

施氮对白背飞虱在水稻上适应性的影响

徐红星 张珏锋 郑许松 俞晓平 吕仲贤*

(浙江省农业科学院 植物保护与微生物研究所, 浙江 杭州 310021; * 通讯联系人, E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn)

Effect of Nitrogen Application on Ecological Fitness of the Whitebacked Planthopper, *Sogatella furcifera* on Rice (*Oryza sativa*)

XU Hong xing, ZHANG Jue feng, ZHENG Xu song, YU Xiao ping, LU Zhong xian*

(Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; * Corresponding author, E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn)

Abstract: The ecological fitness including nymphal development duration, survival rate, female adult weight and fecundity of the whitebacked planthopper (WBPH) on rice varieties Shanyou 63 (hybrid), Xiushui 63 (japonica) and Zhe 733 (indica) at different nitrogen fertilizer levels were investigated. The WBPH population on the same rice variety with high nitrogen application (N_H) developed more quickly than that without nitrogen application (N_L). The nymphal duration shortened on the N_H rice plants and prolonged on the N_L rice plants with increasing WBPH generation. The survival rate of nymph was significantly increased with nitrogen application. Higher body weight and fecundity of the female adult and hatchability of eggs were observed in WBPH feeding on N_H rice plants than those on N_L rice plants. And the same trends were noted in the increasing WBPH generation. There were significant effects of rice varieties, nitrogen levels and WBPH generation on the weight and fecundity of the female adult.

Key words: whitebacked planthopper; rice variety; nitrogen fertilizer; ecological fitness; generation

摘要: 以杂交稻组合汕优 63、常规粳稻品种秀水 63 和常规籼稻品种浙 733 为材料, 采用室内继代饲养的方法, 研究了不同类型水稻品种上施用氮肥对白背飞虱生长发育、存活率和繁殖等的影响。结果表明, 施用氮肥可以显著提高白背飞虱种群生态适应性。同一水稻品种, 在施用氮肥的植株上白背飞虱若虫历期缩短, 随着取食代数的增加, 在不施氮稻株上的若虫历期明显延长, 而在施氮稻株上的若虫历期则明显缩短。白背飞虱若虫存活率随着施氮而显著提高, 品种和饲养代数对其存活率也均有着极显著的影响。在施氮水稻植株上的白背飞虱雌成虫体质量和产卵量均显著高于不施氮肥上的。随着饲养代数的增加, 同一品种的施氮稻株上雌成虫体质量、产卵量及卵孵化率均增加, 而在不施氮稻株上则相反。水稻品种、饲养代数和氮肥水平对白背飞虱雌成虫体质量和产卵量均有着极显著的影响。

关键词: 白背飞虱; 水稻品种; 氮肥; 生长发育; 生态适应性; 饲养世代

中图分类号: S143.1; S435.111+3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2009)02-0219-04

白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth 是我国主要的迁飞性水稻害虫之一, 它直接刺吸稻株的韧皮部汁液, 造成水稻生长缓慢、分蘖延迟、瘪粒增加。严重时, 可造成稻株枯死, 呈“虱烧”状^[1-2]。

氮肥是农民增加作物产量的最主要肥料, 它不仅给作物提供营养, 还影响植物次生化学物质的含量, 从而影响害虫的行为。氮肥增加了植物汁液中氨基酸的含量, 大幅度地改善了营养条件, 提高了它们的种群数量。研究表明, 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 喜欢在施用氮肥的水稻植株上取食和产卵, 在含氮量高的植株上取食速率加快、蜜露分泌多、若虫存活率高、生殖力强、种群爆发率高^[3-6], 且连续饲养在高含氮稻株上的褐飞虱种群的生态适应性还有明显的累积或叠加效应, 而饲养在缺氮稻株上的种群, 呈现的是负的累积或叠加效应^[7]。化肥的施用显著增加了白背飞虱的种群数量, 而且施用化肥较施用有机肥更有利于白背飞虱种群的增长^[8]。我国氮肥的使用量, 占全世界的 1/3, 是世界上氮肥消费量最多的国家, 过量施氮十分普遍^[9-10]。本研究比较了在不同类型水稻品种上, 不同施氮水平对白背飞虱产卵、存活和生长发育的影响, 以期探究不同氮肥用量与白背飞虱有效控制的关系提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻材料为浙 733(常规籼稻)、秀水 63(常规粳稻)和汕优 63(杂交稻)。将水稻种子浸种至露白, 在水泥槽中育秧, 3 叶期时移栽至两个水泥槽(2 m × 13 m, 放入相同的水稻土)中。其中一个水泥槽按 200 kg/hm² (以纯 N 计)施用氮肥, 另一个水泥槽不施用氮肥, 从而得到每个水稻品种的高含氮量稻株(N_H)和低含氮量稻株(N_L)。正常水分管理。播种 45 d 后移入直径为 15 cm 的盆钵中。

