



董万庆, 尹艳琼, 郑丽萍, 赵雪晴, 李向永, 张红梅, 冯鹏飞, 刘莹, 宋文宏, 谌爱东. 滇西菜区小菜蛾发生规律及抗药性监测 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (3): 722–728.

滇西菜区小菜蛾发生规律及抗药性监测

董万庆^{1*}, 尹艳琼^{2*}, 郑丽萍³, 赵雪晴², 李向永², 张红梅², 冯鹏飞³,
刘莹², 宋文宏³, 谌爱东^{2**}

(1. 大理州农产品质量安全监督检验测试中心, 云南大理 671000; 2. 云南省农业科学院农业环境资源研究所/
云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室, 昆明 650205; 3. 云南省大理州弥渡县植保站, 云南大理 671000)

摘要: 掌握滇西菜区小菜蛾 *Plutella xylostella* 种群发生规律和抗药性水平, 对提出区域性防控策略具有重要意义。2009–2015 年, 采用诱集法和浸叶法监测了滇西菜区小菜蛾种群发生动态及其对常用杀虫剂的抗药性。结果表明: 滇西菜区小菜蛾全年发生, 为害期有 9 个月, 春夏季为害重, 3–6 月为发生高峰期, 2009–2015 年最高诱蛾量为 290~905 头/7 d, 小菜蛾种群对化学杀虫剂均产生了不同水平的抗药性, 其中对阿维菌素和高效氯氰菊酯的抗药性最高, 达到高水平抗药性, 对多杀菌素、茚虫威和溴虫腈维持在中等水平抗药性, 2011 年对氯虫苯甲酰胺产生了 28 倍的抗药性, 后恢复敏感, 3 年后又出现抗药性的上升趋势。可见, 3–6 月是滇西菜区小菜蛾防控的重要时期, 可选择 Bt、多杀菌素、茚虫威和溴虫腈等药剂轮换使用, 减少氯虫苯甲酰胺使用次数, 建议停用阿维菌素和高效氯氰菊酯。

关键词: 小菜蛾; 发生规律; 抗药性; 滇西

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 03-0722-07

Occurrence and resistance monitoring of *Plutella xylostella* in Western Yunnan

DONG Wan-Qing^{1*}, YIN Yan-Qiong^{2*}, ZHENG Li-Ping³, ZHAO Xue-Qing², LI Xiang-Yong²,
ZHANG Hong-Mei², FENG Peng-Fei³, LIU Ying², SONG Wen-Hong³, CHEN Ai-Dong^{2**}

(1. Agricultural Product Quality Safety Supervision Inspection and Testing Center of Dali Prefecture, Dali 671000, Yunnan Province, China; 2. Key Laboratory of Green Prevention and Control of Agricultural Transboundary Pests of Yunnan Province, Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 3. Plant Protection Station of Midu County, Dali 671000, Yunnan Province, China)

Abstract: Study of population of occurrence and resistance level of *Plutella xylostella* is important to put forward regional control strategies in Western Yunnan. From 2009 to 2015, we monitored the dynamic of population occurrence of adult *P. xylostella* and their resistance to common insecticide by sex pheromone attraction-inducing method and indoor leaf immersion method. The result showed that *P. xylostella* occurred throughout the year in western Yunnan, and the damage last 9 months. The damage was severer

基金项目: 云南省重点研发计划 (2019IB007); 云南省创新团队培育 (202005AE16003); 国家重点研发计划 (2018YFD0201200); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (200803001, 201103021)

* 共同第一作者: 董万庆, 高级农艺师, 主要研究方向植物保护、农药监管、农产品质量安全及“三品一标”认证, E-mail: dlzbfz@163.com; 尹艳琼, 研究员, 主要研究方向农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: yinyq1977@sina.com

** 通讯作者 Author for correspondence: 谌爱东, 博士, 研究员, 主要研究方向农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: chenad68@163.com

收稿日期 Received: 2021-03-10; 接受日期 Accepted: 2021-06-06

in spring and summer. And the peak period was from March to June. The maximum number of light tripping was 290 ~ 905 / 7 d in 2009 to 2015. The population had developed different degrees of resistance to several commonly used insecticides. The highest resistance was occurred on abamectin and beta-cypermethrin. Pleocidin, indoxacarb and chlorfenapyr were maintained at medium resistance level. The resistance to chlorantraniliprole was reached up to 28 times in 2011. Then restored the sensitive. And the resistance raised again after three years. March to June was an important period for prevent and control. Bt, pleocidin, indoxacarb and chlorfenapyr should be selected in rotation. Do not single using chlorantraniliprole to avoid high levels of resistance. And abamectin and beta-cypermethrin should be discontinued.

