

不同小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性动态*

胡珍娣** 冯 夏 包华理 李振宇 林庆胜
周小毛 尹 飞 陈焕瑜***

(广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘 要 【目的】了解不同种植模式的小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 田间种群对氟啶脲 (Chlorfluazuron) 的抗性动态, 旨在为该药剂的田间抗性管理提供参考。【方法】参照中华人民共和国农业行业标准“十字花科蔬菜小菜蛾抗性监测技术规程”(NY/T 2360-2013) 进行。【结果】与敏感种群相比, 不同监测点小菜蛾种群由于地理位置、种植模式、用药习惯等的不同, 对氟啶脲的抗性表现出地区差异和年度间差异。小户型连年种植模式的广东广州地区小菜蛾田间种群对该药剂抗性相对最高, 以中等及以上抗性水平为主, 最高抗性比 (RR 值) 为 437.58; 而规模化连年种植模式的广东惠州地区小菜蛾种群对该药剂的抗性仅次于广东广州地区, 也以中等及以上抗性水平为主, 最高 RR 值为 337.18; 小户型连年种植为主的连州地区小菜蛾种群对氟啶脲的抗性动态与广东惠州地区的非常相似, 抗性水平比广东广州地区和广东惠州地区稍轻; 山区小户型多样化种植模式的广西柳州地区小菜蛾田间种群对该药剂的抗性相对最低, 以低水平抗性为主, 最高 RR 值仅为 23.24。但 4 个抗性监测点也存在抗性发展大趋势基本一致的共同点。具体表现在 4 个监测点小菜蛾种群对该药剂的抗性在 2008 年均为中等以上抗性水平, 随后通过调整了用药策略, 多数地区 2009—2011 年抗性下降至低水平 (RR 值小于 10)。2012 年随着田间防治压力的上升, 氟啶脲用药量和用药频次再次增加, 造成多数地区抗性再次上升至中等及以上水平, 并持续到 2014 年。【结论】小菜蛾对氟啶脲的抗性田间稳定性不高, 停用或过度依赖该药剂一段时间, 抗性即出现下降或上升, 基本与用药情况、频次和强度等呈正相关。

关键词 小菜蛾, 种植模式, 氟啶脲, 抗性监测

Changes in resistance rates to chlorfluazuron in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, in different fields

HU Zhen-Di** FENG Xia BAO Hua-Li LI Zhen-Yu LIN Qin-Sheng ZHOU Xiao-Mao
YIN Fei CHEN Huan-Yu***

(Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract [Objectives] To investigate the development of resistance to chlorfluazuron in the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.), in fields with different cropping patterns, and thereby provide information useful for managing the development of resistance to this insecticide. [Methods] Data were obtained during the agricultural industry standard of the People's Republic of China's "Cruciferous monitoring program for insecticide resistance in *P. xylostella* on cruciferous vegetables" (NY/T 2360-2013). [Results] Compared to a DBM sensitive strain, resistant strains from four monitoring stations differed in their resistance to chlorfluazuron due to differences in geographical locations, vegetable cropping patterns, and methods of insecticide use. On the whole, the resistant strain from Guangzhou, Guangdong, where there was a small-scale,

* 资助项目 Supported projects 国家自然科学基金青年基金(31501664) 国家公益性行业(农业)科研专项(201103021 和 201203038); 广东省农业科学院院长基金(201514); 广东省科技计划项目(2013B050800019 和 2014B070706017)

