

# 白背飞虱对水稻抗虫品种 N<sub>22</sub> 的适应性研究\*

陈建明<sup>1\*\*</sup> 俞晓平<sup>1</sup> 吕仲贤<sup>1</sup> 陶林勇<sup>1</sup> 郑许松<sup>1</sup> 徐红星<sup>1</sup> 程家安<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 浙江省农业科学院植物保护研究所, 杭州 310021; <sup>2</sup> 浙江大学华家池校区植物保护系, 杭州 310029)

**【摘要】** 在室内连续用感虫品种 TN<sub>1</sub> 和抗虫品种 N<sub>22</sub> 单管饲养白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 种群, 研究它对抗虫水稻品种的适应性及其体内保护酶的变化。结果表明, 白背飞虱在感虫品种 TN<sub>1</sub> 和抗虫品种 N<sub>22</sub> 品种上饲养 1 至 2 代, 其卵历期、若虫期和全世代历期均无明显差异。从感虫品种 TN<sub>1</sub> 转移到抗虫品种 N<sub>22</sub> 上饲养 1 代, 白背飞虱的若虫存活率、雌成虫寿命、体重、蜜露量、产卵量和内禀增长率等均低于在抗虫品种上连续饲养 2 代, 而后者又低于在感虫品种上饲养的指标。白背飞虱在抗虫品种上连续饲养 2 代后, 体内保护酶中超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性逐渐接近于感虫品种上连续饲养的结果, 说明白背飞虱从感虫品种转到抗虫品种在开始时并不适应, 经过连续繁殖多代后白背飞虱逐渐适应, 最后导致抗虫品种的抗性丧失。

**关键词** 白背飞虱 抗虫品种 N<sub>22</sub> 适应性 保护酶活性

**文章编号** 1001-9332(2003)11-1939-04 **中图分类号** S435.112 **文献标识码** A

**Adaptation of *Sogatella furcifera* to insect-resistant rice variety N<sub>22</sub>.** CHEN Jianming<sup>1</sup>, YU Xiaoping<sup>1</sup>, LU Zhongxian<sup>1</sup>, TAO linyong<sup>1</sup>, ZHENG Xusong<sup>1</sup>, XU Hongxing<sup>1</sup>, CHENG Jia'an<sup>2</sup> (<sup>1</sup> Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; <sup>2</sup> Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2003, 14(11):1939~1942.

The adaptation of whitebacked planthopper (WBPH) *Sogatella furcifera* to insect-resistant rice variety N<sub>22</sub> and the variation of its protective enzyme were studied by rearing it successively two generations on N<sub>22</sub> and insect-susceptible rice variety TN<sub>1</sub> in laboratory. The results showed that after reared on TN<sub>1</sub> or N<sub>22</sub> for one or two generations, its egg period, nymphal duration, and total generation period had no significant difference. The ecological parameters, e.g., nymphal survival rate, body weight, amount of honey dew, egg number, and innate increasing rate of WBPH transferred from TN<sub>1</sub> to N<sub>22</sub> and reared for one generation were lower than those of WBPH reared on N<sub>22</sub> successively for two generations, and the latter was lower than that reared on TN<sub>1</sub>. The activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) in protective enzyme system of the 2nd generation WBPH on N<sub>22</sub> were similar to those of the pest on TN<sub>1</sub>, indicating that *S. furcifera* could adapt to insect-resistant variety N<sub>22</sub> after rearing it successively for several generations.

**Key words** *Sogatella furcifera*, Insect-resistant rice varieties N<sub>22</sub>, Ecological adaptation, Activities of protective enzymes.

