

## 浙江省水稻三种飞虱对杀虫剂的敏感性测定

何月平, 张珏锋, 肖鹏飞, 陈列忠, 陈建明\*

(浙江省植物有害生物防控重点实验室省部共建国家重点实验室培育基地, 浙江省农业科学院 植物保护与微生物研究所, 浙江 杭州 310021)

**摘要:** 为了调查浙江省水稻飞虱抗药性现状, 采用稻茎浸渍法测定了 2010—2011 年采自浙江省嘉兴市褐飞虱田间种群、杭州市白背飞虱种群以及长兴市和嘉兴市灰飞虱种群对几种常用杀虫剂的敏感性。测定结果表明, 嘉兴种群褐飞虱对吡虫啉分别产生了 615.9~814.2 倍抗性, 对噻虫嗪产生了 66.2 倍抗性, 对噻嗪酮具有 13.0 倍抗性, 对烯啶虫胺尚敏感; 相对于 2008 年种群, 2010 年杭州白背飞虱种群对毒死蜱的敏感性降低了 9.5 倍, 说明白背飞虱对毒死蜱的抗性上升很快; 相对于 2007 年种群, 2010—2011 年长兴灰飞虱对噻虫嗪、毒死蜱和吡虫啉的敏感性分别降低了 1.6、2.5 和 2.3 倍; 噻虫嗪和毒死蜱对长兴种群灰飞虱的毒力略高于嘉兴种群。根据敏感性测定结果, 提出了针对防治水稻飞虱的田间用药和抗药性治理的参考意见。

**关键词:** 褐飞虱; 白背飞虱; 灰飞虱; 敏感性; 抗药性

中图分类号: Q 965.9

文献标志码: A

文章编号: 1004–1524(2012)04–0642–05

### Susceptibility of three rice planthoppers to insecticides in Zhejiang province

HE Yue-ping, ZHANG Jue-feng, XIAO Peng-fei, CHEN Lie-zhong, CHEN Jian-ming\*

(State Key Laboratory Breeding Base for Zhejiang Sustainable Pest and Disease Control, Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** To investigate the current status of the resistance to insecticides of rice planthoppers in Zhejiang province, rice stem-dipping method was used for detecting the susceptibilities to insecticides of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), collected from Jiaxing city, and white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth), collected from Hangzhou city, and small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén), collected from Jiaxing city and Changxing city. The results showed that the Jiaxing population of *N. lugens* had developed a high level of resistance to imidacloprid with 615.9–814.2 fold, and to thiamethoxam with 66.2 fold, and to buprofezin with 13.0 fold, and still susceptible to nitenpyram. The susceptibility of the Hangzhou population of *S. furcifera* to chlorpyrifos was dropped 9.5 times from 2008 to 2010, which suggested a rapid evolution of resistance of *S. furcifera* to chlorpyrifos. The susceptibilities of the Changxing population of *L. striatellus* to thiamethoxam, chlorpyrifos and imidacloprid were reduced 1.6, 2.5 and 2.3 fold, respectively, from 2007 to 2010 or 2011, and toxicities of thiamethoxam and chlorpyrifos against the Changxing population of *L. striatellus* were slightly higher than those against the Jiaxing population. Based on the bioassay data, strategies of the application of insecticide in field and insecticide resistance management for the control of rice planthoppers were also proposed.

**Key words:** brown planthopper; white-backed planthopper; small brown planthopper; susceptibility; resistance

收稿日期: 2012–02–07

基金项目: 国家科技支撑项目子专题(2006BAD08A0403); 浙江省重点科技创新团队项目(2010R50028); 农业部农药安全性监测与评价项目; 浙江省农业科学与中国科学院合作项目

作者简介: 何月平(1981–), 男, 安徽南陵人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水稻害虫毒理与抗药性。E-mail: heaoc@163.com