Key words: *Plutella xylostella*; population occurrence; resistance; Western Yunnan

小菜蛾 *Plutella xylostella* L., 属鳞翅目 Lepidoptera 菜蛾科 Plutellidae, 是一种寡食性害虫, 主要为害十字花科蔬菜。小菜蛾的发生已成为世界范围内蔬菜生产的重大障碍 (李腾武等, 2000), 并且在未来相当长的一段时间内仍然是十字花科作物最重要的害虫之一 (李振宇等, 2020), 伴随着化学农药的长期使用, 我国小菜蛾已经对 90% 以上的药剂产生了抗药性 (冯夏等, 2011), 近年来小菜蛾对化学杀虫剂的抗性日趋严重, 抗药性的综合治理也越发困难 (徐巨龙等, 2021)。

云南省小菜蛾抗药性监测的研究最早见于 1998 年, 报道了其对于溴氰菊酯和氰戊菊酯产生极高的抗药性 (张雪燕和何婕, 1998)。2001 年杨德良等报道了 1993 - 1994 年弥渡县小菜蛾的发生与防控情况 (杨德良等, 2001)。2009 - 2015 年, 在公益性行业 (农业) 科研专项“小菜蛾可持续防控技术与示范”项目的支持下, 持续开展了云南菜区种群的抗药性、田间药效 (尹艳琼等, 2011; 2015; 2016), 滇东北、滇西南和滇中等区域小菜蛾发生规律和关键影响因子等的研究工作 (李向永等, 2016; 赵雪晴等, 2016; 尹艳琼等, 2019; 赵雪晴等, 2019), 丰富了云南省小菜蛾的研究成果, 但仍缺乏滇西菜区小菜蛾种群发生规律和抗药性相关的研究报道。

滇西菜区属中亚热带季风气候区, 阳光充足, 冬春干旱, 夏秋多雨, 年平均气温 17.3℃, 属小菜蛾常发区。滇西菜区常年种植蔬菜约 6 000 hm², 其中十字花科蔬菜种植面积占一半以上, 菜区生产模式以散户生产经营为主, 种植大户、合作社占比不到 5%, 散户生产经营模式防控小菜蛾对化学杀虫剂的依赖性高, 而且用药盲目, 混配混用, 见虫就防。掌握菜区小菜蛾种群发生规律和抗药

性水平, 指导菜农科学用药, 降低农药用量, 对延缓抗药性的发生发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 成虫系统调查

监测点设在弥渡县弥城镇双海村委会 (E25.34°, N100.47°, 海拔 1 726.54 m), 种植模式: 冬春季主要以叶芥、甘蓝 *Brassica oleracea* var. *capitata* L.、白菜 *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.、花椰菜 *Brassica oleracea* var. *botrytis* Linnaeus 等十字花科蔬菜为主, 间作葱 *Allium fistulosum* L.、蒜 *Allium sativum* L.、芹菜 *Apium graveolens* L.; 夏秋季以水稻 *Oryza sativa* L.、烟草 *Nicotiana tabacum* L.、豆类、瓜类为主, 十字花科蔬菜种植面积相对减少。

采用性信息素诱集法 (冯夏等, 2014), 于 2009 - 2015 年全年定点调查, 诱捕器用水盆型 (直径 25 cm)。诱芯 2009 - 2010 年, 采用宁波纽康生物技术有限公司的产品; 2011 - 2015 年, 使用中国科学院动物研究所害虫无公害防控项目组提供的橡胶型小菜蛾专用诱芯。每 7 d 收集 1 次诱盆中的成虫, 并计数, 每月更换 1 次诱芯。

1.2 抗药性监测

1.2.1 供试药剂

- (1) 3% 苏云金芽胞杆菌可湿性粉剂 WP (*Bacillus thuringiensis*, Bt)
- (2) 10.85% 溴虫腈乳油 EC (chlorfenapyr)
- (3) 2.5% 多杀菌素悬浮剂 SC (spinosad)
- (4) 4.28% 茚虫威乳油 EC (indoxacarb)
- (5) 3.73% 氯虫苯甲酰胺乳油 EC (chlorantraniliprole)
- (6) 21.08% 高效氯氰菊酯乳油 EC (β -

cypermethrin)

(7) 2.39% 阿维菌素乳油 EC (abamection)