## 1 引言

白背飞虱 (*Sogatella furcifera* Horvath) 是一种 r-对策型的迁飞性害虫, 它是我国及其它亚洲国家产稻区水稻生产上的主要害虫<sup>[2,14]</sup>, 不仅是早稻上的重要害虫, 而且在一季中稻和连作晚稻的前中期造成严重为害, 爆发频率高, 发生面积大, 严重威胁着水稻生产的可持续发展。近 20 年来, 由于长期使用杀虫剂造成“3R” (抗药性、再猖獗、环境污染) 问题, 因而在害虫综合治理中, 抗虫品种的应用已越来越受到重视, 并在抗性种质资源方面做了大量研究, 已获得上千份抗性品种<sup>[1,3]</sup>。抗虫品种的应用被认为是防治白背飞虱最经济有效的方法<sup>[5,9]</sup>。有关水稻品种对白背飞虱的抗性机理<sup>[4,12,13]</sup> 和白背飞虱取食为害对水稻的致害性机制研究较多<sup>[11]</sup>, 但白

背飞虱对抗虫品种的适应性研究未曾报道过。为了更好地评价和利用水稻抗虫品种, 实现白背飞虱可持续治理提供理论依据。本文就白背飞虱对中抗品种 N<sub>22</sub> 的适应性方面进行初步研究, 现将结果总结如下。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

**2.1.1 供试虫源** 当年迁入杭州稻区的白背飞虱种群; 用分蘖期的感虫品种 TN<sub>1</sub> 和中抗品种 N<sub>22</sub> 分别在养虫室用尼龙丝网隔离群体繁殖, 繁殖 1 代后供试验用。

**2.1.2 供试水稻品种** TN<sub>1</sub> (感虫对照品种) 和 N<sub>22</sub> (中抗白

\* 国家自然科学基金重点项目 (39630200)、中国水稻科学发展基金项目 (970006) 和浙江省青年人才专项基金资助项目 (RC97018)。

\*\* 通讯联系人。

2002-01-07 收稿, 2002-04-29 接受。

背飞虱品种). 试验苗龄均为 45d 左右.

## 2.2 方法

**2.2.1 不同饲养方式下若虫发育历期和存活率观察** 将在  $TN_1$  上饲养且交配过的雌成虫接到  $TN_1$  上产卵, 待孵化后将初孵若虫分别单头接入装有  $TN_1$  和  $N_{22}$  稻苗品种的试管 (直径 1.5 cm, 高度 15.0 cm) 中 (简记为  $TN_1 \rightarrow TN_1$  和  $TN_1 \rightarrow N_{22}$ ); 同样将在  $N_{22}$  上饲养 1 代后的雌成虫待产卵、孵化后单头接到装有  $N_{22}$  稻苗品种的试管中 (记为  $N_{22} \rightarrow N_{22}$ ), 管内加入适量的木村 B 营养液, 用脱脂棉包紧主茎塞入试管, 封好管口. 不同饲养方式的白背飞虱重复 60~80 次左右. 逐日观察记录若虫的脱皮、死亡和羽化情况, 及时取出若虫脱皮壳, 并不定期更换培养液和新鲜的稻苗, 直至全部羽化.

### 2.2.2 不同饲养方式下白背飞虱雌成虫体重和取食量测定

将上述羽化 24h 内的雌成虫取出并在 FA1004 型电子称上称其初羽化体重, 然后将  $TN_1$  品种上羽化的雌成虫放入缚有蜜露袋 (Parafilm sack) 的  $TN_1$  品种上取食,  $N_{22}$  品种上羽化的雌成虫放入缚有蜜露袋的  $N_{22}$  品种上取食, 24h 后取出称其体重及其所分泌的蜜露量. 由于成虫取食量与蜜露量成正比, 故用蜜露量表示成虫相对取食量的大小.

**2.2.3 雌成虫产卵量、卵孵化率试验** 将同一天羽化的雌雄成虫配对接入试管 (直径 2.2cm, 高度 20.5cm) 中, 管内装有相对应品种的无虫稻苗和适量的水稻培养液, 然后用脱脂棉包紧主茎塞入试管, 封好管口. 接虫后每天观察成虫存活率及产卵量情况. 产卵开始后, 隔日更换一次稻苗, 镜检稻苗上的卵量, 不定期添加水稻培养液. 在产卵盛期将带卵稻苗放入装有适量的水稻培养液的试管中保湿培养, 每天定时观察卵孵化情况, 记载孵化的若虫数, 直至孵化完成, 镜检未孵化卵数. 计算产卵量、产卵期、孵化率及雌成虫寿命等.

