# 山西十字花科小菜蛾种群消长动态及几种杀虫剂的触杀毒力比较*

张贵云[1] 张丽萍[1**] 刘 珍[1] 魏明峰[1] 范巧兰[1] 吴青君[2] 张友军[2]

(1. 山西省农业科学院棉花研究所 运城 044000;2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

**摘 要** 2009—2010 连续两年,对山西省十字花科甘蓝、萝卜和杂草上的小菜蛾 *Plutella xylostella*(L.)种群消长动态进行了调查,并对 11 种杀虫剂的触杀毒力进行了比较分析。结果表明,受特殊气候条件影响,山西省 2009 与 2010 年的小菜蛾种群消长动态不太一致。2009 年,田间始见小菜蛾成蛾为 4 月 1 日,虫口总量分别在 4 月下旬和 5 月下旬出现一大一小 2 个发生高峰,秋茬作物上没有明显的发生高峰;第一代小菜蛾卵始见期为 5 月 8 日,第一代茧始见期为 5 月 18 日,卵总量和若虫总量分别在 5 月 13 日和 9 月 1 日、5 月 23 日和 9 月 16 日各出现 2 个发生高峰。2010 年,田间始见小菜蛾成蛾为 3 月 15 日,虫口总量分别在 4 月上旬、5 月下旬~6 月上旬、10 月中旬出现 3 个大小不一的发生高峰;第一代卵始见期为 5 月 26 日,第一代茧始见期为 6 月 5 日,卵总量和若虫总量分别在 5 月 15 日和 9 月 25 日、6 月 15 日和 10 月 10 日各出现 2 个发生高峰。两年调查结果,蔬菜上的小菜蛾发生量均高于杂草。5% 高效氯氰菊酯悬浮剂、5% 氟虫氰悬浮剂和 5% 茚虫威乳油等 11 种药剂对小菜蛾幼虫的触杀毒力测定结果表明,2.5% 多杀菌素悬浮剂对小菜蛾的触杀毒性最高,$LD_{50}$ 为 0.01 μg/头;10% 溴虫腈水乳剂、2% 阿维菌素乳油和 5% 氟虫氰悬浮剂的触杀毒性次之,$LD_{50}$ 分别为 0.34、0.28 和 0.10 μg/头;5% 高效氯氰菊酯悬浮剂和 97% 巴丹可湿性粉剂的触杀毒性最差,$LD_{50}$ 分别为 91.53 和 84.36 μg/头。

**关键词** 山西省,小菜蛾,消长动态,毒力测定

# Population dynamics of *Plutella xylostella* in cruciferae plants and contact toxicity of insecticides to it in Shanxi area

ZHANG Gui-Yun[1] ZHANG Li-Ping[1**] LIU Zhen[1]

WEI Ming-Feng[1] FAN Qiao-Lan[1] WU Qing-Jun[2] ZHANG You-Jun[2]

(1. Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China;

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

**Abstract** The population dynamics of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) feeding on 3 cruciferous plants in the Shanxi area were investigated in 2009 and 2010. Over the same period, the contact toxicity of insecticides introduced to control *P. xylostella* was evaluated. Differences in the population dynamics of *P. xylostella* between 2009 and 2010 were due to different weather conditions in these years. In 2009, *P. xylostella* first appeared on April 1st, two clear peaks of abundance occurred in late April and late May, respectively and there was no clear peak of abundance in the fall. The 1st generation eggs were laid on May 8th and the 1st generation pupae were found on May 18th. The total quantity of eggs and larvae peaked on May 13th and September 1st, and on May 23th and September 16th, respectively. In 2010, *P. xylostella* first appeared on March 15th, and three different peaks of abundance occurred in early April, late May to early June and mid – October. 1st generation eggs were laid on May 26th and 1st generation pupae were found on June 5th. The total quantity of eggs and larvae peaked on May 15th and September 25th, and June 15th and October 10th, respectively. Numbers of *P. xylostella* on vegetables were higher than on weeds in 2009 and 2010. Contact toxicities of the 11 insecticides were tested using the leaf dipping bioassay method. The results indicate that Spinosad was the most toxic with

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803001)。

** 通讯作者,E-mail:lipingzh2006@126.com

收稿日期:2011-03-01,接受日期:2010-03-10

an $LD_{50}$ value of 0.01 μg/ larva. Chlorfluazuron, Diafenthiuron and Tebufenozide were more toxic than the other pesticides tested, having $LD_{50}$ values of 0.34, 0.28 and 0.10 μg/ larva, respectively. Cypermethrin and Cartap were the least toxic, with $LD_{50}$ values of 91.53 and 84.36 μg / larva, respectively.