\* 通讯作者, 陈建明, E-mail: chenjm63@163.com

水稻飞虱(褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱)是威胁我国粮食安全最大的生物灾害。近年来,稻飞虱的发生危害形势趋于严峻<sup>[1,2]</sup>。褐飞虱在我国大部分稻区频繁暴发,防治失策的田块损失惨重<sup>[1]</sup>,灰飞虱传毒引起的条纹叶枯病在江苏和浙江等地区连续几年大流行<sup>[3]</sup>,白背飞虱传毒引起的南方水稻黑条矮缩病仅几年时间在南方稻区快速蔓延,日趋严重<sup>[4]</sup>。虽然这些害虫的暴发涉及到水稻品种、耕作制度、气候和自身生物学特性等诸多因素,但其对主要杀虫剂产生抗药性是一个极其重要的因素<sup>[5-7]</sup>。目前化学防治仍然是控制水稻飞虱的重要途径,但化学药剂的长期大量不合理使用等原因导致水稻飞虱对多种杀虫剂产生了不同程度的抗药性<sup>[7-11]</sup>。

由于高毒有机磷农药被禁用,田间褐飞虱对吡虫啉产生极高水平抗药性,吡虫啉被要求暂停使用防治褐飞虱,苯基吡啶类药剂(氟虫腈)因高生态风险而被禁止在水稻田使用,目前新烟碱类(如噻虫嗪和烯啶虫胺)、吡啶亚甲胺类(吡蚜酮)、昆虫生长调节剂(噻嗪酮)以及一些常规的有机磷类(如毒死蜱)和氨基甲酸酯类(如异丙威)等药剂被推荐为防治水稻3种飞虱的主要轮换药剂品种<sup>[12-15]</sup>。因此,本研究调查了这3种稻飞虱对当前常用的杀虫剂抗药性或敏感性,以期对这3种害虫的科学用药或抗性治理提供理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试昆虫

褐飞虱:分别于2010年9月和2011年9月采自浙江嘉兴稻田,高龄若虫(主要)和成虫,室内采用TN1繁殖至F<sub>1</sub>~F<sub>2</sub>代进行测定。白背飞虱:于2010年6月采自于浙江杭州市浙江省农业科学院试验田,于室内用TN1饲养F<sub>1</sub>~F<sub>2</sub>代测定。灰飞虱:分别于2010年4月和2011年5月采自浙江长兴大麦田,高龄若虫和成虫,室内采用‘武育粳3号’繁殖至下一代测定;于2011年5月采自浙江嘉兴大麦田,高龄若虫和成虫,室内采用‘武育粳3号’繁殖至F<sub>1</sub>~F<sub>2</sub>代测定。褐飞虱和白背飞虱室内饲养温度为(27±0.5)℃,灰飞虱室内饲养温度为(25±0.5)℃,相对湿度均为70%~80%,光周期皆为14 h(L):10 h(D)。

### 1.2 供试药剂

氯化烟碱类:95%吡虫啉原药(江苏克胜集团股份有限公司)、98.9%噻虫嗪原药(先正达公司)、96.5%烯啶虫胺原药(河南春光农化有限公司);昆虫生长调节剂类:97%噻嗪酮原药(江苏安邦电化有限公司)、有机磷类:95%毒死蜱原药(江苏南通江山农药化工股份有限公司);氨基甲酸酯类:98.1%异丙威原药(鹰潭海利贵溪化工农药有限公司)。

### 1.3 生物测定方法

按照庄永林和沈晋良<sup>[16]</sup>介绍的稻茎浸渍法进行毒力测定。测定数据用PoloPlus软件<sup>[17]</sup>计算毒力回归数据。根据药剂作用快慢确定检查结果时间。新烟碱类和苯基吡啶类杀虫剂处理96 h后检查结果;昆虫生长调节剂类杀虫剂处理120 h后检查结果;有机磷类和氨基甲酸酯类杀虫剂处理72 h后检查结果。抗性倍数(RR)=所测种群的LC<sub>50</sub>/敏感品系的LC<sub>50</sub>,以LC<sub>50</sub>值的95%置信限是否有重叠作为判断不同种药剂毒力差异是否显著的标准。褐飞虱敏感基线源自王彦华等<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 褐飞虱对杀虫剂的敏感性

2010—2011年采用稻茎浸渍法测定了浙江嘉兴田间种群褐飞虱三龄若虫对药剂的敏感性,药剂间毒力次序:噻嗪酮、烯啶虫胺>毒死蜱>噻虫嗪>吡虫啉(表1)。根据敏感基线<sup>[10]</sup>发现嘉兴种群褐飞虱对不同药剂产生了不同程度的抗性,其中对吡虫啉分别产生了615.9~814.2倍抗性,对噻虫嗪产生了66.2倍抗性,对噻嗪酮具有13.0倍抗性,对烯啶虫胺敏感(抗性倍数=2.0)(表1)。