**第一作者 First author, E-mail: littleblackfox@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: chenhy@gdppri.com

收稿日期 Received: 2016-01-19, 接受日期 Accepted: 2016-02-27

year by year, planting model, was the most resistant, with moderate, or high-moderate resistance to chlorfluazuron being the norm (maximum RR value = 437.58). The next most resistant strain was that from Huizhou, Guangdong, where there was a scale-successive cropping pattern, in which moderate, or high-moderate, resistance to chlorfluazuron was typical (maximum RR value = 337.18). Resistance of the Lianzhou, Guangxi strain was similar to that of the Guangzhou and Huizhou strains, but was slightly less than that of these strains. This strain had the lowest resistance to chlorfluazuron (maximum RR value = 23.24), due to the small scale of the planting model in the mountainous region inhabited by this strain. Resistance data from the four monitoring stations showed a similar trend. In 2008, resistance at most monitoring stations was moderate, or high-moderate, then decreased in 2009-2011 after the use of chlorfluazuron was discontinued. However, in 2012, chlorfluazuron was once again used to control DBM at the four monitoring stations with the not unexpected result that resistance once again increased. **[Conclusion]** The resistance of DBM to chlorfluazuron is unstable and positively correlated with frequency of use and dosage. Discontinuation of use, or over use of this pesticide, can cause resistance to decrease or increase, respectively, within a short period.

Key words *Plutella xylostella*, cropping pattern, chlorfluazuron, resistance monitoring

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 属鳞翅目 (Lepidoptera) 菜蛾科 (*Plutella*), 是一种世界性十字花科蔬菜害虫, 在我国南方蔬菜主产区发生十分严重, 是农业害虫抗性监测的主要对象之一。国内外多项研究表明, 小菜蛾的繁殖能力、解毒能力等生物学特性, 十字花科蔬菜种植结构调整及生产上过度依赖化学防治措施等外界因素, 共同导致了小菜蛾抗性发展快, 防治困难等问题 (Athanasios and Eunice, 1999; 梁沛等, 2001; Oliveira *et al.*, 2011)。目前, 小菜蛾对几乎所有商品化药剂均已产生了抗性, 特别是有机磷类、拟除虫菊酯类、昆虫生长调节剂类, 甚至是植物源杀虫剂等 (Adalla, 1994; Whalon *et al.*, 2008)。据 Furlong 等 (2013) 最新统计, 全世界每年因小菜蛾损失和防治的费用已高达 40~50 亿美元。由此可见, 对抗性小菜蛾的治理是一个国际难题。

氟啶脲 (Chlorfluazuron), 商品名为抑太保, 是一种新型含氟氮杂环类高效杀虫剂, 其作用机理是通过抑制几丁质的合成, 使卵的孵化、幼虫蜕皮及蛹的发育畸形, 成虫羽化受阻 (赵善欢, 2000; Shoji and Hisaaki, 2005)。研究表明, 氟啶脲作用速度与其他化学杀虫剂相比虽然稍缓慢, 但长期防治较好, 对大多数鳞翅目害虫均有很高的杀虫活性 (Wu *et al.*, 1998)。2006 年, 在我国南方地区曾监测到小菜蛾对该药剂的高水平抗性, 田间增加用药剂量后造成药害, 因此

在建议暂停使用或调整用药剂量及频次后, 抗性得以缓解 (陈焕瑜等, 2010)。总体而言, 氟啶脲虽然存在抗性风险, 但仍然是防治小菜蛾的常用药剂之一, 有必要严密监测抗性变化, 加强管理, 延长药剂的使用寿命。

本研究在我国南方地区设置了 4 个抗性监测点, 自 2008 年始监测小菜蛾对氟啶脲的抗性动态, 并结合当地的种植模式、用药习惯等分析抗性发展原因, 研究结果对及时调整用药品种, 制定科学、合理、有效的抗性治理策略, 延缓或避免抗性的产生具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 试虫

选定南方地区不同种植模式的广东惠州、广东连州、广州石井和广西柳州作为本次研究的重点, 自 2008 年秋季始, 每年定期定点在选定的监测点附近 2~3 个田块采集带有老熟幼虫和蛹的叶片。带回实验室后, 先收集蛹置于冰箱 4℃ 保存, 老熟幼虫置于 25℃, 相对湿度 50%~70%, 光周期 16L:8D 的养虫室饲养至化蛹。收集后在养虫室内统一放出羽化, 成虫饲喂 5% 蜂蜜水并提供菜心苗产卵, 幼虫孵化后饲养至 3 龄初期进行抗性监测。

