

西花蓟马对多杀菌素的抗性汰选和遗传方式^{*}

王泽华^{**} 吴青君^{***} 徐宝云 张友军

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

摘 要 在室内进行了西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 种群对多杀菌素的抗性筛选和抗性遗传方式分析。经过 2 年多的汰选,抗性水平相比较初始种群提高了 30 倍,与同时测定的敏感品系相比抗性达到 80.8 倍。抗性遗传方式分析结果表明,正、反交后代显性度分别为 0.51 和 0.43,二者差异不显著,说明西花蓟马对多杀菌素的抗性为常染色体、不完全显性遗传;剂量对数-死亡率值曲线分析结果显示回交后代在死亡率 50% 处,自交后代在死亡率 25% 和 75% 处未出现明显平坡,回交和自交后代实测值卡方检验进一步证实抗性为多基因控制。

关键词 西花蓟马,多杀菌素,抗性汰选,抗性遗传

Laboratory selection and inheritance mode of resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*

WANG Ze-Hua^{**} WU Qing-Jun^{***} XU Bao-Yun ZHANG YOU-Jun

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract The response of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), to selection for resistance to spinosad under laboratory conditions, and the mode of inheritance of spinosad resistance was investigated. After more than 2 years of selection resistance to spinosad in the selected strain increased 30-fold compared to the original strain, and 80.8-fold compared to the susceptible strain. The progeny of reciprocal F1 crosses (resistant male × susceptible female and resistant female × susceptible male) responded similarly in bioassays, with values of 0.51 and 0.42 for D (degree of dominance), respectively, indicating that resistance was autosomal and incompletely dominant. Analysis of dose-response lines indicates that there were no plateaus at 50% mortality of backcross progeny (F1 × susceptible strain) and at 25% and 75% mortalities of self-cross of backcross progeny. Chi-square analysis of the resistance of progeny from backcrosses (F1 × susceptible strain) and self-cross of backcrosses suggest that resistance to spinosad is probably controlled by several genes.

Key words *Frankliniella occidentalis*, spinosad, laboratory selection, resistance inheritance

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 是蔬菜、果树和观赏植物上的主要害虫。它可以通过直接取食危害植物,也能够传播番茄斑萎病毒(TSWV)造成间接危害,严重影响作物的产量和品质(Lewis, 1997)。张友军等(2003)首次报道在北京市郊发现西花蓟马,而后陆续在云南、浙江、山东、贵州等地发现(吴青君等, 2007; 郑长英等, 2007; 盖海涛等, 2009), 目前已在局部地区暴发成

灾,并且有进一步扩散蔓延的趋势。

西花蓟马个体小,繁殖率高、隐藏深、传播速度极快,其最主要的防治措施仍是化学防治,目前多杀菌素是国内外防治西花蓟马的主要药剂之一(Thompson *et al.*, 2000)。多杀菌素是美国陶氏益农公司生产的新型生物源杀虫剂,由土壤放线菌刺糖多孢菌(*Saccharopolyspora spinosa*)发酵产生。多杀菌素对害虫具有独特的作用机理,主要的作

^{*} 资助项目:973 项目(2009CB119004)、北京市自然科学基金(6092018)、农业行业科技专项(200803025)。

^{**}E-mail: wangzehua200707@163.com

^{***}通讯作者, E-mail: wuqj@mail.caas.net.cn

收稿日期:2010-05-05, 接受日期:2010-05-30

用靶标是烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR), 对 γ -氨基丁酸受体 (GABAR) 也有一定的影响, 具有触杀和胃毒活性。由于用药频繁, 加之西花蓟马世代短繁殖快, 能进行孤雌生殖, 国外已有报道田间西花蓟马种群对多杀菌素产生了很高的抗药性。Bielza 等 (2007) 报道西班牙东南部地区的西花蓟马田间种群对多杀菌素的抗性达 13 500 倍以上, 在室内继续选育获得了抗性倍数高达 356 547 倍的抗性品系; Loughner 等 (2005) 报道频繁使用多杀菌素造成了美国的西花蓟马田间种群对多杀菌素抗性的迅速发展; Herron 和 James (2005) 报道澳大利亚的一些西花蓟马田间种群对多杀菌素也已产生了不同水平的抗药性。