### 2.2 白背飞虱对杀虫剂的敏感性

2010年采用稻茎浸渍法测定浙江杭州田间种群白背飞虱三龄若虫对药剂的敏感性,药剂间毒力次序:烯啶虫胺、吡虫啉>噻嗪酮>异丙威、毒死蜱(表2)。与2008年所测的杭州种群白背飞虱<sup>[10]</sup>相比,对烯啶虫胺、吡虫啉、噻嗪酮和异丙威的敏感性没有明显差异,而对毒死蜱的敏感性降低了9.5倍(图1),表明白背飞虱对毒死蜱的抗性上升很快。

表1 浙江嘉兴褐飞虱对5种杀虫剂的敏感性

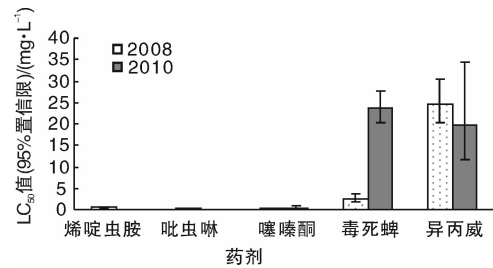
Table 1 Susceptibility of *Nilaparvata lugens* to five insecticides in Jiaxing, Zhejiang province

杀虫剂	种群	年份	LC <sub>50</sub> 值(95%置信限)/(mg·L <sup>-1</sup> )	斜率±SE	抗性倍数
噻嗪酮	嘉兴	2011	0.91(0.61~1.24)	1.71±0.24	13.0
烯啶虫胺	嘉兴	2011	0.95(0.73~1.19)	2.57±0.36	2.0
毒死蜱	嘉兴	2011	2.27(1.75~2.84)	2.76±0.42	—
噻虫啉	嘉兴	2011	7.28(5.15~9.98)	1.82±0.33	66.2
吡虫啉	嘉兴	2010	49.27(1.75~103.96)	0.91±0.15	615.9
	嘉兴	2011	65.13(49.30~85.56)	2.32±0.39	814.2

表2 浙江杭州白背飞虱对5种杀虫剂的敏感性

Table 2 Susceptibility of *Sogatella furcifera* to five insecticides in Hangzhou, Zhejiang province

杀虫剂	种群	年份	LC <sub>50</sub> 值(95%置信限)/(mg·L <sup>-1</sup> )	斜率±SE
烯啶虫胺	杭州	2010	0.031(0.019~0.049)	1.81±0.39
吡虫啉	杭州	2010	0.094(0.060~0.140)	1.74±0.29
毒死蜱	杭州	2010	23.64(20.26~27.62)	5.17±0.82
噻嗪酮	杭州	2010	0.37(0.19~0.94)	0.87±0.19
异丙威	杭州	2010	19.55(11.56~34.50)	3.38±0.45



注:2008年数据源自王彦华等<sup>[10]</sup>

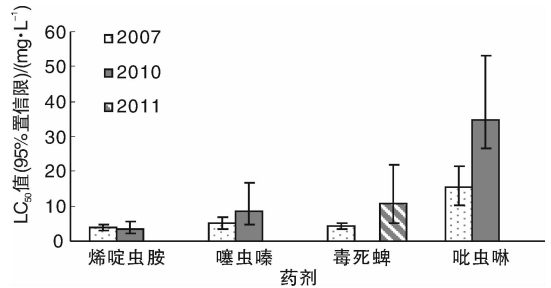
图1 2008年和2010年浙江杭州白背飞虱对5种药剂的敏感性比较

Fig. 1 Susceptibilities of *Sogatella furcifera* to five insecticides in Hangzhou, Zhejiang province collected in 2008 and 2010