1.2 供试药剂

5% 氟啶脲 EC, 由广东大丰植保科技有限公司配制。

1.3 毒力测定方法

浸叶法毒力测定,结果调查等均参照中华人民共和国农业行业标准“十字花科蔬菜小菜蛾抗性监测技术规程”(NY/T 2360-2013)进行(邵振润等,2013)。

1.4 数据处理

采用 POLO 软件进行机率值分析,可求出每个田间种群的 LC_{50} 值及其 95%置信区间、毒力回归方程斜率、卡方及标准误等。抗性水平按如下公式计算:

抗性比(RR)=田间种群的 LC_{50} /敏感品系的 LC_{50} 。

敏感品系氟啶脲的 LC_{50} 值及抗性划分标准均参考“十字花科蔬菜小菜蛾抗性监测技术规程”(NY/T 2360-2013)(邵振润等,2013)。 LC_{50} 值为 0.33 mg/L,抗性划分标准为:RR ≤ 10.0,低水平抗性;10.0 < RR < 100.0,中等水平抗性;RR ≥ 100.0,高水平抗性。

2 结果与分析

小菜蛾田间种群抗性监测是实现抗性治理的必要基础。本研究自 2008 年始,采用浸叶法监测了广东广州、广东惠州、广东连州和广西柳州 4 个十字花科蔬菜种植区小菜蛾种群对氟啶脲的抗性,具体结果见表 1。由表 1 可知,广东广州地区小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性为 4 个监测点中相对最高的。2008—2014 年间,除

2011 年监测到低水平抗性(RR 值 0.52)外,其余时间均保持在中等及以上抗性水平(RR 值波动范围为 40.33~437.58)。特别是 2012—2014 年,均保持在高水平抗性(RR 值波动范围为 177.09~437.58)。

广东惠州地区小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性监测结果见表 2。与广东广州地区相比,广东惠州地区小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性水平低一些。低水平抗性(RR 值波动范围 0.58~8.76)集中出现在 2009—2011 年,中等及以上抗性水平(RR 值波动范围 75.24~337.18)出现在 2008 年及 2012—2014 年。

由表 3 可知,广东连州地区小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性比广东广州和广东惠州地区均进一步降低,高水平抗性(RR 值 158.27)仅出现在 2008 年,低水平抗性(RR 值波动范围 0.09~1.12)集中在 2009—2011 年,中等水平抗性(RR 值波动范围 38.82~98.12)集中出现在 2012—2014 年。年度间抗性波动与广东惠州地区非常相似。

与以上 3 个监测点相比,广西柳州地区小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性相对最低。在所有监测时间段内均未出现高水平抗性,仅 2008 年和 2014 年监测到中等水平抗性(RR 值分别为 23.24 和 11.18),其余均为低水平抗性(RR 值波动范围 0.30~10.36)。

总体而言,4 个监测点小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性在 2008 年均相对较高,除广东广州地区 2009—2010 年抗性仍保持相对较高外,其

表 1 广东广州地区小菜蛾对氟啶脲抗性动态监测结果

Table 1 Resistance of Guangzhou, Guangdong Province *Plutella xylostella* to chlorfluazuron

采集时间 Collection time	LC_{50} (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	斜率(±SE) Slope (±SE)	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio
2008.12	20.23	10.74-33.00	1.34(±0.22)	2.24	61.30
2009.12	43.70	29.05-65.13	1.92(±0.21)	1.70	132.42
2010.12	13.32	8.48-18.39	2.05(±0.45)	1.74	40.33
2011.11	0.17	0.00-0.74	1.19(±0.43)	0.55	0.52
2012.12	68.87	48.26-122.84	2.51(±0.51)	0.11	208.70
2013.10	144.40	93.75-281.44	1.68(±0.26)	0.76	437.58
2014.10	58.44	37.01-100.91	1.26(±0.25)	0.59	177.09