**2.2.4 保护酶活性的测定** 白背飞虱初孵若虫在中抗品种  $N_{22}$  上饲养 1 至 2 代, 每代取 25 头白背飞虱长翅型雌成虫, 加入 2 ml 预冷的 1% 聚乙烯吡咯烷酮 (pH7.0, 50mmol·L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液配制) 在冰浴内匀浆. 以 3500 r·min<sup>-1</sup> 速度离心 10 min. 取上清液为酶源. 重复 3 次. 超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT) 和过氧化物酶 (POD) 的测定参考李周直等<sup>[6]</sup> 方法, 并根据白背飞虱的具体情况和预备试验结果略加改进. 1) SOD: 每试管中加入 2.8ml 反应液、0.1ml 酶液、0.1ml 200 mmol·L<sup>-1</sup> V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 溶液, 置于 25℃、4 k lx 日光灯下进行光化学反应 10 min, 然后黑暗中止反应, 测 A<sub>560</sub> 值, 以不加酶液的反应液对照作空白. 另外, 不加酶液的反应液在相同条件下反应 10 min, 测其 A<sub>560</sub> 值. 以 OD<sub>560</sub> 值的变化百分率 (抑制率) 表示酶活力. 2) CAT: 每试管中加入 4.9 ml 反应液、0.1ml 酶液、30℃ 水浴反应 3 min, 再加 2 ml 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液终止反应, 用 2 mmol·L<sup>-1</sup> KMnO<sub>4</sub> 滴定剩余的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 清水对照. 以消耗的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 量计算 CAT 酶活力. 3) POD: 每试管中加入 3.9 ml 反应液、0.1ml 酶液、30℃ 水浴反应 15 min, 立即在 470 nm 处比色. 以 50 mmol·L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液代替酶液作空白对照. 以 OD<sub>470</sub> 值表示酶活力. 以上试验均在温度 26±1℃, 光周期 L:D=12:12h 的 LRH-250-G 型光照

培养箱内进行, 数据用唐启义等<sup>[10]</sup> 的 DPS 软件进行处理, 用邓肯氏新复极差法检验差异显著性. 参照林昌善<sup>[7]</sup> 的方法组建生殖力生命表.

## 3 结果与分析

### 3.1 不同饲养方式下白背飞虱发育历期和存活率

从表 1 可看出,  $TN_1 \rightarrow TN_1$ 、 $TN_1 \rightarrow N_{22}$  和  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  方式饲养的白背飞虱卵历期、各龄若虫期、若虫全历期及全世代历期均无明显差异. 卵期、若虫期和全世代分别为 5.88~5.96d、14.09~14.38d 和 31.5~33.58d. 从不同饲养方式的白背飞虱各龄若虫存活率 (表 2) 来看, 白背飞虱 1~5 龄若虫存活率及整个若虫期存活率均以  $TN_1 \rightarrow TN_1$  最高, 其次是  $N_{22} \rightarrow N_{22}$ , 最低的是  $TN_1 \rightarrow N_{22}$ . 3 种饲养方式的白背飞虱若虫存活率分别为 58.89% ( $TN_1 \rightarrow TN_1$ )、41.79% ( $N_{22} \rightarrow N_{22}$ ) 和 21.65% ( $TN_1 \rightarrow N_{22}$ ). 也就是说, 从感虫品种转移到抗虫品种上饲养 1 代的白背飞虱若虫存活率比在抗虫品种上连续饲养 2 代的要低, 但这 2 种饲养方式的若虫存活率均明显低于在感虫品种上连续饲养.

