a	771.7±257.3a
6	1080.6±287.3ab	999.3±316.7ab	927.5±157.9ab	720.3±112.7a	663.1±15.7a
11	1331.8±356.8b	832.0±213.4a	506.2±157.8c	652.4±56.9a	528.3±38.1c
16	1608.7±289.0b	692.0±29.1a	413.9±129.5c	555.3±78.3c	369.3±26.3c
21	2164.9±562.8b	679.5±59.1a	253.2±57.6c	252.5±101.9c	63.9±102.8d
成虫					
— 1	518.4±125.8a	467.7±106.2ab	591.0±39.2a	624.2±91.5a	566.7±63.9a
2	589.8±67.9a	601.9±152.9a	598.7±217.9a	509.7±137.4a	495.5±82.0a
6	783.4±181.1b	682.2±121.5b	605.7±67.6b	437.6±38.2ab	317.6±136.7ab
11	1001.3±228.6c	655.2±88.4a	385.3±35.8ab	218.3±21.9d	97.4±15.0d
16	1262.2±378.3c	553.7±105.6a	223.3±39.2d	55.2±12.4d	15.0±117d
21	1721.3±446.6c	510.2±65.3a	49.5±21.1d	3.6±0.7d	0

1) 每列中数据后的不同小写字母表示 Tukey 测验结果，即相应处理的均值差异显著（P<0.05）

2.2 不同处理对褐飞虱相对防效与虫口减退率

施不同菌、药后的各处理对褐飞虱若虫的相对防效和虫口减退率如图 1 所示。相对防效和虫口减退率是田间药效评价的常用指标，施药、菌后第 2 天相对防效和虫口减退率都很低，与施药前的基数相比差异不显著。基于清水对照的相对防效在 Bu1、Bu2、Met 和 Bu1+Met 4 个处理第 6 天分别达到 14.6%、3.1%、28.5%和 40.4%，其中噻嗪酮的 2 个处理 Bu1 和 Bu2 相对防效较低，与施药前基数相比差异不显著，但和同期的 CK 相比差异显著，而含黄绿绿僵菌的处理 Met 和 Bu1+Met 的相对防效较高，与对照和药前基数相比都有较大的差异。第 6 天 Bu1 和 Bu2 的虫口减退率都是负值，为 -13.7%和 -21.8%，说明褐飞虱的种群密度在施药后第 6 天还在增加。从第 11 到 21 天各处理的相对防效和都持续上升。第 21 天时 Bu1、Bu2、Met 和 Bu1+Met 4 个处理的相对防效分别达到 71%、86.8%、87.5%和 97.1%；虫口减退率分别达到 13.1%、62.5%、76.4%和 98.5%；而此时的 CK 的虫口减退率却是一 171.8%。

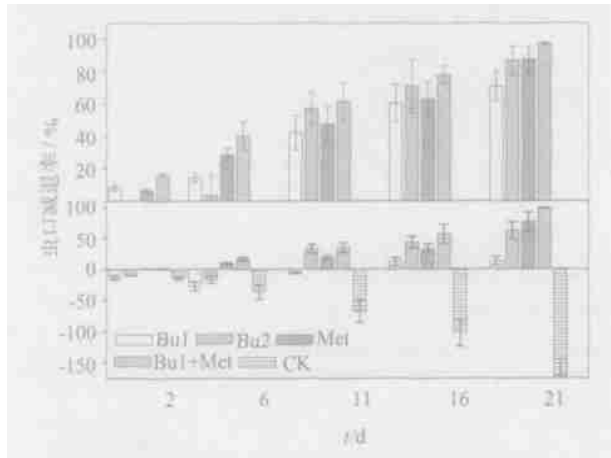


图 1 稻田施用黄绿绿僵菌、噻嗪酮和混合施用后对褐飞虱若虫的相对防效与虫口减退率

Fig 1 Density decrease of BPH nymphs after spraying *M. anisopliae* var. *acridum* and buprofezin in the field