白背飞虱由中国水稻研究所提供。在养虫室内用感虫品种 TN1 饲养至成虫, 取出成虫接入具有不同氮肥处理、播种 45 d 后的水稻苗的产卵笼(100 cm × 60 cm × 80 cm)内。交配产卵 24 h 后取出产卵苗, 移入相同大小的饲养笼内, 定期换苗。连续饲养 3 代, 各代虫源备用。

收稿日期: 2008-08-19; 修改稿收到日期: 2009-01-09。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471170); 浙江省重大科技专项资助项目(2008C12072-2)。

第一作者简介: 徐红星(1977-), 男, 副研究员, E-mail: xuhxcn@yahoo.com.cn。

1.2 方法

1.2.1 不同施氮水平下稻株对白背飞虱生长发育的影响

播种 60 d 后的水稻苗剥去老叶鞘, 剪去部分叶片和根, 洗净后分别放入试管 (直径 1.5 cm, 高 15.0 cm) 中。每个试管中注入 1.5 cm 深的木村 B 水稻培养液。将 24 h 内孵化的初孵若虫接入准备好的试管中, 用棉花塞封口, 每试管 1 头若虫, 1 支试管为 1 个重复, 重复 60 次。每天观察若虫生长发育情况, 及时更换新鲜稻苗, 直至羽化。取 12 h 内羽化的雌成虫, 在电子天平 (精度为 0.1 mg) 上测定体质量。试验在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、光周期为 12 h 光照/12 h 黑暗的生化培养箱内进行。

1.2.2 不同施氮水平稻株上白背飞虱的繁殖力

播种 60 d 后的稻苗剥去老叶鞘, 剪去部分叶片和根, 洗净后分别放入试管 (直径 3 cm, 高 30 cm) 中, 每管 3 株, 并注入 1.5 cm 深的改进的木村 B 水稻培养液, 用棉花塞封口。每管中接入 1 对初羽化的雌、雄成虫, 然后置于 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、光周期为 12 h 光照/12 h 黑暗的生化培养箱内, 让其交配、产卵。当有若虫孵化后每天考查若虫数, 直至连续 5 d 没有若虫孵出为止。在解剖镜下解剖稻株, 考查并记录未孵化的卵量。根据若虫孵化量、未孵化卵量, 统计产卵量和卵的孵化率。每支试管中的 1 对雌、雄虫为 1 个重复, 重复 48 次。

1.2.3 数据分析

采用 SPSS 13.0 软件, 以 LSD 法测验白背飞虱各参数不同处理间的差异显著性。对卵孵化率和若虫存活率进行反正弦平方根转换后再作方差分析。

2 结果与分析

2.1 施氮对稻株上白背飞虱若虫生长发育的影响

同一水稻品种, 白背飞虱若虫在不施用氮肥的水稻植株上的历期明显比在施用氮肥植株上的长 (表 1 和表 2)。随着取食代数的增加, 在不施氮肥稻株上的白背飞虱若虫历期明显延长, 而在施氮稻株上的若虫历期则明显缩短。不同水稻品种 ($P < 0.001$)、品种与代别之间 ($P < 0.001$)、品种与氮肥水平之间 ($P < 0.05$)、品种、代别与氮肥水平三者之间 ($P < 0.001$) 均具有显著或极显著交互作用。而在不同氮肥水平、不同代别以及代别与氮肥水平间的交互作用均不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 施氮对稻株上白背飞虱若虫存活率的影响

如表 1 和表 2 所示, 施用氮肥显著提高白背飞虱若虫的存活率 ($P < 0.001$)。在同一品种的施氮稻株上, 若虫存活率随代数的增加而提高, 而在低氮稻株上则相反。品种、代数对白背飞虱若虫存活率均有着极显著的影响 ($P < 0.001$)。不同因子之间, 品种与氮肥水平之间 ($P = 0.006$) 以及品种、代数与氮肥水平之间 ($P = 0.007$) 也有显著的交互作用, 而品种与代数间 ($P = 0.076$)、代数和氮肥水平间 ($P = 0.895$) 无显著的交互作用。

2.3 施氮对稻株上白背飞虱成虫的繁殖能力的影响

在各水稻品种上施用氮肥可以明显提高白背飞虱雌成虫体质量和产卵量 (图 1)。在同一品种的高氮稻株上, 随着饲养代数的增加, 雌成虫体质量、产卵量及卵孵化率均增加,

表 1 白背飞虱在不同氮素水平水稻上的若虫龄期和存活率

Table 1. Nymphal durations and survival rates of *S. furcifera* on the rice plants at different nitrogen levels.