抗药性的发展受多种因素的影响, 其中遗传因子影响着抗性发展速度, 研究抗性遗传方式是了解抗性动态及选择抗性治理策略的基础。在此基础上的合理用药对于保护和延长多杀菌素的使用寿命, 降低西花蓟马的防治成本具有非常重要的意义。同时, 进行抗性遗传方式的分析也能够对抗性机理的研究有所帮助 (Tsukamoto, 1983)。

本文用多杀菌素对西花蓟马进行了室内抗性选育, 并在此基础上研究了西花蓟马对多杀菌素的抗性遗传方式, 以期对西花蓟马的科学用药和抗性治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 药剂

2.5% 菜喜悬浮剂 (spinosad, 多杀菌素, 美国陶氏益农公司)。

1.2 供试昆虫

敏感品系 (S): 2003 年采自中国农业科学院蔬菜花卉研究所温室内, 在室内不接触任何药剂情况下饲养至今, 试验时成虫对多杀菌素 LC_{50} 为 0.0049 mg/L。

抗性品系 (R): 自 2006 年始从敏感品系分出一部分西花蓟马, 用 2.5% 多杀菌素悬浮剂在室内进行继代汰选, 目前相对于敏感品系已达高抗水平。

西花蓟马饲养采用豆荚法。饲养条件: 温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 65%, 光照 L:D = 16:8。

1.3 抗性汰选方法

豆荚浸药法: 根据上一代毒力测定结果, 用

2.5% 多杀菌素悬浮剂配制杀死种群中 50% ~ 70% 的剂量, 将新鲜的菜豆荚用清水洗净, 晾干。晾干的豆荚在药液中浸泡 0.5 h 后取出, 晾干, 饲喂西花蓟马若虫, 存活的个体收集起来用相同浓度多杀菌素处理后的豆荚饲养 1 个星期, 再用无毒的豆荚饲养 1 个星期, 如此循环 1 个月, 每隔几代进行一次毒力测定, 以确定筛选浓度。

1.4 生物测定方法

参照 Alfredo 和 Anthony (2003) 的 TIBS 方法, 做适当的修改建立了叶管药膜法。

浸管: 将药剂稀释成 6 个处理浓度, 将每个浓度药液分别注满 1.5 mL 离心管, 放置 4 h, 然后倒掉药液, 将离心管置于实验台上晾干, 待用。将细针针尖经酒精灯加热, 在晾干的离心管管底烫直径约 2 ~ 3 mm 的小孔。每管为一个重复, 每个浓度 3 个重复。以清水浸管为对照。

浸叶: 用打孔器将新鲜甘蓝叶片打成直径为 1.5 cm 的圆形叶片, 分别在每个浓度药液中浸叶 10 s, 以清水浸叶为对照, 浸过的叶片置于吸水纸上晾干, 用小镊子夹入相应药液浓度的离心管中, 每管 1 片, 放置平整。

吸虫: 将真空泵的接口用纱布封好, 套在处理好的离心管管口, 打开真空泵, 调节气流大小, 把离心管管底的烫孔对准试虫, 使试虫顺气流吸入离心管。先对照后处理, 每浓度 4 次重复, 每个重复 15 头左右成虫, 然后盖好管盖, 用封口膜封好烫孔。

在温度为 25°C , 光照 L:D = 16:8 的培养箱中 48 h。48 h 后检查死亡率, 以毛笔尖轻触虫体不能爬动者视为死亡。

毒力测定结果按照 POLO 软件分析 LC_{50} 值, 95% 置信限和斜率。抗性倍数 = 抗性种群的 LC_{50} / 敏感种群的 LC_{50} 。

1.5 抗性遗传设计

参考 Stone 的方法 (1968), 敏感品系和抗性品系进行正、反交 ($R \text{♀} \times S \text{♂}$; $S \text{♀} \times R \text{♂}$), 后代为 F_1 。

为了获得未经交配的雌虫, 分别在敏感品系和抗性品系中随机选取 150 头 2 龄若虫, 置于直径为 3 cm、垫有大小合适的湿润滤纸的塑料培养皿中单头饲养, 用菜豆叶片做食料。待发育到成虫后, 分别鉴别雌雄, 保留雌虫。

在抗性不存在性连锁遗传的情况下,将 F_1 与其抗性水平差异较大的亲本回交,产生回交后代 BC。

F_1 自交产生子二代 F_2 。

1.6 抗性遗传方式分析

根据 Stone (1968) 的方法,计算抗性基因的显隐性程度: $D = (2W_3 - W_1 - W_2) / (W_1 - W_2)$ 。其中, W_1 、 W_2 、 W_3 分别为抗性品系、敏感品系和杂交后代的 LC_{50} 的对数值。当 $D = 1$ 时,为完全显性; $0 < D < 1$,为不完全显性; $D = 0$,为中间型,共显性; $-1 < D < 0$,为不完全隐性; $D = -1$,为完全隐性。