表 2 广东惠州地区小菜蛾对氟啶脲抗性动态监测结果 Table 2 Resistance of Huizhou, Guangdong Province <i>Plutella xylostella</i> to chlorfluazuron					
采集时间 Collection time	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	斜率 (±SE) Slope (±SE)	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio
2008.12	51.91	18.74-95.49	1.17(±0.25)	0.98	157.30
2009.12	0.24	0.06-0.48	1.90(±0.41)	0.45	0.73
2010.12	0.19	0.12-0.27	1.73(±0.29)	1.82	0.58
2011.12	2.89	0.83-4.96	1.55(±0.38)	0.62	8.76
2012.11	111.27	41.42-496.16	1.31(±0.22)	7.57	337.18
2013.10	27.58	16.88-59.57	1.28(±0.23)	1.77	83.58
2014.10	24.83	15.87-49.32	1.48(±0.32)	2.11	75.24

表 3 广东连州地区小菜蛾对氟啶脲抗性动态监测结果 Table 3 Resistance of Lianzhou, Guangdong Province <i>Plutella xylostella</i> to chlorfluazuron					
采集时间 Collection time	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	斜率 (±SE) Slope (±SE)	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio
2008.12	52.23	23.52-123.45	1.95(±0.24)	3.82	158.27
2010.1	0.27	0.01-0.81	1.02(±0.28)	0.87	0.82
2010.12	0.03	0.01-0.07	1.73(±0.49)	1.79	0.09
2011.12	0.37	0.20-0.58	1.24(±0.22)	1.47	1.12
2012.11	32.38	19.11-54.10	1.66(±0.32)	1.96	98.12
2013.11	12.81	7.54-22.52	2.63(±0.46)	3.17	38.82
2014.11	15.11	11.48-20.47	2.44(±0.34)	0.89	45.79

表 4 广西柳州地区小菜蛾对氟啶脲抗性动态监测结果 Table 4 Resistance of Liuzhou, Guangxi Province <i>Plutella xylostella</i> to chlorfluazuron					
采集时间 Collection time	LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% confidence interval	斜率 (±SE) Slope (±SE)	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio
2008.11	7.67	2.64-15.05	1.28(±0.22)	1.89	23.24
2009.12	0.12	0.01-0.22	1.02(±0.33)	0.56	0.36
2010.11	0.10	0.04-0.18	0.84(±0.14)	1.29	0.30
2011.12	1.38	0.96-2.03	1.63(±0.22)	0.47	4.18
2012.12	0.56	0.33-0.79	2.09(±0.39)	1.67	1.70
2013.12	3.42	2.19-6.30	1.36(±0.25)	0.17	10.36
2014.12	3.69	2.30-5.87	1.56(±0.28)	0.53	11.18

余 3 个监测点在这段时间内均保持在低水平抗性。但随后 2011—2014 年间, 4 个监测点的抗性均有所回升, 广东广州和广东惠州地区的抗性甚至更加严重。

3 讨论

小菜蛾对杀虫剂抗性的产生及产生速度与

药剂种类、使用频率、强度等密切相关, 长时间、连续多次、高剂量使用一种或同类型杀虫剂, 很容易产生抗性 (胡珍娣等, 2012)。氟啶脲在我国普遍用于防治夜蛾类为主的鳞翅目害虫, 且生产上常以混配、复配形式用于小菜蛾的防治, 造成田间药剂选择压力偏大, 利于害虫抗性的产生。有报道表明, 2000—2008 年间, 我国多个