表 1 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1~2 代后白背飞虱发育历期  
Table 1 Development duration of *Sogatella furcifera* reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations

虫态 Insect instar	$TN_1 \rightarrow TN_1$	$TN_1 \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{22}$
卵期 Egg period	5.90±0.87(120)	5.88±0.95(80)	5.92±0.67(156)
1 龄 1st instar	2.50±1.02(78)	3.04±0.58(75)	3.02±0.50(52)
2 龄 2nd instar	2.66±0.68(77)	2.22±0.62(69)	2.09±0.62(47)
3 龄 3rd instar	2.03±0.88(72)	1.98±0.45(56)	2.18±0.58(40)
4 龄 4th instar	3.32±1.13(62)	2.29±0.78(31)	2.73±1.04(40)
5 龄 5th instar	4.40±1.20(40)	3.55±0.94(20)	3.75±1.07(24)
若虫期 Nymphal period	14.28±1.91(48)	14.09±1.15(21)	14.42±1.55(28)
全世代 One generation	33.56±5.57(55)	32.12±6.47(15)	31.56±5.59(16)

表 2 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1~2 代后白背飞虱若虫存活率  
Table 2 Nymph survival rate of *Sogatella furcifera* female adult reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations (%)

虫龄 Instar	$TN_1 \rightarrow TN_1$	$TN_1 \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{22}$
1 龄 1st instar	100	77.32	77.61
2 龄 2nd instar	98.72	71.13	70.15
3 龄 3rd instar	92.31	57.73	68.66
4 龄 4th instar	79.49	31.96	59.7
5 龄 5th instar	56.78	20.62	35.82
若虫期 Nymphal duration	58.89	21.65	41.79

### 3.2 不同饲养方式下白背飞虱雌成虫体重和取食量

由表 3 可见, 白背飞虱雌成虫初羽化体重、24h 体重增加量和蜜露量在 3 种不同饲养方式间均有明显差异. 用  $TN_1 \rightarrow N_{22}$  方式饲养的白背飞虱初羽化体重、24h 体重增加量和蜜露量明显低于  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  及  $TN_1 \rightarrow TN_1$  方式饲养的体重, 而  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  方式饲养的上述各指标均小于  $TN_1 \rightarrow TN_1$  方式饲养的结果, 说明从感虫品种转移到抗虫品种上饲养 1 代, 白背

飞虱雌成虫体重、蜜露量均比在抗虫品种上连续饲养 2 代的要少,但二者均少于在感虫品种上连续饲养的结果。

表 3 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1 至 2 代后白背飞虱雌成虫体重和蜜露量

Table 3 Body weight and honey dew of *Sogatella furcifera* female adult reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations

项目 Item	$TN_1 \rightarrow TN_1$	$TN_1 \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{22}$
初羽化体重 Body weight of newly adult (mg)	1.34 ± 0.17(23)	1.23 ± 0.23(14)	1.32 ± 0.21(17)
24h 体重增量 Changes of body weight/24h (mg)	0.44 ± 0.23(20)	0.29 ± 0.23(8)	0.40 ± 0.39(15)
24h 蜜露量 Amount of honey dew/24h (mg)	4.48 ± 2.38(20)	3.08 ± 2.96(8)	3.23 ± 1.90(15)

### 3.3 不同饲养方式下白背飞虱雌成虫寿命、产卵量和卵孵化率

由表 4 可知,  $TN_1 \rightarrow N_{22}$  方式饲养的白背飞虱雌成虫寿命、产卵量、产卵期少于  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  方式饲养的结果,而  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  方式饲养的各指标又低于  $TN_1 \rightarrow TN_1$  方式饲养,但卵孵化率在各种饲养方式间差异不明显,说明从感虫品种转移到抗虫品种上饲养 1 代的白背飞虱雌成虫寿命、产卵量和卵孵化率等也比在感虫及中抗品种上连续饲养 2 代的要低。