根据 Tsukamoto (1963) 的抗性遗传方式分析方法,如果抗性是单基因遗传的,则回交后代 BC 的剂量对数 - 死亡几率值曲线在死亡率为 50% 处、自交 F_2 代在死亡率 25% 和 75% 处会出现明显的平坡;如果没有出现明显的平坡,表明抗性由 2 个或 2 个以上的基因控制。并用以下公式计算单因子遗传假定的 BC 和 F_2 在某一浓度的理论死亡率:

$$E_{(BC)} = (M_1 \text{ 或 } M_3) \times 0.5 + M_2 \times 0.5,$$

$$E_{(F_2)} = M_1 \times 0.25 + M_2 \times 0.5 + M_3 \times 0.25.$$

式中 $E_{(BC)}$ 和 $E_{(F_2)}$ 分别为 BC 和 F_2 在某一浓

度的理论死亡率; M_1 、 M_2 和 M_3 分别为 S、 F_1 和 R 在相应浓度下实测死亡率。

为进一步确定控制抗性基因的数目,根据 Sokal 和 Rohlf (1981) 提出的单基因遗传假设的适合性测验,对 BC 和 F_2 的实测值和理论值进行适合性检验。

$$\chi^2 = (F - pn)^2 / pqn$$

式中 F 为在某剂量下的实际死亡虫数, p 为在该剂量下的期望死亡率, n 为在该剂量下总的测试虫数, $q = 1 - p$ 。

如果 $\sum \chi^2 < \chi_{0.05}^2$ ($df = n - 1$) 表明结果与期望值相符,抗性由单基因控制;反之,则说明结果与期望不相符,抗性由多基因控制。

2 结果与分析

2.1 西花蓟马对多杀菌素的抗性汰选

2006 年 9 月开始用多杀菌素对西花蓟马种群进行抗性筛选,到 2008 年 9 月抗性倍数为 1.08 倍,抗性发展较缓慢。自 2008 年 10 月开始抗性逐代上升,从 2008 年 9 月至今饲养 15 代,筛选 13 代,得到相对于初始品系 (G_0 : LC_{50} 为 0.013 mg/L) 具有 30 倍、相对于敏感品系 (LC_{50} 为 0.0049 mg/L) 具有 80.8 倍的抗性品系。从表 1 可以看出,西

表 1 西花蓟马对多杀菌素抗性品系的选育

Table 1 Laboratory selection for spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis*

筛选代数 NO. of generations selected	筛选浓度 Selection Dose (mg/L)	LC_{50} / (mg/L)	95% 置信区间 95% confidence interval	斜率 (标准误) Slope (SE)	抗性倍数 Resistance ratio
G_0	—	0.013	0.009 - 0.017	2.375 (0.150)	1.000
1	0.100	0.014	0.010 - 0.019	1.424 (0.152)	1.076
2	0.100	0.025	0.017 - 0.037	1.824 (0.224)	1.923
3	0.100	0.079	0.057 - 0.108	2.157 (0.239)	6.077
4	0.200	0.161	0.062 - 0.424	1.314 (0.281)	12.384
6	0.200	0.182	0.050 - 0.658	0.971 (0.242)	14.000
8	0.300	0.200	0.120 - 0.336	1.103 (0.146)	15.385
9	0.300	0.217	0.127 - 0.371	1.114 (0.147)	16.692
10	0.300	0.221	0.126 - 1.220	1.129 (0.331)	17.000
11	0.300	0.233	0.179 - 0.304	1.803 (0.164)	17.923
12	0.300	0.281	0.215 - 0.367	1.877 (0.173)	21.615
13	0.400	0.312	0.253 - 0.384	2.310 (0.177)	24.000
14	0.400	0.360	0.292 - 0.443	2.307 (0.182)	27.692
15	0.400	0.390	0.308 - 0.563	2.516 (0.290)	30.000

抗性倍数 = LC_{50} (抗性种群) / LC_{50} (敏感种群)。

Resistance ratio = LC_{50} (resistance population) / LC_{50} (susceptive population)。