**Key words** Shanxi, *Plutella xylostella*, population dynamics, contact toxicity

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)属鳞翅目菜蛾科,主要危害甘蓝、花椰菜、白菜和萝卜等十字花科蔬菜,是世界性重要害虫。小菜蛾初龄幼虫仅取食叶肉,留下表皮,在菜叶上形成众多透明的斑,3 ~ 4 龄幼虫可将菜叶食成孔洞和缺刻,严重时全叶被吃成网状。该虫在干旱高温年份为害尤为严重,导致蔬菜减产、品质降低,甚至绝收。近年来,在我国北方地区,由于保护地蔬菜面积增加,油料作物及十字花科蔬菜大面积连片种植,加之气温偏高等因素的影响,小菜蛾的发生危害出现加重趋势。

长期以来,小菜蛾的防治主要采用化学药剂,使得小菜蛾抗药性水平发展很快。王维专等(1993)、王建军等(2000)、乔传令等(2000)、郭世俭等(2003)先后报道了我国广州、深圳、杭州、南京、浙江等南方地区小菜蛾已对有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、酰基脲类和微生物杀虫剂 Bt 等产生了抗药性。在北方地区,吴青君等(2005)对北京郊区延庆县小菜蛾种群抗药性监测结果,小菜蛾对菊酯类药剂也已产生不同程度的抗药性,其中对氰戊菊酯的抗性水平为极高抗,对溴氰菊酯为中抗水平,同时发现小菜蛾对阿维菌素的敏感性也有下降趋势;赵锋等(2006)发现山东小菜蛾种群对氯氰菊酯产生了 30 倍以上的抗性,对阿维菌素产生了 135 倍的抗性。

为明确山西地区小菜蛾的发生危害及抗药性情况,为其预测预报及抗性治理提供理论依据,笔者于 2009—2010 年在山西省闻喜县进行了田间小菜蛾种群消长动态监测和 11 种杀虫剂的触杀毒力比较试验。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料

供试虫种:小菜蛾 2008 年采自山西省闻喜县南关甘蓝菜田。

诱捕材料:诱芯(由中国科学院动物研究所提供)、诱捕器(内径约 25 cm 的黄色塑料盆,市售)。

供试药剂:5% 高效氯氰菊酯悬浮剂、5% 氟虫氰悬浮剂、5% 茚虫威乳油、2% 阿维菌素乳油、5% 氟啶脲乳油、20% 丁醚脲乳油、10% 虫酰肼乳油、10% 溴虫腈水乳剂、2.5% 多杀菌素悬浮剂、3% BT 可湿性粉剂和 97% 巴丹可湿性粉剂(均由中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供)。其它化学试剂均为分析纯。

### 1.2　试验方法

#### 1.2.1　小菜蛾消长动态监测

**1.2.1.1　成虫消长动态监测**　2009—2010 年,在山西省闻喜县选择十字花科甘蓝、萝卜和杂草(靠近十字花科蔬菜)3 个作物系统田进行周年监测。各作物系统间隔 2 000 m,每个作物系统设置 2 个监测点,2 个监测点间距 1 000 m 以上。各监测点农事操作按常规管理,监测期间不施任何杀虫药剂。每个监测点设置 3 个小菜蛾诱捕器,放在菜地边缘处,诱捕器间距大于 30 m,“一”字排开。每隔 2 d,上午定时调查诱捕到的成虫数,小菜蛾盛发期每天调查 1 次,诱芯每 15 d 更换 1 次。

**1.2.1.2　幼虫消长动态监测**　甘蓝定植缓苗后,开始第一次调查,每 5 d 调查 1 次,春茬甘蓝收获后为止,秋茬甘蓝直至连续两周未查到幼虫为止。调查方法:采用棋盘式 10 点取样法,苗期每点固定 10 株共 100 株,成株期每点 5 株共 50 株,在上午调查幼虫、卵和蛹的数量。