品种与处理 ¹⁾ Variety and treatment ¹⁾	继代饲养 的世代 Generation	若虫历期 Nymphal duration/d						存活率 Survival rate /%	
		1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	总历期 Total		
汕优 63 Shanyou 63	N _H	1	2.43	2.25	2.47	2.56	3.41	13.17 ± 0.82 cd	78.05 ± 8.86 bcde
		2	2.51	1.93	2.37	2.52	3.64	12.98 ± 1.49 cd	82.05 ± 4.34 bcd
		3	2.04	2.24	2.12	2.54	3.53	12.48 ± 0.50 d	92.88 ± 2.96 ab
	N _L	1	2.62	2.76	2.41	2.62	3.16	13.59 ± 0.86 bcd	53.89 ± 7.41 fgh
		2	2.02	2.21	2.81	3.21	3.81	14.12 ± 1.01 abcd	53.19 ± 7.22 fgh
		3	2.37	2.47	2.93	3.51	4.38	15.53 ± 0.64 ab	49.02 ± 8.83 gh
秀水 63 Xiushui 63	N _H	1	2.58	2.35	2.11	2.53	3.82	13.42 ± 1.10 cd	74.33 ± 3.82 cdef
		2	2.01	1.91	2.34	2.73	3.92	12.89 ± 0.59 cd	83.93 ± 5.29 bcd
		3	3.12	2.73	2.09	2.26	3.72	12.87 ± 0.48 cd	84.63 ± 5.99 abcd
	N _L	1	1.98	2.24	2.56	2.83	3.47	13.63 ± 1.21 bcd	71.79 ± 4.44 defg
		2	2.10	2.02	2.73	3.41	4.31	14.51 ± 1.76 abc	49.14 ± 6.89 gh
		3	3.03	2.89	2.56	3.44	4.21	15.92 ± 0.66 a	45.33 ± 10.69 h
浙 733 Zhe 733	N _H	1	3.05	2.31	2.53	2.22	3.62	13.63 ± 0.45 bcd	79.72 ± 6.22 bcde
		2	2.66	2.26	2.11	2.87	3.65	13.56 ± 0.38 bcd	89.76 ± 4.54 abc
		3	2.03	1.92	2.34	2.73	3.72	12.82 ± 1.08 cd	96.37 ± 3.17 a
	N _L	1	2.11	2.43	2.73	2.43	3.91	13.51 ± 0.57 cd	80.76 ± 2.29 bcde
		2	2.79	2.33	2.45	2.82	3.74	14.06 ± 0.73 abcd	71.79 ± 8.88 cdefg
		3	3.64	2.47	2.29	2.34	3.87	14.48 ± 0.69 abcd	59.48 ± 4.28 efgh

¹⁾ N_H - 施 N 200 kg/hm²; N_L - 未施 N。

同一个品种同一列数据后跟相同小写字母者表示经邓肯氏新复极差检验在 5% 水平上差异不显著。

¹⁾ N_H, Nitrogen application at 200 kg/hm²; N_L, No nitrogen application.

Data within a variety followed by the same lowercase letters are not significantly different at 5% level by the Duncan's multiple range test.

表 2 不同氮素水平水稻上的白背飞虱若虫龄期和存活率的方差分析

Table 2 . Analysis on variance of nymphal duration and survival rate of *S. furcifera* on the rice plants at different nitrogen levels .