花蓟马对多杀菌素的敏感性开始下降后,抗性形成大体可分为 3 个阶段:第 1 阶段为上升阶段,抗性倍数从 1.08 到 14.00 倍持续上升(从第 1 代到第 6 代);第 2 阶段为抗性平缓上升期,抗性倍数从 15.38 到 17.92 倍(从第 8 代到第 11 代);第 3 阶段为又一上升期,抗性指数从 21.62 倍到 30.00 倍(从第 12 代到第 15 代)。

2.2 西花蓟马对多杀菌素的抗性遗传分析

2.2.1 显性度测定 从多杀菌素对杂交后代的毒力来看(表 2),两者的 LC_{50} 值差异不显著,95% 置信限基本重合,并且在抗性品系饲养过程中,其性比接近于 1:1。说明西花蓟马对多杀菌素的抗性基因位于常染色体上。

表 2 多杀菌素对西花蓟马抗性品系和敏感品系及正反交 F_1 代的毒力

Table 2 Toxicity of spinosad against the susceptible strain, the resistant strain, and the progeny of reciprocal crosses of *Frankliniella occidentalis*

种群 Population	LC_{50} (95% 置信区间) LC_{50} (95% confidence interval) / (mg/L)	斜率 (标准误) Slope (SE)	相对抗性倍数 Resistance ratio	显隐性程度 Degree of dominance
敏感种群(S)	0.005 (0.004 – 0.007)	2.043 (0.221)	1.000	—
抗性种群(R)	0.396 (0.263 – 0.616)	2.370 (0.240)	80.816	—
F_1 (R ♀ × S ♂)	0.136 (0.110 – 0.170)	1.978 (0.251)	27.755	0.512
F_1 (S ♀ × R ♂)	0.113 (0.091 – 0.173)	2.384 (0.296)	23.061	0.426

注:相对抗性倍数 = LC_{50} (R 或 F_1) / LC_{50} (S)。
Resistance ratio = LC_{50} (R or F_1) / LC_{50} (S)。

F_1 代 LD-P 线靠近 R 亲本一方(图 1,2),由表 1 数据计算正交后代显性度为 0.51,反交后代显性度为 0.43,二者皆介于 0 ~ 1 之间,说明西花蓟

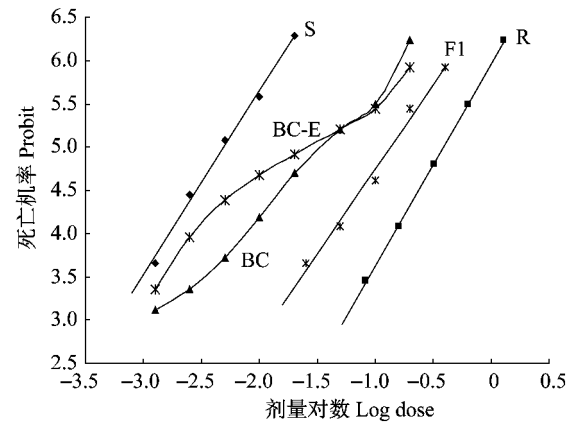


图 1 西花蓟马 S、R、 F_1 及 BC 对多杀菌素的剂量反应曲线

Fig.1 LD-P lines for resistant (R) and susceptible (S) parents, F_1 and BC progenies of *Frankliniella occidentalis* to spinosad

S:敏感品系;R:抗性品系; F_1 :R ♀ × S ♂ ;BC 实测值:
 F_1 ♀ × S ♂ ;BC 理论值:BC 的期望曲线
S:susceptible; R:resistance; F_1 :R ♀ × S ♂ ;
BC: F_1 ♀ × S ♂ ;BC-E:expected response curve of BC.

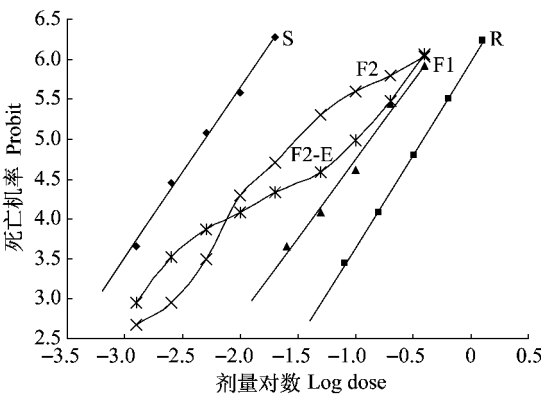


图 2 西花蓟马 S、R、 F_1 及 F_2 对多杀菌素的剂量反应曲线

Fig.2 LD-P lines for resistant (R) and susceptible (S) parents, F_1 and F_2 progenies of *Frankliniella occidentalis* to spinosad

S:敏感品系;R:抗性品系; F_1 :R ♀ × S ♂ ;
 F_2 实测值: F_1 ♀ × F_1 ♂ ; F_2 理论值: F_2 的期望曲线
S:susceptible; R:resistance; F_1 :R ♀ × S ♂ ; F_2 :
 F_1 ♀ × F_1 ♂ ; F_2 -E:expected response curve of F_2 .