供试药剂由广东省农业科学院植物保护研究所原药配制而成, 并分析检测标定其有效含量。

1.2.2 室内毒力测定

采用浸叶法, 参照《十字花科小菜蛾抗药性监测技术规程》(邵振润等, 2013), 准备试虫、供试植物, 并配制药剂。用含 0.05% Triton X-100 的蒸馏水稀释药液, 按等比级数稀释法, 顺次配制成 5 个系列浓度, 每浓度药液量 200 mL。用洁净的甘蓝 *Brassica oleracea* L. 叶片取直径 6.5 cm 的圆片 (避免主叶脉)。将叶片置于不同浓度的溶液中浸泡 10 s 后取出晾干, 放入直径 6.5 cm 的培养皿中, 接入 10 头 3 龄初期幼虫, 每个浓度重复 4 次。以含 0.05% Triton X-200 水溶液浸渍的叶片作为对照。所有处理覆盖双层吸水卷纸, 盖上培养皿上盖。将其正面向上置于 (RXZ-380B 型) 培养箱中, 于 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH 65% ~ 70%、光周期 L:D=8 h:16 h 的条件下培养。除 Bt 药后 96 h 调查外, 其余药剂 48 h 调查, 以小毛笔轻触虫体, 不能协调运动视为死亡。

1.2.3 计算方法

测定结果用 Polo 软件计算毒力回归方程的斜

率、 LD_{50} 值及其 95% 置信限, 并与室内敏感品系的 LD_{50} 相比较, 计算出抗药性倍数。

抗药性倍数 (RR) = 各药剂的 LD_{50} / 各药剂相应的相对敏感基线的 LD_{50}

LD_{50} 敏感毒力基线 (邵振润等, 2013): 氯虫苯甲酰胺 0.23 mg/L, 阿维菌素 0.02 mg/L, 苏云金芽孢杆菌 0.26 mg/L, 多杀菌素 0.12 mg/L, 高效氯氟菊酯 3.55 mg/L, 溴虫腈 0.40 mg/L, 茚虫威 0.52 mg/L。

1.2.4 抗药性水平的分级标准

抗药性分级标准 (邵振润等, 2013): 抗药性倍数 (RR) < 10.0 为低水平抗药性, $10.0 \leq \text{RR} < 100.0$ 为中等水平抗药性, $\text{RR} \geq 100.0$ 为高水平抗药性。

2 结果与分析

2.1 田间种群的发生规律

2009–2015 年种群监测的结果表明, 滇西菜区年度间小菜蛾发生规律相似, 全年均有发生, 发生为害期有 9 个月, 高峰期是 3–6 月 (图 1), 春夏季危害重, 田间种群每年早春均存在激增现象, 到 7 月份高峰期过后, 种群消减较快。

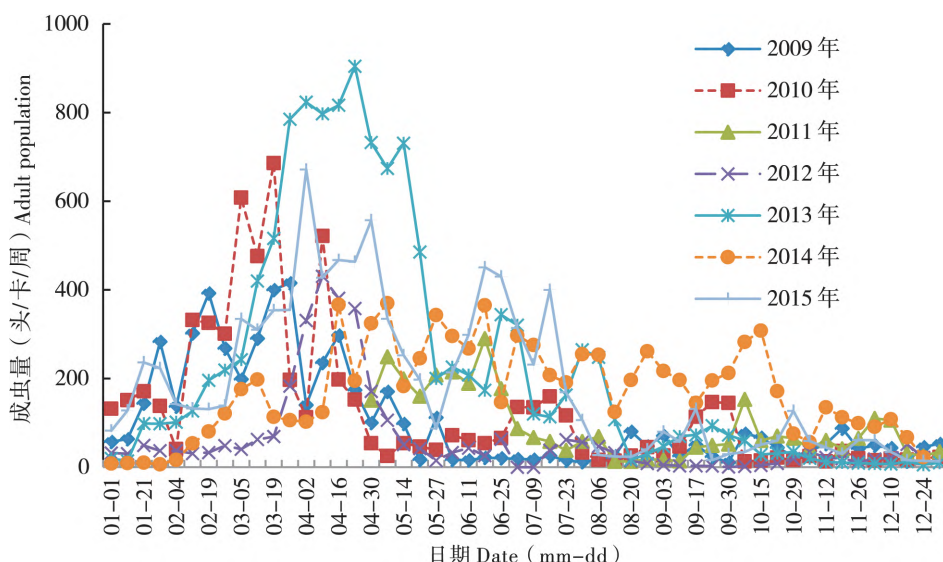


图 1 滇西菜区小菜蛾成虫田间消长动态 (2009–2015 年)

Fig. 1 Population dynamics of adult *Plutella xylostella* in Western Yunnan (2009–2015)

2009 年和 2010 年发生高峰期为 1 月 21 日–4 月 30 日, 峰期诱蛾量分别为 100 ~ 416 头/7 d 和 54 ~ 686 头/7 d, 最高诱蛾量分别在 3 月 26 日和 3 月 19 日。2011–2012 年小菜蛾发生较轻, 高峰

期持续时间短, 2011 年高峰期为 4 月 30 日–6 月 25 日, 诱蛾量 151 ~ 290 头/7 d, 最高诱蛾量是 6 月 18 日, 2012 年高峰期为 3 月 19 日–5 月 14 日, 诱蛾量达 51 ~ 431 头/7 d, 最高诱蛾量出现

