

# 低剂量农药对稻田蜘蛛控虫力的影响

王 智<sup>1</sup>, 颜亨梅<sup>2\*</sup>, 王洪全<sup>2</sup>

(1. 常德师范学院生物系, 常德 415000; 2. 湖南师范大学生命科学学院, 长沙 410081)

**摘要:**报道了低剂量的化学农药能增强蜘蛛的相对活力和控虫力, 并对其相对活力和控虫力增强的原因进行了初步探讨。得出原药: 水 = 14 : 5000 和原药: 水 = 10 : 5000 这两种浓度的杀虫双[其结构式为  $(\text{CH}_3)_2\text{NCH}(\text{CH}_2\text{S}_2\text{O}_3\text{Na})_2$ ] 溶液分别是发挥拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛控虫力潜能的最适浓度, 首次提出了蜘蛛和害虫的相对活力的概念, 并定量地测定了蜘蛛控制害虫的生物量。

**关键词:** 农药; 稻田蜘蛛; 相对活力; 控虫力; 生物量

## The Influence of Low-dose Pesticides on the Insect-control Power of Paddyfield Spiders

WANG Zhi<sup>1</sup>, YAN Heng-Mei<sup>2</sup>, WANG Hong-Quan<sup>2</sup> (1. Department of Biology, Changde Normal University, Changde 415000; 2. College of Life Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(3): 346~351

**Abstract:** The low-dose chemical pesticides was found to strengthen their relative activity and insect-control power on paddyfield spiders. This article discusses why their relative activity are strengthened. It suggests the most suitable density can bring into play the insects-control power of *Pirata subpiraticus* and *Coleosoma octomaculatum*. The article raises the concept of the relative activity of spiders and pests.

**Key words:** pesticides; paddyfield spiders; relative activity; insect-control power; creature-number

文章编号: 1000-0933(2002)03-0346-06 中图分类号: Q958.1 文献标识码: A

对农药等毒物的评价, 各有其辞, 但大多的人只考虑到施用农药对环境污染及对天敌杀害的副作用, 忽视了它存在的合理性。其实早在 19 世纪就有人提出小剂量毒物的有益作用。Schulz 1888 年首次观察非常低浓度的毒物对酵母的作用, 其结论是, 当充分稀释时, 它们都能在或短或长时间内使酵母活力增强; 几年之后, 细菌学家 Hueppe 1896 年通过对细菌的试验, 也提出了“每一个物质在一定浓度中能杀死或破坏原生质, 在较低浓度中抑制其发育, 但在中性点之下更低的浓度时能刺激和增加生命潜力”的小剂量有益效应学说。到 20 世纪, Smyth 1967 年用完全不同的方法, 继续证实了许多化合物小剂量蓄积是有利的而同一化合物即使在稍大的剂量就是有害的。并且在同一年 Gabliks 等把这个小剂量的有益作用的现象扩大到细胞培养并包括了农药, 如乐果、内吸磷和马拉硫磷等<sup>[1]</sup>。因此, 作者借鉴前人的工作, 在国家自然科学基金的资助下, 以稻飞虱作为稻田害虫的代表, 以常用农药杀虫双作为农药代表, 以晚稻田蜘蛛优势种拟水狼蛛(*Pirata subpiraticus*)和八斑鞘腹蛛(*Coleosoma octomaculatum*)作为稻田蜘蛛代表, 利用多种不同剂量的杀虫双药液对蜘蛛和飞虱进行了多个处理, 首次开展了以有效控制害虫、保护环境为前提的“低剂量农药对稻田蜘蛛控制力的影响探讨”, 以便为害虫的综合治理提供新的有意义的信息, 为指导合理用药及协调化学防治和生物防治提供理论依据。

### 1 材料与方法

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (39830040); 湖南省自然科学基金资助项目 (OOJY2099)

收稿日期: 2001-01-02; 修订日期: 2001-10-05

作者简介: 王智, 男, 硕士, 讲师。从事蛛形学及动物生态学研究。

\* 通讯作者 Author for correspondence

### 1.1 供试材料

分蘖期盆栽稻苗,来自室内栽培,无任何虫卵,褐飞虱成虫,栽种水稻用的塑料桶(直径 25cm),高 1m,直径 26cm 的自制圆形尼龙窗纱网罩,温度计等。

### 1.2 低剂量农药的配制

试验用的化学农药采用湖南农药厂生产的杀虫双水剂,通常用的剂量为 250~300ml/666.7m<sup>2</sup>,本试验中所选用的低剂量杀虫双 4 种浓度的配比分别为药液:水等于 18:5000,14:5000,10:5000,6:5000。