马对多杀菌素的抗性为不完全显性遗传。

2.2.2 抗性遗传因子数测定 从图 1,2 看出,回交后代 BC 的剂量对数 - 死亡率值曲线在死亡率为 50% (机率值为 5) 处、自交 F_2 代在死亡率

25% (机率值为 4.33) 和 75% (机率值为 5.68) 处没有出现明显的平坡;从图形上看,BC 和 F_2 代的实测曲线与理论曲线存在较大差异,表明西花蓟马对多杀菌素的抗性是由 2 个或 2 个以上的基因控制的。进一步的适合性测验结果表明,回交后代 BC 的 $\chi^2 = 21.36 > \chi_{0.05}^2 = 14.07$ (df = 7),自交后代 F_2 的 $\chi^2 = 41.05 > \chi_{0.05}^2 = 15.51$ (df = 8),进一步证实抗性为多基因控制。

3 讨论

一种新药剂在害虫还未对其产生抗性前,在室内进行抗性选育及进行抗性遗传方面的分析,可以对该药剂的合理使用和抗性治理策略的制定及实施提供重要的理论依据。

本研究用多杀菌素对西花蓟马种群进行 2 年多的抗性筛选,获得相对于敏感品系具有 80.8 倍抗性的西花蓟马抗性品系。在最初筛选的近 2 年时间内,抗性发展非常缓慢,随着汰选次数的增加,更多的抗性个体被筛选出来,而后出现了 2 个快速增长阶段。本试验表明,虽然多杀菌素具有独特的作用机制,但连续的、单一的使用多杀菌素,也可以导致从未接触过多杀菌素的敏感西花蓟马对多杀菌素产生高水平抗性。近年来,在未进行抗性管理、作物生长期短的农业发达地区,已经先后有诸多害虫对多杀菌素产生抗性的田间报道。Zhao 等(2002)首次报道美国夏威夷的小菜蛾田间种群对多杀菌素的抗性为 316 倍;马来西亚的小菜蛾田间种群也对多杀菌素产生了抗药性(Sayyed *et al.*, 2004);Moulton 等(2000)报道泰国曼谷地区的甜菜夜蛾田间种群对多杀菌素产生了 85 倍的抗性。室内筛选来自田间的烟草夜蛾和家蝇种群均对多杀菌素产生了 >150 倍的高水平抗性(Young *et al.*, 2003;Shono and Jeffrey, 2003)。

遗传杂交试验表明,该西花蓟马抗性品系(80.8 倍)对多杀菌素的抗性为常染色体、不完全显性遗传;剂量对数-死亡几率值曲线分析该抗性由多基因控制,可能与多杀菌素的靶标受体烟碱型乙酰胆碱受体(nAChR)以及 γ -氨基丁酸受体(GABAR)的改变有关。本文的研究结果与日本地区西花蓟马抗性品系(13.4 倍)对多杀菌素的抗性遗传方式的研究结果是一致的(Zhang *et al.*, 2008)。但不同的西花蓟马种群或者抗性水

平的不同会表现不同的遗传方式,Bielza 等(2007)报道在西班牙东南部地区的西花蓟马高抗性品系(356 547 倍)对多杀菌素的抗性遗传方式为常染色体、不完全隐性遗传,抗性基因是由单基因控制的。其他害虫如甜菜夜蛾对多杀菌素的抗性为常染色体、不完全显性遗传(Moulton *et al.*, 2000);美国夏威夷的田间小菜蛾种群对多杀菌素的抗性为常染色体、不完全隐性遗传(Zhao *et al.*, 2002);烟草夜蛾对多杀菌素的抗性为非性连锁、不完全隐性遗传(Wyss *et al.*, 2003)。