#### 1.2.2　小菜蛾抗药性监测

选择 5% 高效氯氰菊酯悬浮剂、5% 氟虫氰悬浮剂、5% 茚虫威乳油、2% 阿维菌素乳油、5% 氟啶脲乳油、20% 丁醚脲乳油、10% 虫酰肼乳油、10% 溴虫腈水乳剂、2.5% 多杀菌素悬浮剂、3% BT 可湿性粉剂和 97% 巴丹可湿性粉剂 11 种药剂作为供试药剂。每种药剂配制 5 个系列浓度,每个浓度重复 4 次,每个重复处理 10 头小菜蛾 3 龄幼虫。

室内毒力测定采用浸叶法。取用洁净的甘蓝(*Brassica oleracea*)叶,剪成直径为 6.5 cm 的圆片(避免主叶脉),在药液中浸泡 10 s 后取出晾干,将晾干的叶片垫在直径为 6.5 cm 的培养皿中,并接入 10 头 3 龄中期试虫,覆盖双层吸水卷纸,最后盖上培养皿上盖,置于培养箱中(温度(25 ± 1)℃,

相对湿度 65% ~70%，光照比 L∶D = 16∶8)。48 h 检查死亡率，用 POLO 软件计算毒力回归方程的斜率(slope)、$LD_{50}$值及其 95% 置信限。

## 2 结果与分析

### 2.1 小菜蛾成虫消长动态

2009 年小菜蛾成虫消长动态见图 1。从图 1 可以看出，4 月 1 日田间始见小菜蛾成蛾，4 月下旬为小菜蛾全年发生最高峰，其中甘蓝上小菜蛾峰值为单盆双日诱蛾量 52.2 头，萝卜上峰值为 39.2 头，杂草上峰值为 17.3 头；5 月中旬种群数量下降(主要原因是气温降低，5 月 8—16 日连续 9 d 阴天，降雨量 76.7 mm，最低气温 9.4℃)，5 月下旬出现一个小的发生高峰；6 月上旬种群数量下降，直到 8 月下旬种群数量才稍有上升，这可能与持续的高温天气有关(2009 年 6 月上旬—8 月中旬，山西省出现了连续高温天气，多数天气气温高达 35℃以上，其中监测点在此期间有 9 d 出现了 37℃以上的高温天气，最高温度甚至达到 40.7℃)。9 月—10 月上旬，小菜蛾种群数量缓慢上升，但 10 月中旬种群数量又下降，使得 2009 年山西秋茬甘蓝上没有明显的发生高峰。主要原因是 10 月 14—23 日出现的持续低温天气(最低气温 3.4℃)，影响了小菜蛾的存活与繁殖。2009 年调查发现，甘蓝和萝卜上小菜蛾发生量均高于杂草上小菜蛾发生量。