表 4 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1 至 2 代后白背飞虱雌成虫寿命、产卵量等比较

Table 4 Longevity, egg numbers etc. of female adult of *Sogatella furcifera* reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations

项目 Item	$TN_1 \rightarrow TN_1$	$TN_1 \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{22}$
雌成虫寿命 Longevity of female adult	14.00 ± 4.89(17)	10.00 ± 6.37(5)	12.29 ± 5.09(14)
产卵量 Egg numbers	108.29 ± 49.06(14)	89.98 ± 55.87(5)	100.46 ± 65.98(13)
产卵期 Egg duration	7.77 ± 2.36(13)	6.50 ± 5.24(5)	7.85 ± 4.46(13)
卵孵化率 Egg hatchability	98.69 ± 3.69(23)	98.61 ± 1.97(5)	99.69 ± 0.56(16)

### 3.4 不同饲养方式下白背飞虱内禀增长率

内禀增长率综合反映了发育、存活、繁殖等生命信息,能精确描绘物种的繁殖力,根据以上试验数据参考林昌善<sup>[7]</sup>的方法组建不同饲养方式的白背飞虱生殖力表(表 5),由表 5 可知,3 种饲养方式的白背飞虱净繁殖力  $R_0$ 、内禀增长率  $r_m$ 、种群加倍时间 p. d. t 均存在一定差异,但世代平均历期无明显差异。 $TN_1 \rightarrow N_{22}$  方式饲养的  $R_0$ 、 $r_m$  小于以  $N_{22} \rightarrow N_{22}$  及  $TN_1 \rightarrow TN_1$  方式连续饲养的白背飞虱,而 p. d. t 明显长于  $N_{22} \rightarrow N_{22}$ 、 $TN_1 \rightarrow TN_1$  方式饲养的。在抗虫品种上连续饲养 2 代( $N_{22} \rightarrow N_{22}$ )的  $R_0$ 、 $r_m$  比在感虫品种( $TN_1 \rightarrow TN_1$ )上连续饲养的要小,但二者 p. d. t 则刚好相反,说明从感虫品种转移到抗虫品种上饲养 1 代白背飞虱内禀增长率比在抗虫品种上连续饲养 2 代的要小,后者又小于在感虫品种上饲养。

### 3.5 白背飞虱在抗虫品种上的保护酶活性变化

表 5 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1 至 2 代后白背飞虱种群生命表的参数

Table 5 Parameters for life table of *Sogatella furcifera* population reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations

参数 Parameters	$TN_1 \rightarrow TN_1$	$TN_1 \rightarrow N_{22}$	$N_{22} \rightarrow N_{22}$
净繁殖力 $R_0$ Net reproduction rate $R_0$	23.4320	16.2325	17.5296
世代平均历期 T	29.2413	29.5427	28.4078
内禀增长率 $r_m$ Innate capacity of increase rate $R_m$	0.1079	0.0943	0.1008
周限增长速率 $\lambda$	1.1139	1.0989	1.1061
种群加倍时间 p. d. t.	6.4240	7.3473	6.8765

由表 6 得知,白背飞虱初孵若虫在中抗品种  $N_{22}$  上饲养 1 代后,雌成虫体内的 SOD 活性高于对照  $TN_1$ , POD 和 CAT 活性与对照无明显差异。在  $N_{22}$  上连续饲养 2 代后,雌成虫体内 SOD、CAT 和 POD 活性几乎与对照接近(表 6),说明白背飞虱已逐渐适应抗虫品种。

表 6 在抗虫品种  $N_{22}$  上饲养 1 至 2 代后白背飞虱体内保护酶活性的变化

Table 6 Changes of protective enzymes activities in body of *Sogatella furcifera* reared on resistant variety  $N_{22}$  for one and two generations