### 2.3 灰飞虱对杀虫剂的敏感性

2010—2011年采用稻茎浸渍法测定浙江长兴和嘉兴田间灰飞虱三龄若虫对烯啶虫胺、毒死蜱、噻虫啉、吡虫啉等药剂的敏感性,药剂间毒力次序:烯啶虫胺>噻虫啉、毒死蜱>吡虫啉(表3)。相对于2007年,2010—2011年长兴灰飞虱对烯啶虫胺的敏感性没有明显变化;对噻虫啉、毒死蜱和吡虫啉的敏感性分别下降了1.6,2.5和2.3倍,其中对吡虫啉的敏感性差异明显(图

2);对长兴和嘉兴两个种群敏感性进行比较,看出两种群对吡虫啉敏感性没有差异,嘉兴种群对烯啶虫胺、噻虫啉和毒死蜱的敏感性略高于长兴种群(表3)。



注:2007年数据源自彭永强等<sup>[15]</sup>。

图2 2007年、2010年和2011年浙江长兴灰飞虱对4种药剂的敏感性比较

Fig. 2 Susceptibility of *Laodelphax striatellus* to four insecticides in Changxing, Zhejiang province collected in 2007, 2010 and 2011

## 3 讨论

自从2005年我国监测到褐飞虱对吡虫啉产

表 3 浙江长兴和嘉兴灰飞虱对 4 种杀虫剂的敏感性

Table 3 Susceptibility of *Laodelphax striatellus* to four insecticides in Changxing and Jiaxing, Zhejiang province

杀虫剂	种群	年份	LC <sub>50</sub> 值 (95% 置信限) / (mg·L <sup>-1</sup> )	斜率 ± SE
烯啶虫胺	长兴	2010	3.60 (2.26 ~ 5.36)	1.85 ± 0.37
噻虫嗪	长兴	2010	8.37 (4.68 ~ 16.80)	1.56 ± 0.31
	嘉兴	2011	14.12 (7.84 ~ 31.13)	2.31 ± 0.29
毒死蜱	长兴	2011	10.58 (4.94 ~ 21.93)	1.32 ± 0.16
	嘉兴	2011	19.64 (13.35 ~ 28.72)	4.25 ± 0.65
吡虫啉	长兴	2010	34.62 (26.46 ~ 53.11)	2.40 ± 0.61
	嘉兴	2011	34.20 (24.44 ~ 52.43)	1.41 ± 0.22

生很高抗性,以及 2009 年起禁止氟虫腈在水稻田使用,噻虫嗪、毒死蜱、烯啶虫胺、噻嗪酮和吡蚜酮等药剂被推荐轮换使用防治褐飞虱和白背飞虱,由于吡虫啉对白背飞虱仍有较好的防治效果,可用于单独防治白背飞虱;毒死蜱、烯啶虫胺和吡蚜酮等药剂被推荐广泛用于灰飞虱防治。本试验测定结果表明水稻 3 种飞虱对不同药剂表现出不同的敏感性,且对个别药剂的抗性上升非常快,这与防治飞虱的替代药剂的田间选择压密切相关。

目前褐飞虱对吡虫啉的抗性仍处于极高水平阶段<sup>[10,18]</sup>,本试验发现嘉兴褐飞虱对吡虫啉有 800 多倍的抗性,这种居高不下的态势,是因为尽管我国已暂停使用吡虫啉防治褐飞虱,吡虫啉仍被大量用于白背飞虱的防治<sup>[6,14]</sup>,且我国褐飞虱的虫源地越南、泰国及马来西亚等国家仍有可能在使用吡虫啉防治褐飞虱<sup>[19-21]</sup>。而白背飞虱仍对吡虫啉非常敏感,长兴灰飞虱对吡虫啉的敏感性较往年也有些下降,因此吡虫啉虽然只允许用于防治白背飞虱,不能用于防治褐飞虱和灰飞虱,但稻飞虱对吡虫啉的抗性现状仍需继续关注。

褐飞虱对新烟碱类的不同药剂的抗药性存在较大差异,这与王彦华等<sup>[10]</sup>测定结果相似,如对吡虫啉极高抗的 2011 年嘉兴褐飞虱种群对烯啶虫胺敏感,值得注意的是,该种群对噻虫嗪已产生了 66.2 倍抗性。目前其他文献报道褐飞虱对噻虫嗪的抗性尚处于中等及以下水平。2005—2007 年监测广西桂林、南宁、湖南常德、江苏通州、安徽潜山、和县、福建福清和浙江海盐等