地区小菜蛾种群对氟啶脲的抗性以中等偏高水平为主(黄剑和吴文娟, 2003)。本研究中, 2008年4个监测点小菜蛾田间种群对氟啶脲的抗性除小户型多样化种植模式的广西柳州外, 其余均为中等及以上水平, 这与之前已报道的抗性情况较为一致。随后, 在高水平抗性的地区建议暂停使用该药剂及其复配制剂, 中等水平抗性的地区多采用交替、轮换用药, 并重点推荐了氯虫苯甲酰胺等新型杀虫剂或敏感性较高的杀虫剂替代(陈焕瑜等, 2010)。由于新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺的防效突出, 2009—2011年间, 广东大部分地区蔬菜种植基地, 特别是规模化菜场, 都主要依赖该药剂来防治田间抗性小菜蛾。但2011年春季氯虫苯甲酰胺就出现田间防效下降现象, 同年秋季, 在广东部分地区监测到RR值高达1 000多倍的高水平抗性(Wang and Wu, 2012; 夏耀民等, 2013)。随着氯虫苯甲酰胺抗性的发展, 田间一度出现无药可用的局面, 氟啶脲等传统杀虫剂再次被委以重任防治小菜蛾。因此, 2012—2014年间, 在所有监测点都监测到小菜蛾对氟啶脲抗性的大幅度提升。

分析不同种植模式对小菜蛾抗药性的影响, 发现小户型连年种植模式的广东广州小菜蛾田间种群对该药剂抗性最高, 年度间抗性波动也最大。规模化连年种植模式的广东惠州次之, 而小户型多样化种植模式的广东连州和广西柳州抗性相对较低。小菜蛾是典型的寡食性害虫, 一般只取食十字花科蔬菜, 一个地区是否周年种植十字花科蔬菜及种植面积大小对小菜蛾种群消长起到重要作用(吴青君, 2005)。本研究中, 广东广州和广东惠州都是连年种植模式, 为小菜蛾的发生提供了良好的生存环境和丰富的食料, 田间种群基数高常年偏高, 而依赖增加施药次数和剂量又进一步助长了小菜蛾抗性的提升。广东连州丘陵岗峦较多, 山区气候特点不利于小菜蛾的发生, 但连年种植方式还是存在一定的药剂防治压力, 虽然抗性比广东广州和广东惠州都低, 但总体发生规律较为一致。采用小户型多样化种植的广西柳州, 不利于田间小菜蛾种群的发生, 地貌特点造成种植区域与外界环境相对隔离, 因此

小菜蛾对氟啶脲抗性相对较低。

从连年监测小菜蛾对氟啶脲的抗性结果来看, 小菜蛾对氟啶脲的田间抗性稳定性不强, 停用或过度依赖该药剂, 抗性即可大幅下降或上升, 抗性与用药频次和剂量等呈正相关。因此, 在小菜蛾对该药剂的抗性治理方面, 建议多采用不同类型杀虫剂交替使用、混配药剂、轮换用药及施药空间上的棋盘式田间间隔布置等方法, 合理用药, 多位点作用靶标, 可有效降低小菜蛾抗性或延缓抗性的发展。

参考文献 (Reference)

- Adalla MA, 1994. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. New York: Haworth Press. 22–29.
- Athanassios KZ, Eunice JA, 1999. Bioactive compound from neem tissue cultures and screening against insects. *Pesticide Science*, 55(4): 497–500.
- Chen HY, Hu ZD, Feng X, Li ZY, Zhang DY, 2010. Study on resistance monitoring and management strategy of the diamondback moth, *Plutella xylostella* to chlorfluazuron in Yuezhong area. *Guangdong Agricultural Sciences*, 9: 30–31. [陈焕瑜, 胡珍娣, 冯夏, 李振宇, 张德雍, 2010. 粤中地区小菜蛾对啶虫隆的抗性监测及治理对策. 广东农业科学, 9: 30–31.]
- Chen HY, Zhang DY, Huang H, Li ZY, Hu ZD, Feng X, 2010. Insecticidal activities and field efficacy of chlorantraniliprole against diamondback moth (*Plutella xylostella*). *Guangdong Agricultural Sciences*, 2: 96–98. [陈焕瑜, 张德雍, 黄华, 李振宇, 胡珍娣, 冯夏, 2010. 氯虫苯甲酰胺对广东小菜蛾杀虫活性和田间药效评价. 广东农业科学, 2: 96–98.]
- Furlong MJ, Wright DJ, Dosdall LM, 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*, 58: 517–541.
- Hu ZD, Chen HY, Li ZY, Zhang DY, Yin F, Lin QS, Bao HL, Zhou XM, Feng X, 2012. Found a field population of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), with high-level resistance to chlorantraniliprole in South China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 39(1): 79–81. [胡珍娣, 陈焕瑜, 李振宇, 张德雍, 尹飞, 林庆胜, 包华理, 周小毛, 冯夏, 2012. 华南小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺已产生严重抗性. 广东农业科学, 39(1): 79–81.]
- Huang J, Wu WJ, 2003. Advance of studies on insecticide resistance to diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *Journal of Guizhou University (Natural Sciences)*, 20(1): 97–104. [黄剑, 吴文娟, 2003. 小菜蛾抗药性研究进展. 贵州大学学报(自然科学版), 20(1): 97–104.]