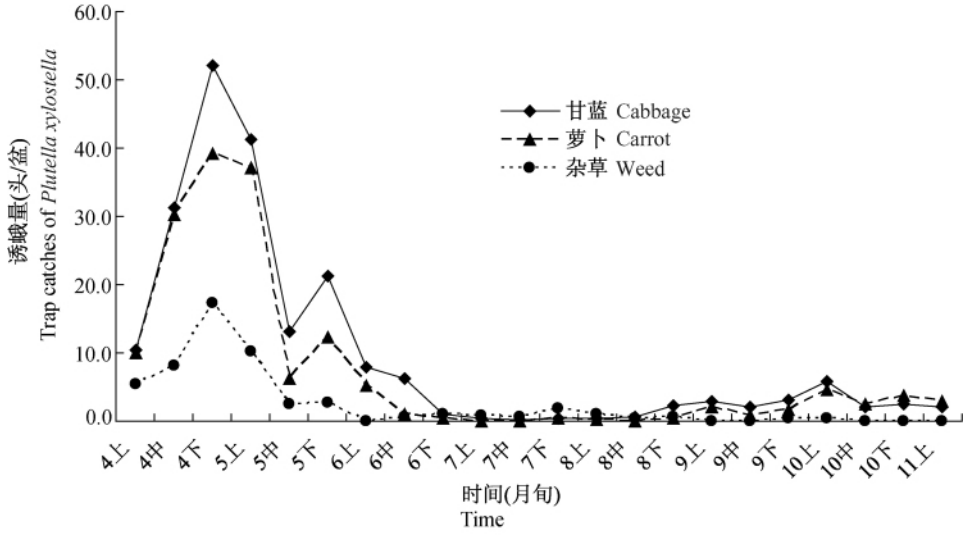



**图 1 2009 年山西省不同作物小菜蛾成虫种群消长动态**

**Fig. 1 The population dynamics of *Plutella xylostella* from Shanxi in 2009**

2010 年，3 月 15 日始见成蛾，4 月上旬出现发生小高峰，4 月中旬种群数量迅速下降，主要原因是 4 月 12—16 日，山西省出现了持续低温灾害天气，试验点最低气温达 -2 ~ -3℃；进入 5 月份，随着气温回升，种群数量迅速上升，5 月下旬—6 月上旬为小菜蛾全年发生最高峰，其中甘蓝小菜蛾发生峰值为单盆双日平均诱蛾量 48.0 头，萝卜为 51.5 头，杂草为 22.5 头；6 月下旬种群数量迅速下降。9 月上旬，秋茬作物上始见小菜蛾成蛾，9 月中旬种群数量缓慢上升，10 月上旬—中旬出现小的发生高峰后，种群数量随之下降。2010 年调查结果，甘蓝和萝卜上小菜蛾的发生量均高于杂草上小菜蛾发生量，与 2009 年结果类似(图 2)。

### 2.2 小菜蛾卵、若虫和蛹田间发生动态

2009 年甘蓝上小菜蛾卵、若虫和蛹的田间调查结果(图 3)表明，第一代卵始见期为 5 月 8 日，第一代茧始见期为 5 月 18 日，卵总量分别在 5 月 13 日和 9 月 1 日出现一大一小 2 个发生高峰，若虫总量分别在 5 月 23 日和 9 月 16 日出现 2 个发生高峰。

2010 年，田间第一代卵始见期为 5 月 26 日，较 2009 年(5 月 8 日)推迟 18 d，第一代茧始见期为 6 月 5 日，较 2009 年(5 月 18 日)推迟 17 d，卵总量分别在 5 月 15 日和 9 月 25 日出现 2 个发生高峰，若虫总量分别在 6 月 15 日和 10 月 10 日出现两个发生高峰(图 4)。

### 2.3　几种杀虫剂对小菜蛾的毒力比较

用菊酯类、沙蚕毒素类、氯化烟碱类、恶二嗪类、苯基甲酰基脲类、苯并吡唑类、硫脲类、芳基吡咯类、氨基甲酸酯类和阿维菌素等 11 类 11 种杀虫剂对山西地区小菜蛾进行触杀毒力测定,结果见表 1。由表 1 看出,11 种杀虫剂中,2.5% 多杀菌素悬浮剂对小菜蛾的触杀毒性最高,$LD_{50}$ 为 0.01 μg/头;10% 溴虫腈水乳剂、2% 阿维菌素乳油和 5% 氟虫氰悬浮剂对小菜蛾的触杀毒性次之,$LD_{50}$ 分别为 0.34、0.28 和 0.10 μg/头;5% 氟啶脲乳油、20% 丁醚脲乳油和 10% 虫酰肼乳油对小菜蛾的触杀毒性较低,$LD_{50}$ 分别为 23.87、41.50 和 42.55 μg/头;5% 高效氯氰菊酯悬浮剂和 97% 巴丹可湿性粉剂的毒性最低,$LD_{50}$ 分别为 91.53 和 84.36 μg/头。