因子 Factor	若虫历期 Nymphal duration		存活率 Survival rate	
	F	P	F	P
品种 Variety	10.106	< 0.001	18.766	< 0.001
代数 Generation	1.382	0.257	23.337	< 0.001
氮肥水平 Nitrogen level	0.474	0.493	211.395	< 0.001
品种 × 代数 Variety × Generation	9.033	< 0.001	2.308	0.076
品种 × 氮肥水平 Variety × Nitrogen level	4.091	0.020	5.946	0.006
代数 × 氮肥水平 Generation × Nitrogen level	2.279	0.109	0.111	0.895
品种 × 代数 × 氮肥水平 Variety × Generation × Nitrogen level	6.326	< 0.001	4.191	0.007

$P > 0.05$ 表示差异未达 0.05 显著水平。下同。

$P > 0.05$ indicates no significant difference at 0.05 level. The same as in tables below.

而在低氮稻株上则正好相反。水稻品种、不同代别和氮肥水平对白背飞虱雌成虫体质量和产卵量均有着极显著影响 ($P < 0.001$)，但各因子之间无显著的交互作用 ($P > 0.05$) (表 3)。

氮肥水平对白背飞虱卵的孵化率也有极显著的影响 ($P < 0.001$)，并且水稻品种与氮肥水平之间有显著的交互作用 ($P = 0.013$)，水稻品种对卵孵化率的影响也较明显 ($P = 0.051$)，而不同氮肥水平对卵的孵化率无显著影响 ($P = 0.537$) (表 3)。品种与代数、代数与氮肥水平以及品种、代数与氮肥水平之间无显著的交互作用 ($P > 0.05$)。

3 讨论

氮营养改善了水稻的生长环境，有利于水稻合成生长必需的物质，促进水稻高产稳产。但是，氮肥使用过量，会导致植株贪青、迟熟，田间荫蔽度大。过多的氮肥不仅不会被水稻植株吸收，反而会导致减产和环境及水体的氮素污染^[11]。

我国稻田氮肥平均吸收利用率一般为 30% ~ 35%，而浙北、江苏的高肥力稻田氮肥吸收利用率仅为 20% 左右，只有不施氮的田块才接近全国平均水平^[12]。氮肥不仅直接影响水稻，而且对病虫害也有较大影响。氮肥不是直接影响昆虫，而是通过影响昆虫对寄主植物的选择和生态适应过程间接地作用于植食性昆虫的种群。寄主植物的形态学和生物化学的变化可以改变昆虫的营养条件，间接地影响寄主植物对昆虫的抗性^[13-14]。很多害虫由于拥有足够的食物来源，其种群数量逐年增长，给水稻生产带来负面影响^[11, 15]。施用氮肥可增加水稻汁液中氨基酸含量，大幅度地改善飞虱和叶蝉的营养条件，从而提高两者的种群数量^[12]。褐飞虱喜欢在高含氮量水稻植株上产卵，在高含氮量植株上的取食速率快、蜜露分泌多、若虫存活率高、生殖力强、种群爆发的频率高^[3-4, 6-7]。从本研究可看出，施用氮肥的水稻有利于白背飞虱个体生长发育，提高其若虫存活率、成虫产卵量和卵孵化率，增加它对水稻品种的适应性，从而促进其种群繁衍。