褐飞虱成虫的相对防效和虫口减退率如图 2 所示。施药、菌后第 2 天相对防效和虫口减退率都很低，与施药前的基数相比差异不显著。第 6 天相对防效在 Bu1、Bu2、Met 和 Bu1+Met 4 个处理分别达到 3.4%、32.2%、53.6%和 62.9%，除 Bu1 外，其它 3 个处理与施药前基数、同期的 CK 相比都有显著差异。含黄绿绿僵菌的处理 Met 和 Bu1+Met 的相对防效较高，与对照和药前基数相比都有较大的差异。第 6 天 Bu1 和 Bu2 的虫口减退率是负值，分别为 -31.7%和 -18.8%，说明褐飞虱成虫的种

群密度在施药后第 6 天还在增加。从第 11 到 21 天各处理的相对防效和都持续上升。第 21 天时 Bu1、Bu2、Met 和 Bu1+Met 4 个处理的相对防效分别达到 67%、92%、98.5%和 100%；虫口减退率分别达到 1.5%、78.9%、92.5%和 100%；此时的 CK 的虫口减退率是一 212.6%。

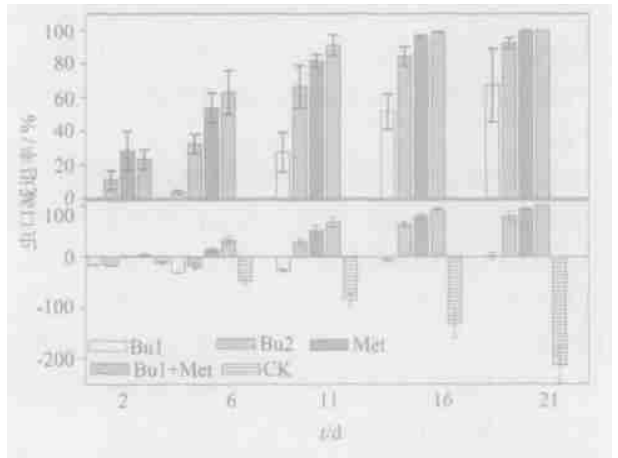


图 2 稻田施用黄绿绿僵菌、噻嗪酮和混合施用后对褐飞虱成虫的相对防效与虫口减退率

Fig 2 Density decrease of BPH adults after spraying *M. anisopliae* var. *acridum* and buprofezin in the field

对比图 1 和图 2，可以看出，噻嗪酮对褐飞虱的若虫防治效果较好，而黄绿绿僵菌对褐飞虱成虫防治效果较好，混合施用时对二者的防治效果都有提高。

3 讨论

Rombach 等^[9]对黄绿绿僵菌作用与褐飞虱时的毒力进行过研究，我们的 Met 小区的结果与之相符。虽然 21 d 后相对防效可达到 95%以上，但也表现出了与许多农药相比单独施用昆虫病原真菌的因潜伏期而造成的起效慢、毒力低的特点。在混合施用若虫的第 2 天虫口减退率比噻嗪酮低用量、高用量和黄绿绿僵菌单独施用分别提高了 14.4%、11.4%和 0.8%，第 6 天分别提高了 44.2%、33.5%和 7.4%；成虫的第 2 天虫口减退率比噻嗪酮低用量、高用量和黄绿绿僵菌单独施用分别提高了 19.8%、20.9%和 2.2%，第 6 天分别提高了 63.8%、50.9%和 18.5%，在施用的初期虫口减退率的提高说明混合施用能够有效的缩短昆虫病原真菌对寄主侵染的潜伏期。

噻嗪酮和黄绿绿僵菌的协同作用也表现在相对防效的提高，如图 1，2 所示，在施药、菌后每一次统计，混施组 Bu1+Met 的相对防效都要比同时期的噻嗪酮或黄绿绿僵菌单独施用的 Bu1、Bu2 和

Met 组要高。

噻嗪酮作用机理是抑制昆虫表皮几丁质的合成，从而引起昆虫脱皮困难而死亡，因此它对褐飞虱若虫有很强的杀虫活性，而对成虫无直接毒杀作用^[16]。虽然试验结果统计中噻嗪酮对成虫的相对防效和虫口减退率也比较高，但这主要是由于在噻嗪酮作用下大部分褐飞虱若虫发育不到成虫阶段就已死亡从而使稻田中成虫的种群密度降低造成（图 1，2）。