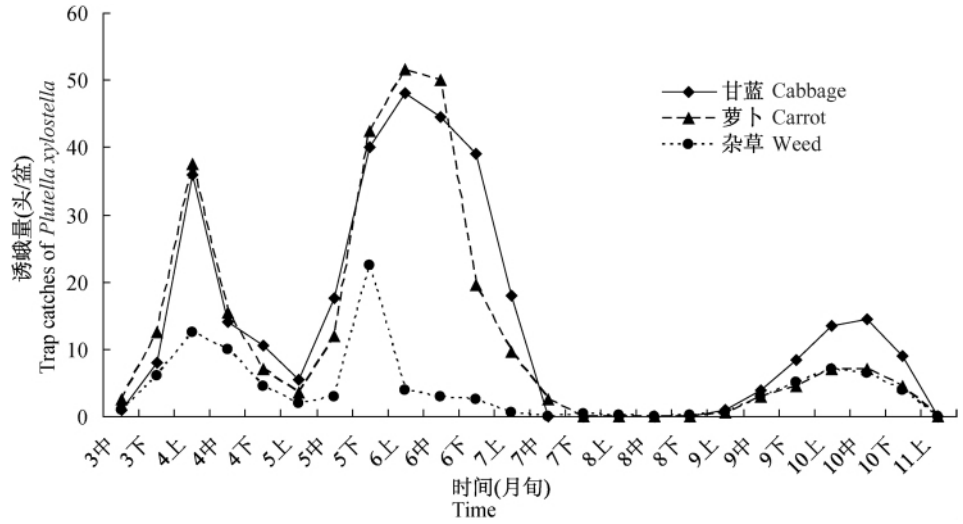



**图 2　2010 年山西省不同作物小菜蛾成虫种群消长动态**

**Fig. 2　The population dynamics of *Plutella xylostella* from Shanxi in 2010**

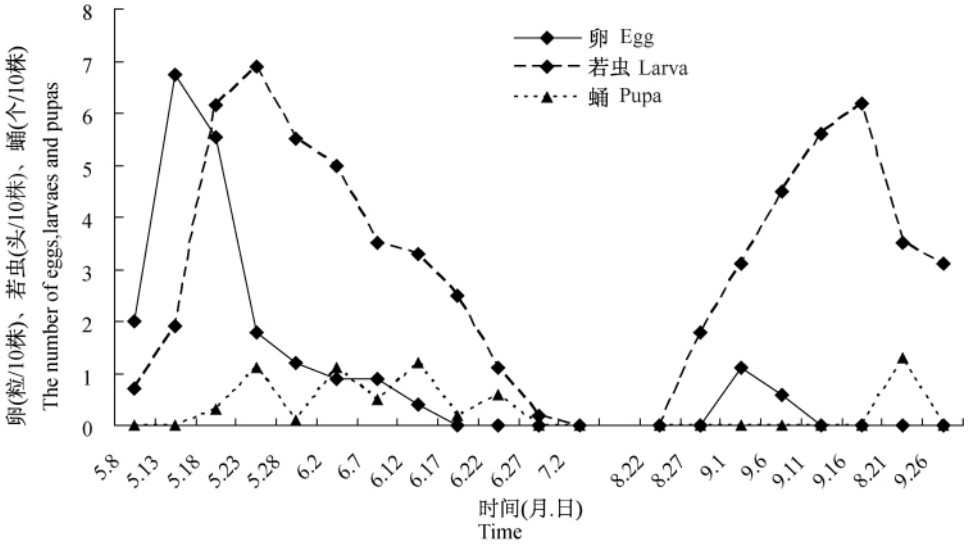



**图 3　2009 年山西省甘蓝小菜蛾卵、若虫和蛹数量变化**

**Fig. 3　The number changes of *Plutella xylostella* eggs, larvaes and pupas in Shanxi in 2009**

## 3 小结与讨论

本研究结果表明,2009 年山西地区小菜蛾田间种群消长趋势与 2010 年不太一致。2009 年 4 月 1 日,田间始见小菜蛾成蛾,虫口总量在 4 月下旬和 5 月下旬分别出现一大一小 2 个发生高峰,秋茬作物上没有明显的发生高峰;第一代小菜蛾卵始见期为 5 月 8 日,第一代茧始见期为 5 月 18 日,卵总量和若虫总量分别在 5 月 13 日和 9 月 1 日、5 月 23 日和 9 月 16 日各出现 2 个发生高峰。2010 年,田间始见成蛾为 3 月 15 日,虫口总量分别在 4 月上旬、5 月下旬-6 月上旬以及 10 月中旬出现 3 个大小不一的高峰;第一代卵始见期为 5 月 26 日,第一代茧始见期为 6 月 5 日,卵总量和若虫总量分别在 5 月 15 日和 9 月 25 日、6 月 15 日和 10 月 10 日各出现 2 个发生高峰。