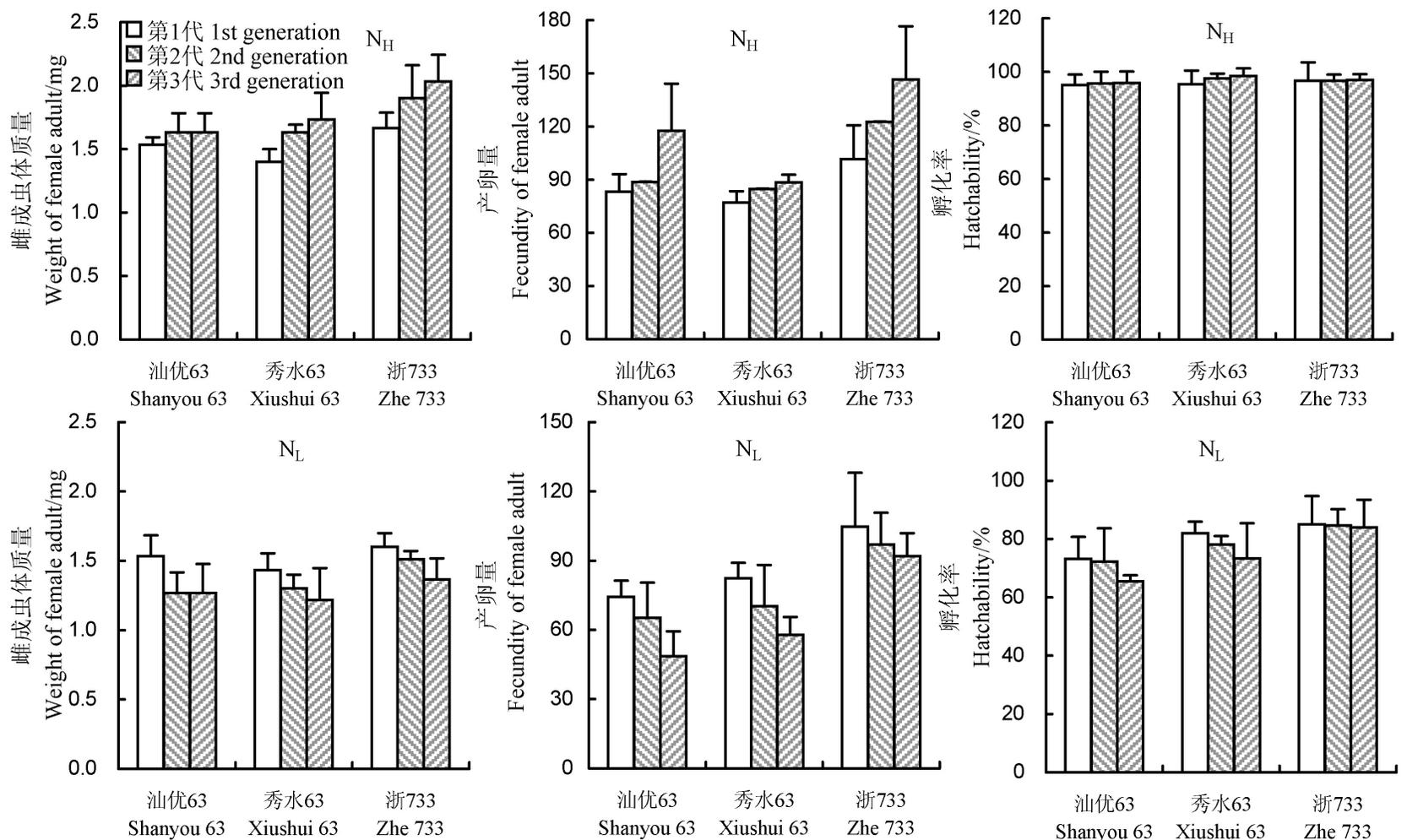


图 1 白背飞虱在不同施氮水平水稻上的雌成虫体质量、产卵量和孵化率

Fig. 1 . Female adult weight , fecundity and hatchability of the eggs of *S. furcifera* on rice plants at different nitrogen levels .

表 3 不同氮素水平水稻上的白背飞虱雌成虫体质量、产卵量和孵化率的方差分析

Table 3 Analysis of variance on weight and fecundity of the female adult and hatchability of eggs of *S. furcifera* on rice plants at different nitrogen levels.

因子 Factor	雌成虫体重 Weight of female adult		产卵量 Fecundity		孵化率 Hatchability	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
	品种 Variety	10.770	< 0.001	17.585	< 0.001	3.085
代数 Generation	9.517	0.001	7.615	0.001	0.626	0.537
氮肥水平 Nitrogen level	50.996	< 0.001	20.378	< 0.001	65.554	< 0.001
品种 × 代数 Variety × Generation	1.718	0.167	0.184	0.946	0.529	0.715
品种 × 氮肥水平 Variety × Nitrogen level	1.096	0.345	1.156	0.320	4.557	0.013
代数 × 氮肥水平 Generation × Nitrogen level	0.658	0.524	0.315	0.730	0.445	0.643
品种 × 代数 × 氮肥水平 Variety × Generation × Nitrogen level	0.612	0.656	0.639	0.637	0.417	0.796

在农业生态系统中,研究不同作物的氮肥需求和在不同生长时期的最佳氮肥量对于提高氮肥利用率、保护环境和发挥氮肥的最佳生物学效应等极为重要。关于氮肥适宜施用量的研究有很多^[16-20]。在权衡了增产和减少害虫危害之后,吴良欢等^[16]建议根据不同施氮下水稻叶色的深浅差别适时追施氮肥,这样既可满足水稻高产氮素需求,又可抑制病虫发生。多施用有机肥能有效抑制白背飞虱种群发展^[8]。另外,精确变量施肥作为新近发展起来的施肥技术,较大幅度地降低了基肥和水稻生长前期氮肥用量,增加了中后期氮肥用量^[21-22]。SPAD测定值与单位面积叶片含氮量呈极显著正相关,可以用SPAD测定值作为水稻氮素营养状况快速诊断的特征指标。朱兆良对区域平均适宜施氮量法的产量效益、经济效益和环境效益进行了初步评价,提出了“以区域平均适宜施氮量作为宏观控制的基础,结合田块具体情况进行微调”的氮肥施用方法^[23]。适量的氮肥及其在各时期进行合理的分配可以获得较高的产量和氮肥利用率。