昆虫的不同发育阶段对昆虫病原真菌的敏感性是不同的^[17]。而且不同的昆虫各发育阶段对病原真菌的敏感顺序也不同。如，白粉虱对 *Aschersonia aleyrodis* Webber 的敏感性随着虫龄的增加而减弱，低龄比高龄更敏感。而 *Helicoverpa* spp. 对 *Nomuraea rileyi* (Farlow) 的敏感性低龄比高龄低^[18]。在我们的试验中，对比图 1，2 就可以看出，黄绿绿僵菌对褐飞虱成虫的防治效果要比若虫好。虽然成虫不再蜕皮，几丁质的代谢仍在进行。在噻嗪酮的作用下几丁质合成受到抑制，昆虫的外表皮变得单薄脆弱，使病原真菌的侵入穿透昆虫的外表皮变得更容易^[13]。了解害虫不同的发育阶段对病原真菌的敏感性，可正确的制定防治策略，在生物防治过程中是非常重要的。因此我们对褐飞虱的若虫和成虫的防治效果分别做了统计，结果表明，混合施用时对成虫的防治效果要好于对若虫的防效。当然，与许多农药相比，药效慢、毒力小，但是由于对环境无污染，对人畜无毒害，对天敌危害轻，在人们呼唤绿色食品的今天还是有广阔的应用前景的。

试验结果表明，黄绿绿僵菌和噻嗪酮混合施用时的协同作用除了上述的促进和增效作用外，还表现为对褐飞虱成虫毒杀效果好于对若虫的毒杀效果，这在褐飞虱的生物防治中有很大的意义，因为成虫阶段的褐飞虱取食量大，迁飞、扩散能力强，繁殖速度快，对水稻的危害最为严重，此时用黄绿绿僵菌和噻嗪酮混合进行防治，能够取得良好的保产效果。

参考文献：

[1] 李汝铎, 丁锦华, 胡国文, 等. 褐飞虱及其种群管理 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1979.

[2] CHIU S C. Biological control of the brown planthopper//Brown Planthopper: Rice research inst [M]. Los Banos: Threat to rice production in Asia, 1996: 335—355.

[3] 应盛华, 冯明光, 许寿涛, 等. 球孢白僵菌分生孢子乳悬剂对甘蓝上桃蚜的田间控制效果[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4) : 545—548.

[4] HOLDOM D G, TAYLOR P S, SOPER R S. Activity of entomophthoran fungal isolates (Zygomycetes) against *Nilaparvata lugens* and *Sogatodes orizicola* (Homoptera: Delphacidae)[J]. J Invertebr Pathol, 1988, 52: 221—230.

[5] ROMBACH M C, AGUDA R M, SHEPARD B M, et al. Infection of rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), by field application of entomopathogenic Hyphomycetes (Deuteromycotina) [J]. Environ Entomol, 1986, 15: 1070—1073.

[6] 贝亚维, 顾秀慧, 陈华平, 等. 噻嗪酮的作用方式研究 [J]. 浙江农业学报, 1995, 8 (1) : 30—33.

[7] THOMAS M, GBONGBOU C, LOMER C, et al. Between—season survival of the grasshopper pathogen *Metarhizium flavoviride* in the Sahel [J]. Biocontrol Sci and Tech, 1996, 6: 569—573.

[8] LOMER C, PRIOR C, KOOYMAN C. Development of *Metarhizium* spp. for the control of grasshoppers and locusts [J]. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 1997, 171: 265—286

[9] FURLONG M J, GRODEN E. Evaluation of synergistic interactions between the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) pathogen *Beauveria bassiana* and the insecticides imidacloprid and cyromazine [J]. J Econ Entomol, 2001, 94: 344—356.

[10] BOMAN H G. Insect responses to microbial infections // Burges H D ed. Microbial control of pest and plant diseases 1970—1980 [M]. New York: Academic Press, 1980: 769—784.

[11] 陈斌, 冯明光. 两种杀虫真菌制剂与低用量吡虫啉对温室粉虱的协同防效评价 [J]. 应用生态学报, 2003, 14 (11) : 1934—1938.