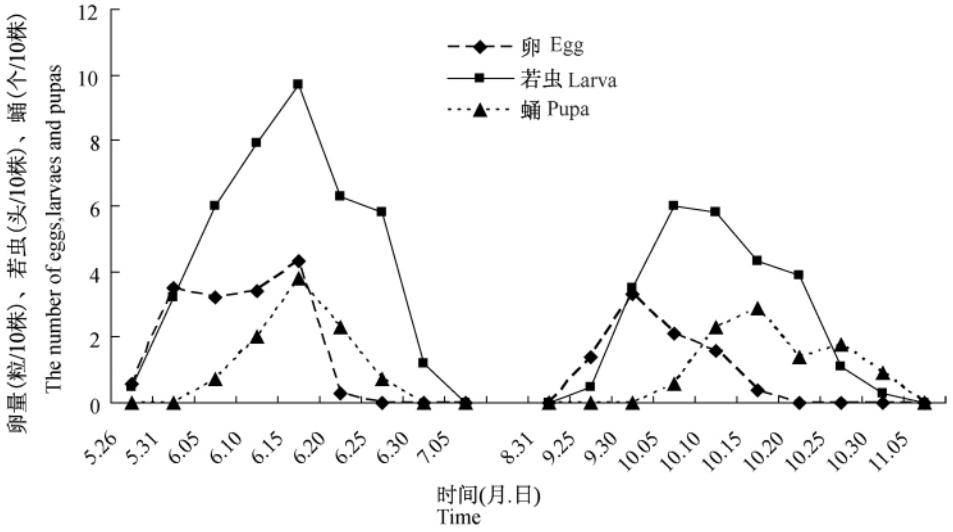



**图 4 2010 年甘蓝小菜蛾卵、若虫和蛹数量变化**

**Fig. 4 The number changes of *Plutella xylostella* eggs,larvaes and pupas in Shanxi in 2010**

**表 1 11 种杀虫剂对山西小菜蛾的触杀毒力**

**Table 1 Contact toxicity of 11 insecticides to *Plutella xylostella* in Shanxi area**

| 药剂 Insecticide | 毒力回归线 LD-p line | $LD_{50}$(μg/头)(95% FL) | 相对毒力指数 Toxicity index |
|---|---|---|---|
| 5% 高效氯氰菊酯 Cypermethrin | $y = 2.9672 + 1.0363x$ | 91.53(51.47 ~ 151.0) | 1.00 |
| 5% 氟虫氰 Fipronil | $y = 6.2009 + 1.1785x$ | 0.10(0.06 ~ 0.15) | 915.30 |
| 5% 茚虫威 Indoxacarb | $y = 4.8268 + 0.6793x$ | 1.80(0.9 ~ 3.59) | 50.85 |
| 2% 阿维菌素 Avermectin | $y = 5.5290 + 0.9562x$ | 0.28(0.18 ~ 0.45) | 326.89 |
| 5% 氟啶脲 Chlorfluazuron | $y = 3.7131 + 0.9340x$ | 23.87(14.79 ~ 35.82) | 3.83 |
| 20% 丁醚脲 Diafenthiuron | $y = 3.6511 + 0.8336x$ | 41.50(25 ~ 68.89) | 2.21 |
| 10% 虫酰肼 Tebufenozide | $y = 3.4497 + 0.9517x$ | 42.55(25.12 ~ 72.08) | 2.15 |
| 10% 溴虫腈 Chlorfenapyr | $y = 5.6007 + 1.2786x$ | 0.34(0.23 ~ 0.50) | 269.21 |
| 2.5% 多杀菌素 Spinosad | $y = 7.0098 + 0.9798x$ | 0.01(0.01 ~ 0.02) | 9153.00 |
| 3% BT *Bacillus thuringiensis* | $y = 4.6264 + 0.9197x$ | 2.55(1.51 ~ 4.30) | 35.89 |
| 97% 巴丹 Cartap | $y = 1.5385 + 1.7972x$ | 84.36(64.50 ~ 110.33) | 1.08 |

分析近两年山西地区小菜蛾种群消长趋势不一致的原因,主要是气候条件不同所致。2009 年,山西省出现了春大旱、夏高温和冬低温的特殊气候状况(刘耀文等,2010):(1) 2008 年 10 月至 2009 年 1 月,山西连续 113 d 无降水,较常年值偏少七成,为山西省 1961 年以来历史同期第二少降