### 1.3 不施农药时,蜘蛛的控虫力测定试验

在直径为 25cm 的塑料桶内栽 1 丛禾,去其基部黄叶,保持 8 根苗,其基部灌水 1~2 cm,作直径 26 cm,高 1 m 的尼龙窗纱网罩罩上,下面用橡皮筋扎紧,网罩上装上 0.8 m 长的拉链以便观察,在两组笼箱内(共 4 个笼箱)分别各放飞虱成虫(非短翅型)25 头,然后在第一组笼箱内放拟水狼蛛雌蛛 1 头,第二组笼箱内放八斑鞘腹蛛雌蛛 1 头。

### 1.4 对害虫施药,蜘蛛不施药,蜘蛛的控虫力测定试验

笼箱布置同上,顶部用透明塑料薄膜覆盖,以防雨水和露水。用 8 个笼箱,分为两组,在每组的 4 个笼箱内分别放入飞虱成虫(非短翅型)25 头,然后用喷雾器分别向笼箱内的禾叶上喷洒上述 4 种不同浓度的药液,每个笼箱内只喷 1 种浓度的药液,并用标签标记,待禾叶上药液干燥后,在第一组的每个笼箱中放入大小均等的拟水狼蛛雌成蛛各 1 头,在第 2 组的每个笼箱中放入大小均等的八斑鞘腹蛛雌成蛛各 1 头。

### 1.5 对蜘蛛施药,害虫不施药时,蜘蛛的控虫力测定试验

笼箱布置同上,用 8 个笼箱,分为 2 组,在每组的 4 个笼箱内分别放入飞虱成虫 25 头,然后在每组的每个笼箱内分别放入经 4 种不同浓度药液处理的拟水狼蛛雌成蛛和八斑鞘腹蛛雌成蛛,每箱 1 只。

### 1.6 对蜘蛛和害虫同时施药时,蜘蛛控虫力测定试验

根据以上试验,选取两种对蜘蛛的相对活力增高较大的农药浓度,用 4 个笼箱,分为 2 组,在每组的 2 个笼箱内分别放入飞虱成虫(非短翅型)25 头,然后在每一组的两个笼箱内分别放 1 头拟水狼蛛雌成蛛,第 2 组的两个笼箱内分别放 1 头八斑鞘腹蛛雌成蛛,每个笼箱内分别用一种浓度的农药喷雾,喷雾量与正常大田喷雾量基本一致。

以上实验均每天定时记录取食数和咬死的飞虱数,然后再补充猎物至原数,使每天的猎物密度保持不变,连续记录 5 d。重复 1 次。并均设对照,以校正飞虱自然死亡数。并且所放蜘蛛都经过 24 h 饥饿处理。

### 1.7 蜘蛛控制害虫和生物量测定试验

本试验设“无蛛有虫”、“有蛛有虫”和“有药有蛛有虫”3 个处理,即:

① 在塑料桶内栽 3 丛禾,每丛保持 8 根苗,桶内保持 1~2 cm 深的水,其它设置照上进行,笼罩内放飞虱短翅成虫 60 头,25 d 后观察记录。重复 1 次。

② 在上述设置的笼箱内放飞虱短翅成虫 60 头,再放拟水狼蛛雌成蛛和八斑鞘腹蛛雌成蛛各 1 头,25 d 后观察记录。

③ 设置同②,每隔 10 d,使用对蜘蛛的控虫力和相对活力最佳状态的一种农药浓度(14:5000),至 25 d 时观察记录。

### 1.8 数据统计

蜘蛛(或害虫)的相对活力( $F$ ) 在一定的蛛虫比例条件下,被蜘蛛捕食和咬死的飞虱总数(或存活的飞虱总数)与试验所用的飞虱总量之比,即:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^S n_i}{N}$$

$n_i$ ,每次实验被蜘蛛捕食和咬死的飞虱总数或存活的飞虱总数; $N$ ,试验所用的飞虱总量; $S$ ,试验处理的天数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不施农药时,蜘蛛的控虫力