[12] 蔡立正, 丁锦华, 张有明, 等. 盘拍法调查褐飞虱种群的准确性测定 [J]. 昆虫知识, 1995, 32 (2) : 69—72.

[13] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台 [M]. 北京: 科学出版社, 2002, 34—130.

[14] 田茂仁, 薄正国, 谢雪梅, 等. 扑虱灵控制褐飞虱的效果评价 [J]. 昆虫知识, 1996, 33 (3) : 129—132.

[15] UCHIDA M, ASAI T, SUGIMOTO T. Inhibition of cuticle deposition and chitin biosynthesis by a new insect growth regulator buprofezin in *Nilaparvata lugens* [J]. Agri Bio Chem, 1985, 49 (4) : 1233—1234.

[16] FERRON P. Biological control of insect pests by entomogenous fungi [J]. Annu Rev Entomol, 1978, 23: 409—442.

[17] MOHAMED A K A, SIKOROWSKI P P, BELL J V. Susceptibility of *Heliothis zea* larvae to *Nomuraea rileyi* at various temperatures [J]. J Invertebr Pathol, 1977, 30: 414—417.

(下转第 85 页)

& Hall, 1993.

[7] BROWN G G, SIMPSON M V. Novel features of animal mtDNA evolution as shown by sequences of two rat cytochrome oxidase subunit II genes[J] . Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 1982 79: 3246—3250.

施氏屋顶鼠和海南屋顶鼠的线粒体 12S rRNA
基因序列的歧异及其系统进化关系

江庆澜¹，何 森²，辛景禧²，黄荣春³，关海山³
(1. 广州市第一人民医院中心实验室，广东 广州 510180;
2. 中山大学生命科学院生物系，广东 广州 510275;
3. 香港中文大学生物系，香港)

摘 要：屋顶鼠的两个亚种——施氏屋顶鼠和海南屋顶鼠的外形和毛色相似，在一些标本的测量记录中，它们间的主要区别特征之一的尾长与体长比却是不肯定的。在广东，海南屋顶鼠仅分布于粤西区，而施氏屋顶鼠则分布于其余区域。在我们的这项研究中，采用了 9 个分别来自于施氏屋顶鼠（龙门种群和香港种群）及海南屋顶鼠的样品进行了线粒体 12S rRNA 基因的测序，在所分析的 385 个核苷酸位点长度的片段中，包含有 26 个变异位点和 14 个简约信息点，观察到 3 个插入/缺失位点。通过邻接法和最大简约法重建这些鼠类样品的系统进化关系。相比于施氏屋顶鼠的香港种群，海南屋顶鼠与施氏屋顶鼠的龙门种群有着更紧密的亲缘关系。基于 12S rRNA 基因片段的序列数据，本项分析不赞同把海南屋顶鼠分类成为一个亚种的观点，认为海南屋顶鼠的形态变化是自然选择的结果，并由此导致当地适应和地理隔离。

关键词：施氏屋顶鼠；海南屋顶鼠；线粒体 DNA；序列；歧异；系统进化关系

中图分类号：Q754

(上接第 81 页)

Synergism Between Low Concentration Buprofezin and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* on Controlling *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae)

GENG Bo wen^{1,2}, ZHANG Run jie¹

(1. State Key Laboratory for Biological Control, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The synergism between low concentration buprofezin and *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* to control brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* was tested in paddy field in Guang Zhou City, Guang Dong. Four treatments and one water control were included in the experiments: low application rates of buprofezin, high application rates of buprofezin, *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* and low application rates of buprofezin + *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* with each being replicated in three plots (4m×5m). Counts of the adults and nymphs of brown planthopper were made before the day of treatment, and 2nd , 6th , 11th, 16th and 21st day after treatment. The result showed that buprofezin synergizes *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. Both the density decrease rate and relative efficacy increased significantly from simultaneous use of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* and buprofezin comparing to those from lonely use. Thus the fungus and buprofezin combined formulation tested in this study are of great potential use in brown planthopper control.

Key words: *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Bosenberg et Strand; buprofezin; *Nilaparvata lugens* Stål; synergism