在4月9日。2013年发生量最大, 峰期明显, 高峰期是3月12日-5月27日, 单周诱蛾量达200~905头/7d, 最高诱蛾量出现在4月23日。2014年, 发生量不大但高峰期持续时间长, 3月5日-10月22日持续发生, 诱蛾量172~367头/7d, 发生高峰期是为4月16日。2015年发生量大, 高峰期为3月5日-7月16日, 诱蛾量为335~672头/7d, 最高诱蛾量出现在4月2日(图1)。

2.2 抗药性监测

2009-2015年的抗药性监测结果表明: 滇西菜区小菜蛾种群对阿维菌素和多杀菌素产生了不同水平抗药性, 2012年对阿维菌素的抗药性达47.38 mg/L, RR值2369倍, 对多杀菌素达中等水平抗药性, RR值7~55倍, 对微生物类Bt制剂敏感。2009-2012年阿维菌素LD₅₀值与2013-2015年LD₅₀值的95%置信限不重叠, 说明阿维菌素的抗药性从2013年开始显著下降, RR值由2012年的2369倍下降至2015年的255倍(图2)。多杀菌素维持中抗水平, LD₅₀值年度间波动大, 95%置信限不重叠, 差异显著(图3)。Bt药剂持续敏感(图4), 这与使用量少有关。

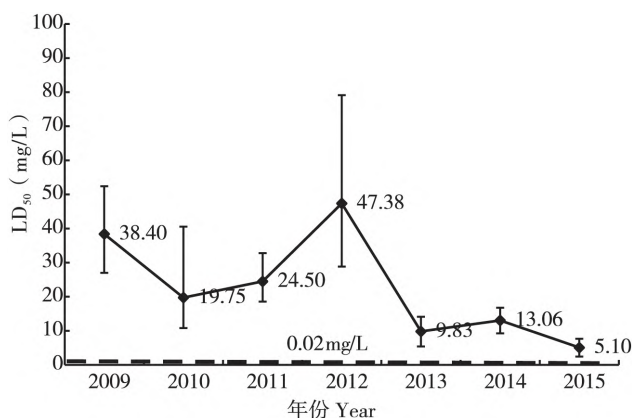


图2 滇西菜区小菜蛾对阿维菌素的抗药性变化趋势(2009-2015年)

Fig. 2 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to abamectin in Western Yunnan (2009-2015)

注: 线段表示各LD₅₀值的95%置信限, 虚线表示敏感基线。下图同。Note: Line segment meant that 95% confidence of each LD₅₀. Dotted line indicated susceptibility baseline. The same with the figures below.

2009-2015年的抗药性监测结果表明: 滇西菜区小菜蛾种群对茚虫威和高效氯氟菊酯产生了抗药性。对茚虫威维持中等水平抗药性, RR值12~133倍, 2011年上升到高抗水平, 2012-

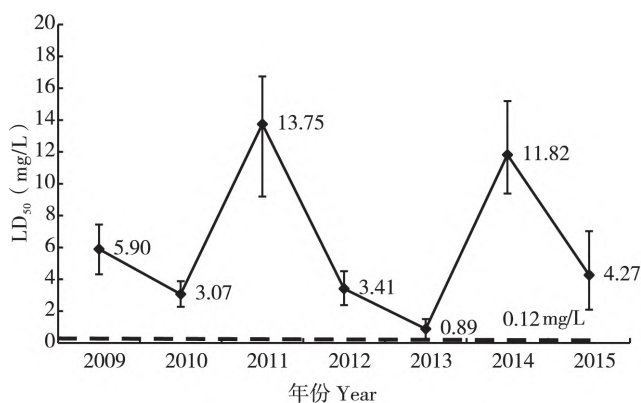


图3 滇西菜区小菜蛾对多杀菌素的抗药性变化趋势(2009-2015年)

Fig. 3 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to spinosad in Western Yunnan (2009-2015)

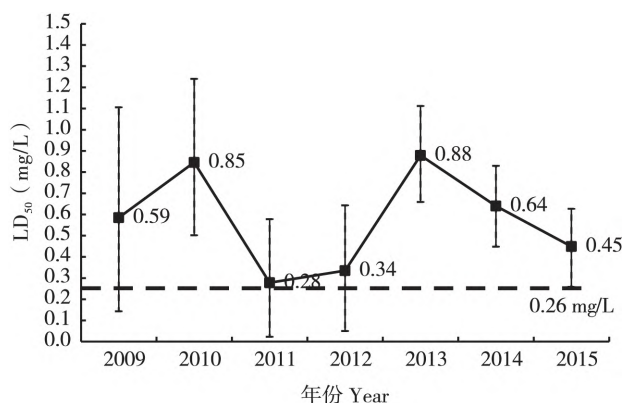


图4 滇西菜区小菜蛾对Bt的抗药性变化趋势(2009-2015年)