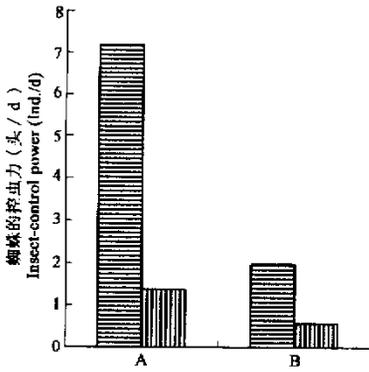


图 1 不施农药时,蜘蛛的控虫效能

Fig. 1 No pesticide, the capacity of the spiders controlling rice planthopper in rice field

A: 代表拟水狼蛛对飞虱的控制效能 Stands for the insect-control power of *Pirata subpiraticus* on rice planthopper;

B: 代表八斑鞘腹蛛对飞虱的控制效能 Stands for the insect-control power of *Coleosoma octomaculatum* on rice planthopper.

■: 代表蜘蛛对稻飞虱的平均日捕食量 Stands for the average amounts of rice planthopper preyed by spiders everyday;

▨: 代表蜘蛛对稻飞虱的平均日咬死的数量 Stands for the average amounts of rice planthopper bitten to death by spiders everyday.

(注:后面各图说明同图 1 Note: Explanations of latter illustrations are same as Fig. 1)

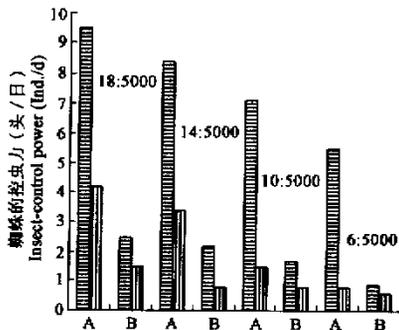


图 2 对害虫施药,蜘蛛不施药,蜘蛛对害虫的控制力

Fig. 2 After pesticide only sprayed on planthoppers, the capacity of the spiders controlling rice planthopper in rice field

对蛛、虫均不施农药的情况下,拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛对稻飞虱的控制力如图 1 所示。

经过 5d 连续观察试验结果表明,在蛛、虫均未施药的情况下,1 头拟水狼蛛平均捕食 7.2 头/d,咬死 1.4 头/d,控虫力达 8.6 头/d;1 头八斑鞘腹蛛平均日捕食 2.0 头/d,咬死 0.6 头/d,控虫力达 2.6 头/d。运用上述相对活力公式计算得出,拟水狼蛛对飞虱的相对活力为 0.735,八斑鞘腹蛛对稻飞虱的相对活力为 0.347。由此可见,拟水狼蛛对稻飞虱的控制力是八斑鞘腹蛛的 3.31 倍,拟水狼蛛的相对活力是八斑鞘腹蛛的 2.12 倍。

2.2 对害虫施药,蜘蛛对害虫的控制力

对飞虱施用不同浓度的杀虫双后,拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛对害虫的控制力见图 2;其相对活力的变动见表 1。

表 1 对害虫施药,蜘蛛不施药时,蜘蛛对害虫的相对活力 Table 1 After pesticide only sprayed on planthoppers, the relative activity of paddy - spiders

农药梯度 Pesticide density	18 : 5000	14 : 5000	10 : 5000	6 : 5000
拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i>	0.851	0.797	0.742	0.625
八斑鞘腹蛛 <i>Coleosoma octomaculatum</i>	0.482	0.387	0.299	0.213

从表 1,图 2 看出,随着处理农药浓度的递增,拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力明显增强。但在连续 5d 的观察中,发现随着时间的推移,蜘蛛的控虫力逐步下降,其中原因有 3:①由于蜘蛛的饱食,降低了蜘蛛对害虫的攻击力;②由于蜘蛛吃了经药物处理的害虫,药物在体内积累产生轻度中毒现象所至;③随着时间的推移,低剂量的农药在飞虱体内经过其代谢分解作用和生理调控免疫力的恢复<sup>[1]</sup>,从而使其活力也逐步恢复,增加了蜘蛛的取食难度。在农药浓度为 18 : 5000 和 14 : 5000 时,蜘蛛对飞虱的控制力明显增强,这说明在该两种浓度下,飞虱的相对活力下降,蜘蛛对飞虱的控制力增强,尤其在施用 18 : 5000 这个浓度时,蜘蛛对飞虱的控制力最强,此时拟水狼蛛对飞虱的捕食量相当于不施农药时的 1.32 倍,咬死飞虱数量相当于不施农药时的 3.0 倍,控虫力相当于不施农药时的 1.59 倍;八斑鞘腹蛛对飞虱的捕食量相当于不施农药时的 1.25 倍,控虫力相当于不施农药时的 1.54 倍。由此可见,蜘蛛每天实际吃进消化道的有效猎物是有限的,其控虫力主要体现在咬死飞虱的量数倍于吃