水年,这次干旱持续到了 2009 年春夏;(2) 2009 年 6 月份开始,山西频频出现高温天气,多数天气气温高达 35℃以上,极端高温甚至达到 40.7℃;(3) 2009 年 10 月 14—23 日出现持续低温天气,11 月 9—12 日,山西大部分地区出现罕见特大暴雪极端天气,全省降水量在 5.1 ~ 66.1 mm,运城市降水量在 25.0 ~ 49.9 mm,积雪深度达 48 cm,平均温度降低至 -3℃。受这些特殊气候状况影响,2009 年山西地区小菜蛾的田间种群消长动态也有别于往年,虫口总量仅在 4 月下旬和 5 月下旬出现 2 个大小不一的发生高峰,秋茬作物上没有明显的发生高峰;第一代卵和茧的始见期以及卵和若虫的发生高峰也均早于往年。2010 年 4 月 12—15 日,山西晋南地区气温连续在 0℃以下,13 日凌晨甚至连续 2 h 气温在 -8 ~ -9℃,低温天气使得小菜蛾种群数量迅速下降,5 月中旬气温回升,小菜蛾种群也迅速上升,从而出现了 4 月上旬和 5 月下旬—6 月上旬 2 个发生高峰;秋茬甘蓝上小菜蛾,受 10 月下旬偏低气温影响,仅在 10 月中旬出现了一个小的发生高峰。连续两年的调查结果显示,小菜蛾种群消长趋势,受到当年气象条件等的严重影响,气温过高或过低都会引起种群消长趋势的波动。为此,对于小菜蛾的防治,应根据当年的气象条件,通过预测预报,在小菜蛾快速上升之前施药防治,压低种群数量,降低危害。

通过选用 5% 高效氯氰菊酯悬浮剂、5% 氟虫氰悬浮剂和 5% 茚虫威乳油等 11 种杀虫剂对山西小菜蛾进行毒力测定结果表明,不同类型杀虫剂对小菜蛾的触杀毒性不同。其中,2.5% 多杀菌素悬浮剂的触杀毒性最高,5% 高效氯氰菊酯悬浮剂和 97% 巴丹可湿性粉剂的触杀毒性最低,5% 氟啶脲乳油、20% 丁醚脲乳油和 10% 虫酰肼乳油的触杀毒性也较低。这与徐建祥等(2005)的研究发现,多杀菌素对小菜蛾具有很高的毒力;许小龙等(2001)和王建军等(2000)建议的我国小菜蛾已对菊酯类、硫代氨基甲酰类等农药产生抗药性的结论有一定相似性。据报道,多杀菌素是一种新开发的具有触杀和摄食毒性的广谱生物杀虫剂,对鳞翅目、双翅目、缨翅目和鞘翅目等害虫都有较好的防治效果,尤其对多种鳞翅目抗性害虫的幼虫具有很高的杀虫活性,自 1997 年以来,已在 30 多个国家的 150 种作物上使用(Cleveland *et al.*, 2002)。多杀菌素作用方式独特,不易产生抗药性,与其他各类农药无明显交互抗性,如 Isayama 等(2004)和 Downard(2001)在日本和澳大利亚,多年利用多杀菌素防治小菜蛾试验发现小菜蛾对多杀菌素一直比较敏感;Sayyed 等(2004)认为抗溴氰菊酯小菜蛾对多杀菌素无交互抗性等;本研究结果多杀菌素对山西小菜蛾具有很高的触杀毒性,也证明了多杀菌素对小菜蛾的高效性。由此认为,多杀菌素是一种应用前景很好的杀虫剂,可以作为山西小菜蛾综合治理和抗性治理的重要因素,而在山西地区推广应用。