Fig. 4 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to Bt in Western Yunnan (2009-2015)

2015年, 显著下降(图5)。对高效氯氟菊酯LD₅₀值476.91~3616.35mg/L, RR值134~1019倍, 处于高抗水平, 2009-2014年持续上升, 到2015年出现下降趋势, 由2014年的1019倍下降至134倍, 下降趋势显著(图6)。

2009-2015年滇西菜区小菜蛾种群对氯虫苯甲酰胺的抗药性上升后恢复敏感, 再上升的变化趋势(图7)。2009-2011年LD₅₀值由0.30 mg/L上升至2.38 mg/L, 即RR值由4倍上升到28倍, 由敏感达到中抗水平。2012-2014年恢复敏感, RR值2~6倍。2015年又出现上升趋势, LD₅₀值达3.92mg/L, RR值52倍。

滇西菜区小菜蛾种群对溴虫腈产生了中等水平抗药, RR值16~58倍, 维持在中等抗药性水平。2011-2015年度间LD₅₀值有波动, 95%置信限重叠, 差异不显著(图8)。

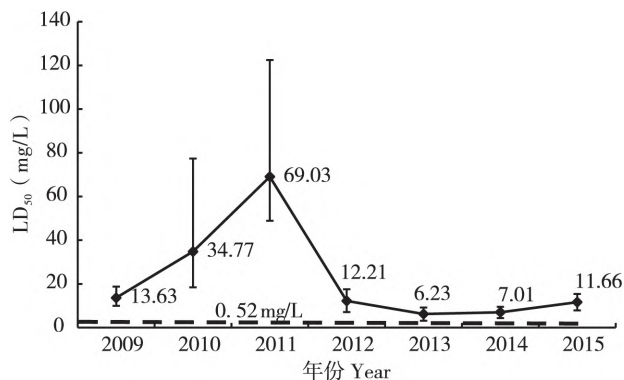


图5 滇西菜区小菜蛾对茚虫威的抗药性变化趋势 (2009 – 2015 年)

Fig. 5 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to indoxacarb in Western Yunnan (2009 – 2015)

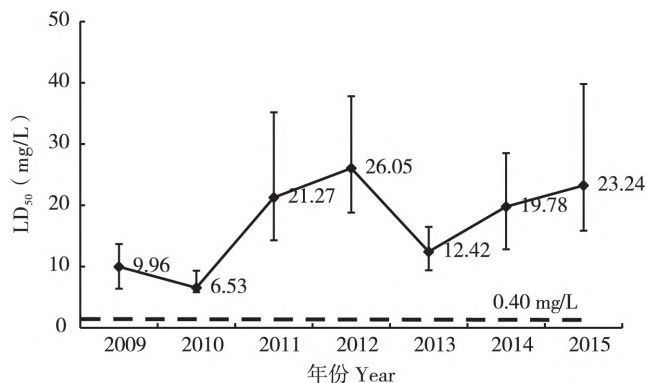


图8 滇西菜区小菜蛾对溴虫脒的抗药性变化趋势 (2009 – 2015 年)

Fig. 8 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to chlorfenapyr in Western Yunnan (2009 – 2015)

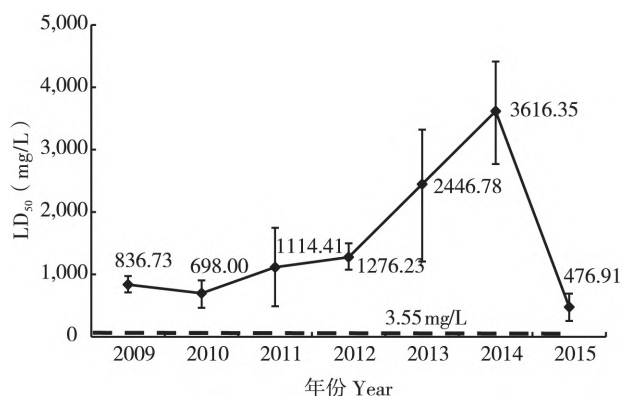


图6 滇西菜区小菜蛾对高效氯氰菊酯的抗药性变化趋势 (2009 – 2015 年)

Fig. 6 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to β -cypermethrin in Western Yunnan (2009 – 2015)