进去的量。在农药浓度为 10 : 5000 时,拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力与未施农药时的情形差不多,这说明飞虱具有一定的抗药性。当农药浓度为 6 : 5000 时,拟水狼蛛的相对活力为 0.625,平均捕食量为 5.5 头/d,平均咬死数量为 0.8 头/d,控虫力为 6.3 头/d;八斑鞘腹蛛的相对活力为 0.213,平均捕食量为 0.9 头/d,平均咬死数量为 0.6 头/d,控虫力为 1.5 头/d,所有这些指标都明显低于未施药时的水平,究其原因,6 : 5000 浓度的杀虫双可能刺激和增强飞虱的生命潜力,使其相对活力较未施药前明显增强,从而相应地增加了蜘蛛捕获猎物的难度。

### 2.3 对蜘蛛施药,害虫不施药时,蜘蛛的控虫效能

对蜘蛛施用不同浓度的杀虫双后,对害虫不用药,拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛对稻飞虱的控制力见图 3,其相对活力的变化见表 2。

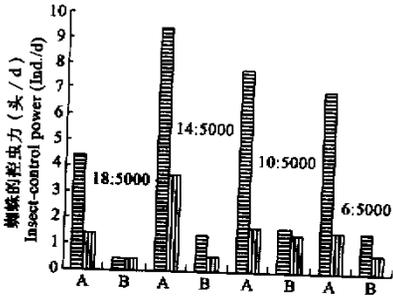


图 3 对蜘蛛施药,害虫不施药时蜘蛛的控虫效能

Fig. 3 After pesticide only sprayed on spiders, the capacity of the spiders controlling rice planthopper in rice field

表 2 对蜘蛛施药,害虫不施药时,蜘蛛对害虫的相对活力  
Table 2 After pesticide only sprayed on spiders, the relative activity of spiders to the pest

药:水	18:5000	14:5000	10:5000	6:5000
Pesticide density				
拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i>	0.617	0.851	0.760	0.730
八斑鞘腹蛛 <i>Coleosoma octomaculatum</i>	0.190	0.280	0.442	0.332

从图 3 和表 2 看出,当以 18 : 5000 浓度的杀虫双农药喷洒拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛后,与 2.1 试验比较,其相对活力和控虫力下降幅度较大,拟水狼蛛的相对活力和控虫力分别下降 16.1%、32.6%,八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力分别下降 45.2%、61.5%,究其原因主要有 3:①这种浓度的杀虫双虽不能杀死蜘蛛,但可能降低了细胞膜的钠离子通道蛋白及钙离子通道蛋白的活性<sup>[2,3]</sup>;②可能抑制了蜘蛛消化酶活性<sup>[1]</sup>;③或抑制了其神经兴奋性<sup>[4~6]</sup>。但随着时间的推移,经过蜘蛛体内的生物转化和生物修复作用,其控虫力得到逐步恢复。当用 14 : 5000 和 10 : 5000 浓度的杀虫双药液喷雾时,拟水狼蛛的相对活力和控虫力明显增强,尤以用 14 : 5000 的杀虫双药液时,其效应更为明显,平均捕食量为 9.4 头/d,咬死 3.7 头/d,控虫力为 13.1 头/d,相对活力为 0.851,其控虫力和相对活力分别是 2.1 试验的 1.52 倍和 1.16 倍。但在同样的浓度下,八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力却有下降的趋势。而施用 10 : 5000 的杀虫双药液时,八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力明显增强,其控虫力为 3.2 头/d,相对活力为 0.442,分别是 2.1 试验结果的 1.23 倍和 1.27 倍,这表明拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛对不同浓度的杀虫双药液的刺激效应存在着明显差异;发掘拟水狼蛛的最佳生命潜能的最适浓度为 14 : 5000,而八斑鞘腹蛛的最适宜浓度为 10 : 5000。并且由图中可以看出,蜘蛛相对活力增强时,其控虫力主要体现在咬死飞虱数量比例上升。在合适农药浓度的刺激下,对蜘蛛的相对活力的增强持续时间进行连续 5d 的实验观察发现,随着时间的推移,其控虫力逐渐下降,但至第 5 天时,其控虫力仍大于蛛、虫均不施药的情形。当施药浓度为 6 : 5000 时,拟水狼蛛的相对活力和控虫力与两者均不施药的情形相比几乎没有变化,八斑鞘腹蛛略有下降,说明这种浓度的杀虫双对蜘蛛的相对活力和控虫力几乎没有影响,蜘蛛具有耐受这种低浓度农药的能力。