品种 Varieties	饲养代数 No. of generation	SOD(抑制率) SOD (Inhibition %)	CAT(消耗的 $H_2O_2$ 毫升数) CAT(ml $H_2O_2$ )	POD(OD 值) POD (OD value)
$TN_1$	对照 CK	23.13 ± 2.69(3)	1.50 ± 0.21(3)	0.03 ± 0.0075(3)
$N_{22}$	1 代 1st gen.	26.79 ± 3.13(3)	1.40 ± 0.17(3)	0.02 ± 0.0054(3)
$N_{22}$	2 代 2nd gen.	23.55 ± 2.45(3)	1.45 ± 0.18(3)	0.02 ± 0.0063(3)

## 4 讨 论

水稻品种的抗虫性可分为 3 种类型:忌避性(antixenosis)、抗性(antibiosis)和耐害性(tolerance)。某种水稻品种对害虫的抗性可能是忌避性、抗性或耐害性,或是几种因子共同作用的结果。抗虫稻株对稻飞虱的负作用具体表现为直接影响稻飞虱能否在寄主上建立种群的几种主要反应,如对寄主的趋性、取食、食物的消化、生长发育、若虫存活率、成虫产卵能力等。内禀增长率是一个物种繁殖能力最重要的指标,它既决定于物种的遗传性,又受环境条件的影响,更全面地说,内禀增长率是具有稳定年龄组配的动物种群在一定的生理和环境条件下的增大瞬时增长率。本文结果表明,从感虫品种转移到抗虫品种上饲养 1 代的白背飞虱若虫存活率、雌成虫体重、蜜露量、产卵量、内禀增长率低于在抗虫品种上连续饲养 2 代的白背飞虱,而在抗虫品种上无论饲养 1 代还是连续饲养 2 代均小于在感虫品种上连续饲养。

生物体在逆境条件下体内  $O_2^-$ 、 $HO\cdot$  和  $H_2O_2$

等活性氧增加,破坏了生物体内许多功能分子的作用.但生物体内存在着自由基清除系统—保护酶系统,它们包括超氧化物歧化酶 SOD、过氧化氢酶 CAT 和过氧化物酶 POD, 这些酶具有分解活性氧的能力,所以在这 3 种酶的协调作用下,使生物体处于一种动态平衡状态,使细胞内的自由基维持在一个低水平,防止自由基的毒害.白背飞虱对抗虫品种的取食过程属于克服逆境条件的过程.

本文结果表明,白背飞虱在抗虫品种上饲养 2 代后体内 SOD 和 CAT 活性与感虫品种相似.这说明白背飞虱从感虫品种转到抗虫品种在开始时并不适应,经过连续繁殖多代后白背飞虱逐渐适应,以致最后使抗虫品种的抗性丧失.所以在生产实际中,常出现抗虫品种推广一定的年份后抗性就丧失的现象.如 1974 年引进的浙江省大面积推广的带有抗虫基因 Bph1 的杂交水稻“汕优 6 号”,到 80 年代中后期由于褐飞虱生物型发生变化,结果汕优 6 号的抗虫性显著下降.同样,粳稻品种“丙 620”的抗虫性明显下降也是这个原因.吕仲贤等<sup>[8]</sup>报道,褐飞虱在抗虫品种上取食 2 代的若虫存活率、若虫历期和短翅成虫体重明显比取食感虫品种 TN1 的低,第 3 代以后与取食 TN1 者基本相同.第 2 代是褐飞虱适应抗虫品种的关键期.这说明白背飞虱对抗虫品种的适应能力要比褐飞虱差,至少要取食 3 代才能完全适应抗虫品种.因此,在抗虫育种工作中可通过筛选具有更高抗性的品种或寻找新的抗性基因,以延长抗虫品种的使用寿命,或选育对作物害虫(如稻飞虱、二化螟、稻纵卷叶螟等)具有耐性和高补偿作用的水稻品种,以减少因作物害虫危害造成的水稻产量损失.在太湖稻区,白背飞虱每年发生 4 至 5 代,特别在淮北和江淮稻区,由于每年发生代数不到 3 代,白背飞虱刚开始或还没有适应抗虫品种时,就因条件不适宜而南迁,因此,抗虫在一定程度上仍能继续发挥作用.至于白背飞虱在抗虫品种上要经过多少代才能够完全适应抗虫品种以及适应的生态和生理机制有待于今后进一步深入研究.