- Liang P, Gao XW, Zheng BZ, Dai HB, 2001. Study on resistance mechanisms and cross-resistance of abamectin in Diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 3(1): 41–45. [梁沛, 高希武, 郑炳宗, 戴洪波, 2001. 小菜蛾对阿维菌素的抗性机制及交互抗性研究, 农药学报, 3(1): 41–45.]
- Oliveira AC, Siqueira HAA, Silva JE, Oliveira JV, Michereff Filho M, 2011. Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. *Science of Agriculture*, 68(2): 154–159.
- Shao ZR, Feng X, Zhang S, Li ZY, Huang JD, Chen HY, Hu ZD, 2013. NY/T 2360-2013: Crucideline for insecticide resistance monitoring of *Plutella xylostella* (L.) on cruciferous vegetables. Beijing: China Agricultural Press. [邵振润, 冯夏, 张帅, 李振宇, 黄军定, 陈焕瑜, 胡珍娣, 2013. NY/T 2360-2013, 十字花科小菜蛾抗性监测技术规程. 北京: 中国农业出版社.]
- Shoji S, Hisaaki T, 2005. Studies on glutathione-S-transferase gene involved in chlorfluazuron resistance of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 82 (1): 94–101.
- Wang XL, Wu YD, 2012. High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella*. *Journal of Economic Entomology*, 105(3): 1019–1023.
- Whalon ME, Mota-Sanchez D, Hollingworth RM, 2008. Analysis of global pesticide resistance in arthropods//Whalon ME (ed.). *Global Pesticide Resistance in Arthropods*. CABI, Wallingford, United Kingdom. 5–31.
- Wu QJ, 2005. Mechanisms of abamectin resistance in *Plutella xylostella* L. and pharmacological properties of GABA_A receptor. Doctoral dissertation. Beijing: China Agricultural University. [吴青君, 2005. 小菜蛾对阿维菌素的康熙机制及 GABA_A 受体的药理性质研究. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学.]
- Wu QJ, Zhu GR, Zhao JZ, 1998. Resistance selection of *Plutella xylostella* (L.) by chlorfluazuron and patterns of cross-resistance. *Acta Entomologica Sinica*, 41(1): 34–41.
- Xia XM, Lu YH, Zhu X, Shen J, You H, Li JH, 2013. Determination of *Plutella xylostella* (L.) resistance to nine insecticides in Central China. *China Vegetables*, 22:75–80. [夏耀民, 鲁艳辉, 朱勋, 申君, 游红, 李建洪, 2013. 华中地区小菜蛾对 9 种杀虫剂的抗药性测定. 中国蔬菜, 22: 75–80.]
- Yao FN, 2010. Study on resistance monitoring, resistance selection to diafenthiuron and resistance biochemical mechanism of diamondback moth (*Plutella xylostella*). Masteral dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [姚锋娜, 2010. 小菜蛾抗药性监测、对丁醚脲抗性选育及抗性机理的研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Zhao SH, 2000. Chemical Protection of Plants. Beijing: China Agricultural Press. 171–175. [赵善欢, 2000. 植物化学保护. 北京: 中国农业出版社. 171–175.]