### 2.4 对蜘蛛和害虫同时施药时,蜘蛛对害虫的控制效能

在上述试验结果的基础上,作者优选出 14 : 5000 和 10 : 5000 两种浓度的杀虫双药液对蜘蛛和害虫同时施药,其结果见图 4 和表 3。

试验结果表 3 用浓度 14 : 5000 的杀虫双溶液时,每头拟水狼蛛平均捕食量为 11.0 头/d,咬死的飞虱数为 7.1 头/d,控虫力为 18.1 头/d,相对活力达 0.890,其控虫力和相对活力分别为 2.1 试验的 2.10

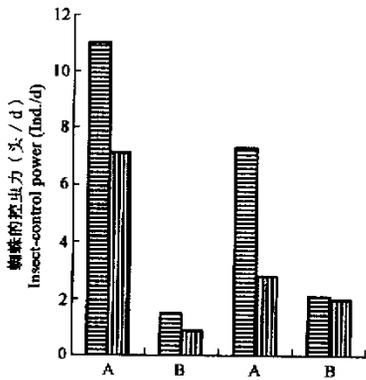


图 4 对蜘蛛和害虫同时施药时,蜘蛛对害虫的控制效能  
Fig. 4 After pesticide sprayed on spiders and pest , the capacity of the spiders controlling rice planthopper in rice field

表 3 对蜘蛛和害虫同时施药时,蜘蛛对害虫的相对活力  
Table 3 After pesticide sprayed on spiders and pest , the relative activity of spiders

药 : 水	14 : 5000	10 : 5000
Pesticide density		
拟水狼蛛	0.89	0.76
<i>Pirata subpiraticus</i>		
八斑鞘腹蛛	0.32	0.44
<i>Coleosoma octomaculatum</i>		

倍和 1.21 倍;为 2.2 试验的 1.53 倍和 1.12 倍;为 2.3 试验的 1.38 倍和 1.05 倍。在此浓度下,八斑鞘腹蛛的相对活力和控虫力与未施药情形相比,还稍有下降。当施用浓度为 10 : 5000 的杀虫双时,拟水狼蛛的活力远低于施用浓度为 14 : 5000 时的情况,但与 2.1 的未施农药的情形相比,其控虫力增加较大。八斑鞘腹蛛在浓度 10 : 5000 的杀虫双溶液刺激下,其控虫力和相对活力是增幅最大的,控虫力平均达 4.1 头/d,相对活力达

0.440,分别为蛛、虫均未施药情形的 1.58 倍、1.23 倍。因此,从以上分析可知,如果田间飞虱大发生时,田间若是拟水狼蛛为绝对优势种,则施用浓度为 14 : 5000 的杀虫双药液,用以提高其相对活力,使飞虱数量降至阈值水平以下,若是八斑鞘腹蛛为绝对优势种,则应施用浓度为 10 : 5000 的杀虫双药液,这样既能有效地控制害虫,又能很好地保护环境。

2.5 蜘蛛控制害虫的生物量测定

表 4 蜘蛛控制害虫的生物量测定结果

Table 4 The creature-number result of spiders controlling pest

项目 Item	25d 后飞虱头数 The number of rice planthopper after 25 days	增长或降低倍数 Increase or decrease times
无蛛无药 Neither pesticide nor spiders	634	增长约 10.7 倍
有蛛无药 With spider but without pesticide	38	降低 16.7 倍
有蛛有药 Both pesticide and spiders	7	降低 90.6 倍