但近年来,国外也有一些小菜蛾已对多杀菌素产生抗药性,或多杀菌素与其他药剂存在交互抗性的报道,如 Zhao 等(2006),Sayyed 等(2008)和 Baxter 等(2010)研究认为,田间小菜蛾已对多杀菌素产生了较高水平的抗药性;Sayyed 等(2004)认为多杀菌素与芬普尼(Fipronil)、茚虫威间可能存在交互抗性等。同时,也有一些其他害虫已经对多杀菌素产生抗性的报道,如 Hsu 和 Feng(2006)发现实蝇已经对多杀菌素产生了抗药性;Bielza 等(2007)的研究表明,西华蓟马也对多杀菌素产生了抗药性。鉴于这种情况,笔者认为,虽然多杀菌素是目前一种应用前途很广泛的杀虫剂,但在使用中需要谨慎,需要制定合理的应用方案,比如考虑与其他杀虫剂的混用或轮用等等,只有这样才能充分发挥多杀菌素的优良特性和延缓抗性的产生与发展。本研究中,阿维菌素、氟虫清、巴丹和杀虫单对小菜蛾同样表现了良好的触杀毒性,因此在小菜蛾综合治理中,可以考虑作为防治小菜蛾的替换药剂而被使用。

## 参考文献(References)

Baxter SW, Chen M, Dawson A, Zhao JZ, Vogel H, Shelton AM, Heckel DG, Jiggins CD, 2010. Mis-Spliced transcripts of nicotinic acetylcholine receptor a6 are associated with field evolved spinosad resistance in *Plutella xylostella* (L.). *PLoS Genetics*, 6(1): 1—10.

Bielza P, Quinto V, Contreras J, Torné M, Martín A, Espinosa PJ, 2007. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest Management Science*, 63: 682—687.

Cleveland CB, Mayes MA, Cryer SA, 2002. An ecological risk assessment for spinosad use on cotton. *Pest*

*Management Science*, 58:70—84.

Downard P, 2001. Spinosad controls a range of lepidopteran pests in crucifers in Australia. Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Proceedings of the Fourth International Workshop, Melbourne, Victoria, Australia. 351—355.

郭世俭,林文彩,章金明,2003. 浙江省主要菜区小菜蛾抗药性的研究. 浙江农业学报,15(1):19—22.

Hsu JC, Feng HT, 2006. Development of resistance to spinosad in oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory selection and cross-resistance. *Journal of Economic Entomology*, 99: 931—936.

Isayama S, Ogawa M, Kasamatsu K, 2004. Observable changes in diamondback moth's (*Plutella xylostella* L.) susceptibility to insecticides in Iwaoka, Kobe City, Hyogo Prefecture, Japan. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 48(4): 337—343.

刘耀文,张红英,史云飞,尹振保,马子平,2010. 山西省秋季罕见大暴雪天气过程诊断. 干旱气象,28(3):332—337.

乔传令,王靖,黄菁,2000. 不同种群小菜蛾对 4 种杀虫药剂的抗性及抗性基因频率. 农药学学报,2(3):25—29.

Sayyed AH, Omar D, Wright DJ, 2004. Genetics of spinosad resistance in a multi-resistant field-selected population of *Plutella xylostella*. *Pest Management Science*, 60 (8): 827—832.

Sayyed AH, Saeed S, Noor-ul-ane M, Crickmore N, 2008. Genetic, biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*, 101(5): 1658—1666.

王建军,韩召军,王荫长,2000. 南京郊区小菜蛾抗性测定和几种杀虫剂触杀毒力的比较. 南京农业大学学报,23(4):21—24.

王维专,陈伟平,卢叔勤,徐要葵,1993. 广州、深圳地区小菜蛾对定虫隆、Bt 的抗性监测. 植物保护学报, 20(3): 273—275.

吴青君,徐宝云,朱国仁,张友军,2005. 京郊延庆县小菜蛾种群抗药性监测. 中国蔬菜,7:25—26.

许小龙,顾中言,韩丽娟,苏建坤,刘琴,张红梅,2001. 小菜蛾对菊酯类农药抗性水平及高效农药应用研究. 华东昆虫学报,10(2):86—90.

徐建祥,乔静,仲崇翔,2005. 多杀菌素对小菜蛾及其天敌的毒力研究. 中国生态农业学报,13(4):161—163.

赵锋,王沫,李建洪,2006. 小菜蛾对九种杀虫剂的抗药性. 昆虫知识,43(5):640—643.

Zhao JZ, Collins HL, Li YX, Mau RF, Thompson GD, Hertlein M, Andaloro JT, Boykin R, Shelton AM, 2006. Monitoring of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad, indoxacarb and emamectin benzoate. *Journal of Economic Entomology*, 99:176—181.