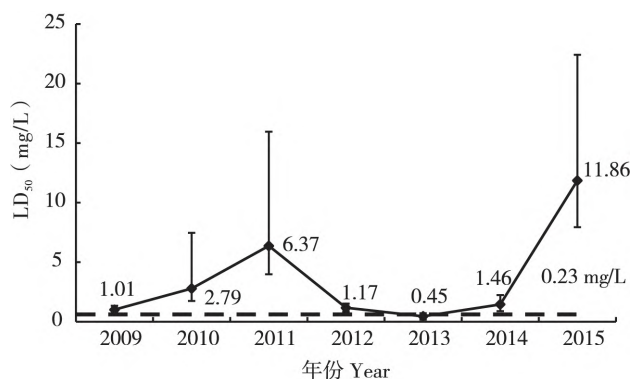


图7 滇西菜区小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的抗药性变化趋势 (2009 – 2015 年)

Fig. 7 Resistance variation tendency of *Plutella xylostella* to chlorantraniliprole in Western Yunnan (2009 – 2015)

综上,滇西菜区小菜蛾对7种不同作用机理的常用杀虫剂的抗药性水平与田间使用频率密切相关。阿维菌素和高效氯氰菊酯防控谱广,菜农大量应用于蔬菜多种害虫的防控,导致小菜蛾种群对其产生了极高的抗药性。2009年,氯虫苯甲酰胺开始大面积推广应用,到2013年后,部分替代了阿维菌素和高效氯氰菊酯在生产中的应用,小菜蛾对阿维菌素和高效氯氰菊酯的抗药性开始呈现下降趋势,与此同时氯虫苯甲酰胺的抗药性在2015年出现了上升趋势,由2013年的2倍上升到2015年的52倍。多杀菌素、茚虫威和溴虫脒是防控小菜蛾的备选轮换药剂,田间用量不大,抗药性维持中等水平。

3 结论与讨论

2009 – 2015年,采用性信息素诱集法对滇西菜区小菜蛾发生动态开展调查,调查结果表明年度间发生规律相似,而且其种群的发生规律与1993 – 1994年调查的结果基本一致(杨德良等,2001),全年均有发生,发生为害期有9个月,高峰期是3 – 6月,春季为害较秋季重。研究结果证明逐日性信息素诱虫量可较好反映田间小菜蛾种群发育动态(戴建青等,2010;李振宇等,2011)。借助性信息素诱虫量的监测结果,根据监测地的气象数据和小菜蛾在不同温度下的发育历期,可推测幼虫发生高峰期(章金明等,2015),提出最佳防控时期和防控区域。因此,区域内长期设立性信息素监测网点,监测小菜蛾田间种群发生动

态, 不仅省工省力, 对区域防控具有重要的指导意义, 是田间的综合防控的重要依据。

害虫抗药性的产生是导致防控失效、产量损失、药量增量使用等的重要原因, 小菜蛾已经对 90% 以上的药剂产生了抗药性 (冯夏等, 2011), 因此进行小菜蛾的抗药性监测对指导小菜蛾防治尤为重要。本研究对滇西菜区小菜蛾种群开展了 7 年的抗药性监测, 监测结果表明其种群对常用的 7 种化学杀虫剂均产生了抗药性, 经过 7 年的时间, 小菜蛾对供试药剂的抗性水平呈现出不同的变化趋势, 其中对阿维菌素、高效氯氰菊酯和茚虫威的抗药性呈下降趋势, 对多杀菌素和溴虫腈的抗药性维持中抗水平, 对氯虫苯甲酰胺的抗药性又有了发展和蔓延的趋势。氯虫苯甲酰胺抗药性的变化引起重视, 如广州小菜蛾种群 2011 年对氯虫苯甲酰胺抗药性倍数就达到了 606.00 倍, 7-8 月, 当地小菜蛾发生猖獗, 选用氯虫苯甲酰胺防控基本失效 (胡珍娣等, 2012), 应注意减少氯虫苯甲酰胺的使用次数, 降低产生高水平抗药性的风险。小菜蛾对溴虫腈抗药性增加 10 倍, 仅需要 6.6~8.3 代 (贾变桃等, 2015), 应多与其它不同机理的药剂轮换使用。此外, 滇西菜区小菜蛾种群与云南其它菜区种群对供试药剂的抗性水平具有较大差异, 滇西菜区种群抗药性水平低于滇中种群 (沐卫东等, 2014), 高于滇西南种群 (尹艳琼等, 2019)。不同年份不同区域的小菜蛾种群对不同药剂产生不同水平的抗药性, 与药剂种类、选择压力、地区气候、栽培模式及使用时间、频率、强度等不同具有重要关系 (姜兴印等, 2000; 尤民生等, 2007; 罗雁婕等, 2009)。应建立常态化抗药性监测, 根据不同地区小菜蛾抗性检测结果, 采用相应的治理措施, 如交替轮换敏感与低抗药剂, 合理混用和使用增效剂, 增加生物农药使用等 (徐巨龙等, 2021), 可减缓抗药性的发展速度, 实现抗药性的综合治理。