从表 4 看出,60 只飞虱在未加任何控制的情况下,25 d 后增至 643 头,增长约 10.7 倍,其繁殖率为 0.905,在有一拟水狼蛛和一八斑鞘腹蛛的控制下,25 d 后仅剩 38 头,降低 16.7 倍,根据前面所做的实验,选用浓度为 14 : 5000 的杀虫双溶液每 10 d 喷洒蜘蛛和飞虱 1 次,25 d 后发现仅剩下飞虱 7 头,与无蜘蛛控制相比,降低 90.6 倍,接近了 110 ~ 120 头/百丛的防治指标<sup>[7]</sup>。由此可见,蜘蛛对稻飞虱的控制潜力是巨大的。所以,在害虫综合防治的生产实际中,应该为蜘蛛等天敌创造良好的生态条件,以便充分发挥其对害虫的自然控制,尽量少用或不用农药。如害虫再猖獗,则利用“小剂量毒物的有益作用

原理”,选择合适的低剂量农药,采用“少食多餐”的策略,使蜘蛛等天敌的控虫效能发挥出最大潜力,把害虫控制在阈值水平以下。

3 小结与讨论

3.1 本研究进一步证实并发展了 Hueppe 和 Smyth“有毒物质小剂量的效应学说”的观点。如果通常使用的剂量为 250~300 ml/666.7 m<sup>2</sup> 杀虫双时,那么浓度为 14 : 5000 和 10 : 5000 的杀虫双溶液分别是挖掘拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛控虫潜力的最佳浓度。

3.2 小剂量的农药能刺激蜘蛛等天敌的相对活力增加的原因除这些小剂量的农药能抑制害虫的活性之外,还可能通过刺激了细胞膜上潜在的钠离子通道蛋白和钙离子通道蛋白的活性<sup>[2,3]</sup>;② 小剂量的农药刺激天敌的消化腺,加速了消化腺的分泌活动,并有利于酶活性的增加<sup>[1]</sup>;③ 加强了神经系统的兴奋

性<sup>[4~6]</sup>。

3.3 施用这些小剂量的化学农药既增强了天敌的控虫力,同时不会导致环境和粮食的污染,因为这些小剂量的农药不会超出生态系统的“弹性限度”,通过生态系统的自身调节作用,生物体的生物转化及其生物修复作用,完全有可能把这些小剂量的有毒物质分解成无毒物质。

3.4 本实验仅探讨了杀虫双对拟水狼蛛和八斑鞘腹蛛的作用,未考虑其他农药的作用,并且也未考虑低剂量的农药对其它害虫天敌的影响,因此,有关这方面的理论真正应用于 IPM, 还须进行长期的探索,这将对 IPM 的发展和應用提供新的理论依据,具有较大的理论和实践意义。

3.5 低剂量的化学农药能增加天敌的控虫效能的报道国内尚属首次,作者仅进行了初步的探讨,有关其生理、生化和遗传学机制有待今后进一步的探索。

#### 参考文献

- [ 1 ] Wayland J. Hayes, Jr. (Translated by Feng Z Y *et al*) (冯致英等译) (in Chinese). *Toxicology of pesticides*. Beijing: Chemical Industry Press. 57~134.
- [ 2 ] Li X C (李显春), Wang Y C (王荫长). Progress in target-insensitive mechanism of insect resistance insecticides. *Acta Entomologica Sinica* (in Chinese) (昆虫学报), 1998, **41**(4): 415~422.
- [ 3 ] Lund A E. Insecticides: effects on the nervous system. In: *Kerhut Pharmacology*. Oxford: Pergamon Press, 1985, **12**: 9 ~ 56.
- [ 4 ] Oppenoorth F J. Biochemisitry and genetics of insecticide resistance. In: Kerhut G A, Gileert L Ieds. *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Oxford: Pergamon Press. 1985, **12**: 731 ~ 774.
- [ 5 ] Soderlund D M *et al*. Molecular neurology: implications for insecticide action and resistance. *Pest. Sci.*, 1989, **26**(4): 359 ~ 374.
- [ 6 ] Zhu F X (朱福兴), Wang J X (王金信), Liu F (刘峰), *et al*. Studies on insecticide susceptidility of lady birds. *Acta Entomologica Sinica* (in Chinese) (昆虫学报), 1998, **41**(4): 359~365.
- [ 7 ] Zhang X L (张夕林), Zhang J M (张建国), Zhang G F (张谷丰), *et al*. Control strategies of brown planthopper *nilaparvata lugens* in mid and late gen-rice areas. *Entomological Knowledge* (in Chinese) (昆虫知识), 1999, **36**(3): 129~139.