致谢 在试验过程中得到安徽农业大学植保系 96 级实习生

顾晓玲同学的帮助,特此感谢!

#### 参考文献

- 1 Auclair JL, Baldos E. 1982. Feeding by the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* within susceptible and resistant varieties. *Ent Exp Appl*, 32:200~203
- 2 Heinrichs EA, Rapusaa HR. 1983. Levels of resistance to the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) in rice varieties with the same major resistance genes. *Environ Ent*, 12:1793~1796
- 3 Heinrichs EA, Rapusaa HR. 1985. Genetic Valuation for Insect Resistance in Rice. Los Banos, Laguna, Philippines: IRRI. 105
- 4 Huang C-W (黄次伟), Feng B-C (冯炳灿), Chen J-M (陈建明). 1994. Effects of rice varieties on population increase of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* Horvath. *Ent Knowl* (昆虫知识), 4(4): 196~198 (in Chinese)
- 5 Hu G-W (胡国文), Liu G-J (刘光杰). 1992. Research progress of rice resistant varieties in China. In: *Research of Insect Ecology*. Beijing: China Science and Technology Press. 22~31 (in Chinese)
- 6 Li Z-Z (李周直), Shen H-J (沈惠娟), Jiang Q-G (蒋巧根), et al. 1994. Studies of protective enzyme system activities in the body of several insects. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 37(4): 399~403 (in Chinese)
- 7 Ling C-S (林昌善). 1964. Theory and experimental studies on population numerical dynamics of animals II. Studies of innate capacity of increase rate ( $r_m$ ) of *Tribolium confusum* (H.). *Acta Zool Sin* (动物学报), 16(4): 328~338 (in Chinese)
- 8 Lu Z-X (吕仲贤), Yu X-P (俞晓平), Zheng X-S (郑许松), et al. 1997. Variation in virulence of the brown planthopper to resistant rice varieties and its relation to the changes in the activities of endogenous enzymes. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 40(supp.): 122~127 (in Chinese)
- 9 Romena AM, Rapussas HR, Heinrichs EA. 1998. Evaluation of rice varieties for resistance to the whitebacked planthopper *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera: Delphacidae). *Crop Prot*, 5(5): 234~237
- 10 Tang Q-Y (唐启义), Feng M-G (冯明光). 1996. *Practical Statistics Analysis and Platform of Computer Treatment*. Beijing: China Agricultural Press. 1~325 (in Chinese)
- 11 Wang R-F (王荣富), Cheng X-N (程遐年), Zou Y-D (邹运鼎). 1998. Feeding effect of brown and whitebacked planthoppers on vegetative growth of rice plants. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(1): 51~54 (in Chinese)
- 12 Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞), Hu C (胡萃). 1989. The rice variety resistance to whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*) and the relationship between the nutrients in rice-plants and the varietal resistance. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 3(2): 56~61 (in Chinese)
- 13 Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞), Hu C (胡萃). 1990. Studies on the tolerance and antibiosis nature of rice varieties to whitebacked planthopper. *Acta Phytophyl Sin* (植物保护学报), 17(4): 327~330 (in Chinese)
- 14 Zhou Q-X (周群喜), Lou H-Z (娄海州), Wang Q-Z (王泉章), et al. 1992. Heavy occurrence of rice planthoppers after floods in 1991. *Plant Prot* (植物保护), 18(1): 51~53 (in Chinese)

作者简介 陈建明,男,1963年生,在职博士生,副研究员,从事害虫综合治理研究,发表论文 60 余篇. E-mail: Chen-jm63@yahoo.com.cn