明确害虫对杀虫剂的抗性遗传方式对于害虫的抗性治理具有十分重要的意义,抗性遗传方式是选择抗性治理策略及了解抗性动态的基础。本文研究表明西花蓟马对多杀菌素的抗性为不完全显性遗传,此种遗传方式有利于抗性的发展;多基因遗传虽然前期抗性发展较慢,但产生的抗谱可能较宽,抗性一旦发生则很难延缓其抗药性的发展,因此多杀菌素的抗药性治理是非常必要的措施,可采用预防性抗性治理策略,在抗性未明显产生前就应限制多杀菌素的使用次数,与不同作用机制的药剂混用或轮用,避免单一药剂的大量持续使用,以减轻对西花蓟马的选择压力,保持多杀菌素的良好防效。

参考文献(References)

- Alfredo R, Anthony MS, 2003. Development of a bioassay system for monitoring susceptibility in *Thrips tabaci*. *Pest Manag. Sci.*, 59(5):553—558.
- Bielza P, Quinto V, Fernández E, Grávalos C, Contreras J, 2007. Genetics of spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *J. Econ. Entomol.*, 100(3):916—920.
- 盖海涛, 鄧军锐, 蒋永金, 李肇星, 2009. 入侵种西花蓟马与本地种花蓟马生长发育的比较研究. *中国植保导刊*, 29(3):9—12.
- Herron GA, James TM, 2005. Monitoring insecticide resistance in Australian *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) detects fipronil and spinosad resistance. *Austl. J. Entomol.*, 44(3):299—303.
- Lewis T, 1997. *Thrips as Crop Pests*. London: Cambridge Press. 1—13.
- Loughner RL, Warnock DF, Cloyd RA, 2005. Resistance of greenhouse, laboratory, and native populations of western flower thrips to spinosad. *Hortscience*, 40:146—149.

- Moulton JK, Pepper DA, Dennehy TJ, 2000. Beet armyworm (*Spodoptera exigua*) resistance to spinosad. *Pest Manag. Sci.*, 56(10):842—848.
- Sayyed AH, Omar D, Wright DJ, 2004. Genetics of spinosad resistance in a multi-resistant field-selected population of *Plutella xylostella*. *Pest Manag. Sci.*, 60(8):827—832.
- Shono T, Jeffrey GS, 2003. Spinosad resistance in the housefly, *Musca domestica*, is due to a recessive factor on autosome 1. *Pestic. Biochem. Phys.*, 75(1/2):1—7.
- Sokal PR, Rohlf RL, 1981. Biometry. New York: W. H. Freeman and Company. 76—84.
- Stone BF, 1968. A formula for determining degree of dominance in cases of monofactorial inheritance of resistance to chemicals. *Bull. World Health Organ.*, 38(2):325—326.
- Thompson GD, Dutton R, Sparks TC, 2000. Spinosad—a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Manag. Sci.*, 56(8):696—702.
- Tsukamoto M, 1963. The log dosage-probit mortality curve in genetic researches of insect resistance to insecticides. *Botyu-Kagaku*, 28:91—98.
- Tsukamoto M, 1983. Methods of genetic analysis of insecticide resistance//Georgiou GP(ed.). *Pest Resistance to Pesticides*, New York and London: Plenum Press. 225—235.
- 吴青君,徐宝云,张治军,张友军,朱国仁,2007. 京、浙、滇地区植物蓟马种类及其分布调查. *中国植保导刊*, 27(1):32—34.
- Wyss CF, Young HP, Shukla J, Roe RMRM, 2003. Biology and genetics of a laboratory strain of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), highly resistant to spinosad. *Crop Prot.*, 22(2):307—314.
- Young H, Bailey WD, Roe RMRM, 2003. Spinosad selection of a laboratory strain of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), and characterization of resistance. *Crop Prot.*, 22(2):265—273.
- Zhang SY, Satoshi K, Tamotsu M, Tadashi M, 2008. Mechanisms of resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Insect Sci.*, 15:125—132.
- Zhao JZ, Li YX, Collins HL, Gusukuma-Minuto L, Mau RFL, Thompson GD, Shelton AM, 2002. Monitoring and characterization of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad. *J. Econ. Entomol.*, 95(2):430—436.
- 张友军,吴青君,徐宝云,朱国仁,2003. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害. *植物保护*, 29(4):58—59.
- 郑长英,刘云虹,张乃芹,赵希丽,2007. 山东省发现外来入侵有害生物——西花蓟马. *青岛农业大学学报(自然科学版)*, 24(3):172—174.