褐飞虱种群,发现这些种群对噻虫嗪都只产生了低水平或中等水平抗性(RR < 20 倍)<sup>[22]</sup>。2008 年浙江省杭州和宁波褐飞虱对噻虫嗪的抗性仅在 10 倍左右<sup>[10]</sup>。噻虫嗪,作为第二代新烟碱类化合物的代表品种,与以前的商品化的烟碱类杀虫剂相比,具有明显的优点,如更低的剂量、较宽的杀虫谱等,现已成为替代吡虫啉的主要药剂之一被广泛用于防治稻飞虱。虽然在烟粉虱中发现吡虫啉与噻虫嗪之间存在高水平的交互抗性<sup>[23]</sup>,而在褐飞虱室内抗吡虫啉种群中发现对吡虫啉与噻虫嗪不存在交互抗性<sup>[24]</sup>。这表明田间褐飞虱对噻虫嗪的高水平抗性的产生可能与田间用药历史密切相关,因此需重视并验证对噻虫嗪的抗性明显上升的现象,加强对噻虫嗪的抗性治理,以延缓褐飞虱对其抗药性的进一步上升。

目前,随着高毒有机磷农药和具有高环境风险的氟虫腈被禁用,以及害虫已对其产生高抗药剂吡虫啉被替代,毒死蜱具有高效广谱、低毒、低成本等优点被广泛大量用于防治飞虱、螟虫和稻纵卷叶螟等水稻害虫,这导致水稻害虫对毒死蜱的敏感性在逐步下降,例如二化螟已对毒死蜱产生中等至高水平抗性<sup>[25]</sup>,本试验发现 2011 年杭州白背飞虱对毒死蜱敏感性较 2008 年上升了近 10 倍,2011 年长兴灰飞虱对毒死蜱较 2007 年敏感性下降了 2.5 倍,根据毒死蜱的稻茎浸渍法敏感基线(0.499 mg·L<sup>-1</sup>)<sup>[26]</sup>,推测 2011 年长兴灰飞虱对毒死蜱产生了 30 多倍抗性。这与 Gao 等<sup>[27]</sup>报道的灰飞虱对毒死蜱产生中等水平(31 ~ 50 倍)的结果相一致。因此稻飞虱对毒死蜱抗性上升情况仍需继续关注。

因此,根据当地稻飞虱对常用药剂的毒力次序和敏感性现状,在综合治理的前提下,本文提出抗性治理的相关建议供参考:(1)褐飞虱:噻嗪酮、烯啶虫胺、噻虫嗪、毒死蜱和吡蚜酮等药剂仍可被交替用于抗性褐飞虱的防治,但需大范围地调查褐飞虱对噻虫嗪的抗性现状,因地制宜地对噻虫嗪进行延缓抗性治理。(2)白背飞虱:除上述防治褐飞虱替代药剂也可用于防治白背飞虱之外,吡虫啉仍可以作为防治白背飞虱的替代药剂,但要注意吡虫啉不可以用于褐飞虱和白背飞虱混合发生之时,且需调查各地白背飞虱对毒死蜱的敏感性现状,因地制宜地进行延缓抗性治理。(3)灰飞虱:烯啶虫胺、噻虫嗪、毒死蜱和吡蚜酮等药剂可以作为防治飞虱的轮换药剂,但需密切注意灰飞虱对毒死蜱等的抗性发展,以延长高效药剂的使用期。

**谢 辞:**衷心感谢浙江省嘉兴市植物保护站朱金良高级农艺师和陈跃农艺师以及浙江省长兴市农业局经作站宁国云高级农艺师在虫源采集中给予的大力帮助!

## 参考文献:

[1] 程家安,朱金良,祝增荣,等. 稻田飞虱灾变与环境调控[J]. 环境昆虫学报,2008,30(2):176-182.

[2] 翟保平. 稻飞虱:国际视野下的中国问题[J]. 应用昆虫学报,2011,48(5):1184-1193.

[3] 蔡小卫,赵俊玲,邵英,等. 灰飞虱传播水稻条纹病毒的研究综述[J]. 中国植保导刊,2011,31(9):14-17.

[4] 钟天润,刘宇,刘万才. 2010年我国南方水稻黑条矮缩病发生原因及趋势初析[J]. 中国植保导刊,2011,31(4):32-34.