参考文献:

- [1] 沈君辉,尚金梅,刘光杰.中国的白背飞虱研究概况.中国水稻科学,2003,17(增):7-22.
- [2] 汪远昆,翟保平.白背飞虱的再迁飞能力.昆虫学报,2004,47(4):467-473.
- [3] 汪茂卿,吴荣宗.施肥对水稻品种抗褐飞虱的影响.广东农业科学,1991(1):25-27.
- [4] Sogawa K. Studies on feeding habits of brown planthopper: Effects of nitrogen deficiency of host plants on insect feeding. *Appl Entomol Zool*, 1970, 14:101-106.
- [5] Preap V, Zalucki M P, Nesbitt H J, et al. Effect of fertilizer, pesticide treatment, and plant variety on the realized fecundity and survival rates of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, generating outbreaks in Cambodia. *J Asia Pacific Entomol*, 2001, 4(1):75-84.
- [6] 李汝铎,丁锦华,胡国文,等.褐飞虱及其种群管理.上海:复旦大学出版社,1996.
- [7] Lu Z X, Yu X P, Heong K L, et al. Effects of nitrogen nutrient on the behavior of feeding and oviposition of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, on IR64. *J Zhejiang Univ: Agric & Life Sci*, 2005, 31(1):62-70.
- [8] 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.

中国水稻科学,2003,17(3):270-274.

- [9] 李虎,唐启源.我国水稻氮肥利用率及研究进展.作物研究,2005(1):401-408.
- [10] 王玲,黄世文,林贤青,等.两种氮肥用量对超级稻产量性状和病虫害发生的影响.植物保护,2007,33(3):76-79.
- [11] 冯涛,杨京平,施宏鑫,等.高肥力稻田不同施氮水平下的氮肥效应和几种氮肥利用率的研究.浙江大学学报:农业与生命科学版,2006,32(1):60-64.
- [12] 吕仲贤,俞晓平,Heong K L,等.氮肥对植食性昆虫的影响及其对水稻主要害虫种群的诱导.中国水稻科学,2006,20(6):649-656.
- [13] Lu Z X, Heong K L, Yu X P, et al. Effects of plant nitrogen on ecological fitness of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, in rice. *J Asia Pacific Entomol*, 2004, 7(1):72-104.
- [14] 黄炳超,肖汉祥,张扬,等.不同施氮量对水稻病虫害发生的影响.广东农业科学,2006(5):41-43.
- [15] De Kraker J, Rabbinge R, Huis A V, et al. Impact of nitrogenous fertilization on the population dynamics and natural control of rice leaf folder. *Int J Pest Manag*, 2000, 46:225-235.
- [16] 吴良欢,祝增荣.水稻叶色与病虫发生关系及其机制研究.中国水稻科学,1994,8(4):231-235.
- [17] Cassman K G, Peng S, Oik D C, et al. Opportunities for increased nitrogen use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Res*, 1998, 56:7-39.
- [18] 杨益花,张益洁,苏祖芳.施氮量对杂交水稻产量构成因素和干物质积累的影响.天津农学院学报,2005,12(1):5-8.
- [19] 刘立军,王志琴,桑大志,等.氮肥运筹对水稻产量及稻米品质的影响.扬州大学学报:农业与生命科学版,2002,23(3):46-50.
- [20] 唐启源,邹应斌,米湘成,等.不同施氮条件下超级杂交稻的产量形成特点与氮肥利用.杂交水稻,2003,18(1):44-48.
- [21] 贺帆,黄见良,崔克辉,等.实时实地氮肥管理对水稻产量和稻米品质的影响.中国农业科学,2007,40(1):123-132.
- [22] 刘立军,吴长付,张耗,等.实地氮肥管理对稻米品质的影响.中国水稻科学,2007,21(6):625-630.
- [23] 朱兆良.推荐氮肥适宜施用量的方法论刍议.植物营养与肥料学报,2006,12(1):1-4.