滇西菜区小菜蛾种群的发生存在年度间的差异, 对不同药剂抗药性水平也存在年度间差异。因此, 长期监测小菜蛾发生规律和抗药性水平, 因地制宜制定区域性小菜蛾科学合理的用药措施, 可能是解决问题的关键。本研究通过 7 年滇西菜区小菜蛾田间种群动态和抗药性监测研究, 并提出滇西菜区小菜蛾综合防控建议, 如每年 2-5 月加大性诱剂和粘虫板的使用, 压低成虫的虫口基数; 3-6 月份选用茚虫威和氯虫苯甲酰胺等药剂

防控小菜蛾卵和低龄幼虫; 7-10 月根据田间的发生情况适当防控 1~2 次, 有计划的轮换选用溴虫腈、茚虫威、氯虫苯甲酰胺和多杀菌素进行防控, 每季最多使用 2 次; 全年注重菜田的生态调控, 推荐种植蜜源植物 (如菜心、芥菜等), 保护小菜蛾天敌可切实减轻小菜蛾为害。

参考文献 (References)

- Dai JQ, Han SC, Du JW. Research advances in the diamondback moth semiochemicals and its applications [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2010, 7 (31): 1218-1226. [戴建青, 韩诗畴, 杜家纬. 小菜蛾化学信息素研究进展及应用概况 [J]. 热带作物学报, 2010, 7 (31): 1218-1226]
- Feng X, Li ZY, Wu QJ, et al. Techniques for surveying diamondback moth (*Plutella xylostella*) populations and monitoring their resistance to pesticides [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (4): 1120-1124. [冯夏, 李振宇, 吴青君, 等. 小菜蛾系统调查及抗药性监测方法 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (4): 1120-1124]
- Feng X, Li ZY, Wu QJ, et al. Research progress of the resistance management and sustainable control of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (2): 247-253. [冯夏, 李振宇, 吴青君, 等. 小菜蛾抗药性治理及可持续防控技术与示范 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (2): 247-253]
- Hu ZD, Chen HY, Li ZY, et al. Found a field population of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), with high-level resistance to chlorantraniliprole in South China [J]. *Journal of Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 46 (1): 79-81. [胡珍娣, 陈焕瑜, 李振宇, 等. 华南小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺已产生严重抗药性 [J]. 广东农业科学, 2012, 46 (1): 79-81]
- Jia BT, Hong SS, Wang L. Selection, risk assessment and cross-resistance of resistance to chlorfenapyr in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (1): 90-95. [贾变桃, 洪珊珊, 王龙. 小菜蛾对溴虫腈抗药性筛选、风险评估及交互抗药性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (1): 90-95]
- Jiang YX, Wang KY, Yi MQ. Study on resistance of *Plutella xylostella* (L.) in different areas to insecticides [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2000, 12 (4): 44-48. [姜兴印, 王开运, 仪美芹. 不同地区小菜蛾对杀虫剂的抗药性差异 [J]. 农药学报, 2000, 12 (4): 44-48]
- Li TW, Gao XW, Zheng BZ, et al. Study on genetics of avermectins resistance and population fitness in *Plutella xylostella* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2000, 43 (3): 255-262. [李腾武, 高希武, 郑炳宗, 等. 小菜蛾对阿维菌素的抗药性遗传方式和相对适合度研究 [J]. 昆虫学报, 2000, 43 (3): 255-262]
- Li XY, Yin YQ, Zhao XQ, et al. An orthogonal analysis of factors affecting thereproduction of *Plutella xylostella* (L.) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (2): 325-330. [李向