[5] 高希武,彭丽年,梁帝允. 对2005年水稻褐飞虱大发生的思考[J]. 植物保护,2006,32(2):23-25.

[6] Matsumura M, Takeuchi H, Satoh M, et al. Species-specific insecticide resistance to imidacloprid and fipronil in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* in East and South-east Asia[J]. *Pest Management Science*, 2008, 64(11): 1115-1121.

[7] Wang YH, Gao CF, Zhu YC, et al. Imidacloprid susceptibility survey and selection risk assessment in field populations of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) [J]. *Journal Economic Entomology*, 2008, 101(2): 515-522.

[8] 梁天锡,毛立新. 水稻飞虱的抗性监测研究[J]. 华东昆虫学报,1996,5(1):89-93.

[9] 姚洪渭,叶恭银,程家安. 白背飞虱不同种群抗药性的测定[J]. 中国水稻科学,2000,14(3):183-184.

[10] 王彦华,苍涛,赵学平,等. 褐飞虱和白背飞虱对几类杀虫剂的敏感性[J]. 昆虫学报,2009,52(10):1090-1096.

[11] 王彦华,吴长兴,赵学平,等. 灰飞虱对杀虫剂抗药性的研究进展[J]. 植物保护,2010,36(4):29-35.

[12] 王彦华,陈进,沈晋良,等. 防治褐飞虱的高毒农药替代药剂的室内筛选及交互抗性研究[J]. 中国水稻科学,2008,22(5):519-526.

[13] 薄仙萍,高聪芬,李淑勇,等. 防治白背飞虱的高毒农药替代药剂的室内筛选及其对噻嗪酮的抗性风险评估[J]. 江苏农业科学,2008,(5):91-95.

[14] 李淑勇,刘学,高聪芬,等. 防治水稻白背飞虱高毒农药替代药剂的室内筛选及对吡虫啉的抗性风险评估[J]. 中国水稻科学,2009,23(1):79-84.

[15] 彭永强,高聪芬,马崇勇,等. 灰飞虱对氟虫腈抗性风险评估、遗传分析及杀虫剂敏感性研究[J]. 中国水稻科学,2009,23(6):645-652.

[16] 庄永林,沈晋良. 稻褐飞虱对噻嗪酮抗性的检测技术[J]. 南京农业大学学报,2000,23(3):114-117.

[17] PoloPlus; Probit and Logit Analysis. Version2.0[M]. Berkeley; LeOra Software, 2007.

[18] 邵振源,张帅,李永平,等. 中国水稻主产区褐飞虱对3种杀虫剂的抗性监测[J]. 农药学报,2011,13(1):91-94.

[19] Chau LM. The situation of insecticide resistance of brown planthopper in Mekong Delta, Vietnam [J]. *Resistance Pest Management*, 2007, 16(2):7-9.

[20] Gorman K, Liu ZW, Denholm I, et al. Neonicotinoids resistance in rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* [J]. *Pest Management Science*, 2008, 64(11): 1122-1125.

[21] 梁桂梅,李永平,郭井泉. 近年泰国、越南稻飞虱发生态势及抗药性的发生与治理[J]. 中国植保导刊,2007,27(6):44-46.

[22] 王彦华. 褐飞虱对吡虫啉抗性监测及治理与高毒农药替代药剂室内筛选[D]. 南京:南京农业大学,2008.

[23] Elbert A, Nauen R. Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids [J]. *Pest Management Science*, 2000, 56(1): 60-64.

[24] 王彦华,王鸣华. 害虫对噻虫嗪抗药性及其治理[J]. 世界农药,2008,30(4):42-45.

[25] 何月平. 二化螟抗药性监测及治理与高毒农药替代药剂筛选研究[D]. 南京:南京农业大学,2008.

[26] 彭永强. 灰飞虱对药剂敏感性及氟虫腈、毒死蜱抗性风险的研究[D]. 南京:南京农业大学,2009.

[27] Gao B, Wu J, Huang S, et al. Insecticide resistance in field populations of *Laodelphax striatellus* Fallen (Homoptera: Delphacidae) in China and its possible mechanisms [J]. *International Journal of Pest Management*, 2008; 54(1): 13-19.