- 永, 尹艳琼, 赵雪晴, 谌爱东. 正交实验优化小菜蛾室内种群的繁殖条件 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (2): 325–330]
- Li ZY, Chen AD, Zhang JM, *et al.* Study on trapping effects of different kinds of sex pheromone to diamondback moth [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (2): 324–327. [李振宇, 谌爱东, 章金明, 等. 不同性诱剂诱芯对小菜蛾引诱效果研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (2): 324–327]
- Li ZY, Xiao Y, Wu QJ, *et al.* Progress in research on diamondback moth (*Plutella xylostella*) outbreaks and the management of resistance in this pest [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57 (3): 549–567. [李振宇, 肖勇, 吴青君, 等. 小菜蛾种群灾变及抗药性治理研究进展 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57 (3): 549–567]
- Luo YJ, Wu WW, Yang ZB, *et al.* Advances in insecticide resistance of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) in Yunnan [J]. *Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition)*, 2009, 30 (S1): 178–182. [罗雁婕, 吴文伟, 杨祚斌, 等. 小菜蛾抗药性及治理的研究进展 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2009, 30 (S1): 178–182]
- Mu WD, Yin YQ, Huang CF, *et al.* Population dynamics of *Plutella xylostella* L. and its resistance to nine insecticides in Tonghai [J]. *China Plant Protection*, 2014, 34 (9): 13–16. [沐卫东, 尹艳琼, 黄春芬, 等. 通海小菜蛾田间种群发生及其对种杀虫剂的抗药性 [J]. 中国植保导刊, 2014, 34 (9): 13–16]
- Shao ZR, Feng X, Zhang SH, *et al.* Guideline for insecticide resistance monitoring of *Plutella xylostella* (L.) on cruciferous vegetables: NY/T 2360–2013 [S]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2013. [邵振润, 冯夏, 张帅, 等. 十字花科小菜蛾抗药性监测技术规程: NY/T 2360–2013 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2013]
- Xu JL, Li JJ, Wand NM, *et al.* Resistance detection of diamondback moth from different field populations to eight insecticides in some areas of China [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (2): 239–242. [徐巨龙, 李静静, 王念猛, 等. 我国部分地区田间小菜蛾种群对 8 种常用杀虫剂的抗性检测 [J]. 植物保护, 2021, 47 (2): 239–242]
- Yang DL, Zheng LP, He JQ, *et al.* Occurrence and control of *Plutella xylostella* in Midu, Yunnan [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2001, 38 (3): 219–221. [杨德良, 郑丽萍, 何建群. 云南弥渡小菜蛾发生及防控 [J]. 昆虫知识, 2001, 38 (3): 219–221]
- Yin YQ, Li XY, Zhao XQ, *et al.* Resistance to three biopesticides and changing population trends in the diamondback moth in different vegetable planting areas of Yunnan, China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (2): 285–291. [尹艳琼, 李向永, 赵雪晴, 等. 云南不同菜区小菜蛾对 3 种生物农药的抗药性及其变化趋势 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (2): 285–291]
- Yin YQ, Mu WD, Li XY, *et al.* Resistance monitoring of diamondback moth and field control efficacy of pesticides against the pest in Tonghai, Yunnan Province [J]. *Plant Protection*, 2015, 41 (3): 205–209. [尹艳琼, 沐卫东, 李向永, 等. 云南通海小菜蛾种群抗药性监测及田间药效评价 [J]. 植物保护, 2015, 41 (3): 205–209]
- Yin YQ, Yang MW, Peng GQ, *et al.* Occurrence and insecticide resistance of *Plutella xylostella* in the areas of southwestern Yunnan [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (6): 28–29. [尹艳琼, 杨明文, 彭桂清, 等. 滇西南菜区小菜蛾发生规律及抗药性现状 [J]. 植物保护, 2019, 45 (6): 28–29]
- Yin YQ, Zhao XQ, Li XY, *et al.* The relationship between susceptibility of *Plutella xylostella* to insecticides and resistance [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (2): 296–300. [尹艳琼, 赵雪晴, 李向永, 等. 小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性的相关性 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (2): 296–300]
- You MS, Wei H. Studies on *Plutella xylostella* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007: 131–242. [尤民生, 魏辉. 小菜蛾的研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 131–242]
- Zhang XY, He J. Preliminary report on resistance of *Plutella xylostella* in main vegetable areas of Yunnan Province [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 1998, 4: 10–13. [张雪燕, 何婕. 云南省主要菜区小菜蛾抗药性研究初报 [J]. 云南农业科技, 1998, 4: 10–13]
- Zhang ZM, Lu YB, Lin WC, *et al.* Technical regulation for field use of sex attractant for diamondback moth [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2015, 56 (8): 1265–1267. [章金明, 吕要斌, 林文彩, 等. 小菜蛾性诱剂田间使用技术规程 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56 (8): 1265–1267.
- Zhao XQ, Ma YC, Yin YQ, *et al.* Population dynamics and factors influencing the abundance of *Plutella xylostella* L. in northeastern Yunnan [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (6): 1353–1359. [赵雪晴, 马永翠, 尹艳琼, 等. 滇东北菜区小菜蛾种群发生特征及其关键影响因子 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (6): 1353–1359]
- Zhao XQ, Yin YQ, Chen AD, *et al.* Population dynamics of the diamondback moth in Tonghai, Yunnan [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (2): 298–304. [赵雪晴, 尹艳琼, 谌爱东, 等. 滇中菜区小菜蛾种群消长动态及其影响因子 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (2): 298–304]
- Zhou CB, Lin ZF, Xie SH, *et al.* Population dynamics of *Plutella xylostella* and its influence factors in Hainan [J]. *Plant Protection*, 2010, 36 (5): 118–122. [周传波, 林珠凤, 谢圣华, 等. 海南小菜蛾田间种群消长规律及其影响因素 [J]. 植物保护, 2010, 36 (5): 118–122]